Manejo do déficit hídrico em plantas de soja via aplicação de bioestimulantes

José Gomes Martins Neto[1], Vytor de Castro Matias[2], Wendson Soares da Silva Cavalcante[3], Pedro Henryque Fernandes Cabral[4], Yan Carlos Moraes Magalhães[5], Nelmício Furtado da Silva [6]

[1] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde, PIBIB/CNPQ.
[2] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde
[3] Mestrando em Produção Vegetal, Universidade de Rio Verde.
[4] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde,
[5] Graduando em Agronomia, Universidade de Rio Verde
[6] Professor Dr., Faculdade de agronomia, Universidade de Rio Verde. E-mail: nelmicio@unirv.edu.br

.

Reitor:
Prof. Dr. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

Resumo: O uso de bioestimulantes afeta as propriedades de equilíbrio hormonal e osmoproteção, que atuam dentro das células vegetais, protegendo-as da desidratação e, assim, mantendo sua atividade metabólica em níveis adequados mesmo em condições adversas. Os bioestimulantes são substâncias que conferem benefícios fisiológicos e morfológicos às plantas. Objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da cultura da soja à aplicação do extrato de algas (*Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodusum*) + Complexo de aminoácidos contendo (Prolina + Arginina) via tratamento de sementes, e verificar seu efeito nas condições edafoclimáticas da região do Cerrado. O experimento foi conduzido com plantas de soja em vasos em casa de vegetação. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído de um fatorial com 2 tratamentos e 4 lâminas de reposição hídrica (2 x 4) e 5 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Foram avaliados os paramentos biométricos (altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas e a área foliar das plantas). Os dados encontrados indicam que a aplicação dos bioestimulantes podem efetivamente aumentar a capacidade de defesa das plantas de soja contra os danos induzidos pelo estresse hídrico imposto.

Palavras-Chave: *Glycine max. Ascophyllum nodusum. Kappaphycus alvarezii.* Aminoácidos.

Management of water deficit in soybean plants through the application of biostimulants

Abstract: *The use of biostimulants affects the hormonal balance and osmoprotection properties, which act within plant cells, protecting*

them from dehydration and, thus, maintaining their metabolic activity at adequate levels even in adverse conditions. Biostimulants are substances that provide physiological and morphological benefits to plants. The objective of this study was to evaluate the response of the soybean crop to the application of algae extract (Kappaphycus alvarezii + Ascophyllum nodusum) + Amino acid complex containing (Proline + Arginine) via seed treatment, and verify its effect on the edaphoclimatic conditions of the region. of the Cerrado. The experiment was conducted with soybean plants in pots in a greenhouse. A completely randomized design (DIC) was used, consisting of a factorial with 2 treatments and 4 water replacement slides (2 x 4) and 5 replications, totaling 40 experimental units. The biometric aspects (plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area of the plants) were evaluated. The data found indicates that the application of biostimulants can effectively increase the defense capacity of soybean plants against damage induced by water stress imposed.

Keywords: *Glycine max. Ascophyllum nodusum. Kappaphycus alvarezii. Amino acids.*

Introdução

A soja (*Glycine max* (L) Merril) é uma planta que pertence à família das Fabaceaes, e tem sido cultivada em grande escala no Brasil, sendo que este é o maior produtor de grãos de soja do mundo. Devido a essa grande demanda a produtividade, eficiência e a lucratividade são aspectos de maior relevância, além de sempre buscar processos produtivos sustentáveis (Cavalcante et al., 2020).

Segundo CEPEA (2019), foi averiguado um aumento nos custos para a produção de soja (*Glycine max*) principalmente em fertilizantes na safra (2019/2020). Na safra (2021/22), a produtividade foi de 123.829,5 mil toneladas, e esse cenário de produção elevado pode ser influenciado pelas condições ambientais externas, as quais podem ocasionar condições de estresses. Em meio a esta demanda, vários compostos naturais e minerais têm se tornado base de estudos para a melhoria da produtividade nos sistemas de produção, dentre muitos, a utilização de bioestimulantes tem ganhado expressiva notoriedade devido aos vários benefícios proporcionados ao desenvolvimento das plantas (Bellé, 2021).

Dentre os fatores que afetam a produtividade, o déficit hídrico é a principal causa climática responsável pelas perdas de produtividade nas regiões produtoras de soja no país, em média de 1.373 kg ha-1 (± 543), seja ele ocasionado por períodos de estiagem ou irrigação ineficiente (Sentelhas et al., 2015). Condições de intensificação de déficit hídrico no solo, em área de produção de soja, em decorrência das mudanças climáticas devido aquecimento global, estão intensificando estas perdas de produtividade da soja em território nacional (Gornall et al., 2010).

No entanto, uma prática de manejo promissora na agricultura mais tecnificada, é a utilização de bioestimulantes em plantas, promovendo uma associação simbiótica que proporciona aumento da absorção de nutrientes e água, induzindo maior tolerância a estresses abióticos; como o estresse hídrico, estimulando o crescimento e desenvolvimento do vegetal, reduzindo os riscos climáticos durante a condução das lavouras.

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da cultura da soja à aplicação do extrato de algas (*Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodusum*) + Complexo de aminoácidos contendo (Prolina + Arginina) via tratamento de sementes, e verificar seu efeito nas condições edafoclimáticas da região do Cerrado. Este tipo de tecnologia é de grande interesse para os agricultores, visto que poderá propiciar maior segurança de produtividade, em áreas de sequeiro irrigadas sob déficit.

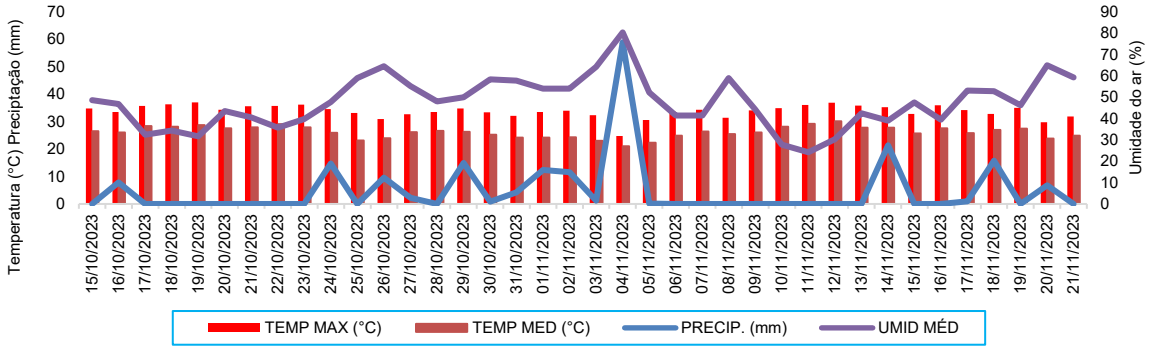
Material e Métodos

Para o manejo do déficit hídrico, em plantas de soja via aplicação de bioestimulante, foi realizado um ensaio em casa de vegetação localizada na Fazenda Fontes do Saber da Universidade de Rio Verde – UniRV entre os meses de outubro e novembro de 2023.

O solo utilizado nos vasos foi coletado na área experimental da faculdade em área de cultivo na camada de 0-20 cm e classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (LVdf), típico, textura muito argilosa, fase cerrado (Santos et al., 2018).

Antes da instalação do experimento nos vasos foi realizada amostragem do solo, para a caracterização físico-química. O solo foi peneirado para retirada dos torrões e foram colocados um total de 5 kg de solo (Terra fina seca ao ar - TFSA) em cada vaso, de 5L e preenchidos com solo.

Durante o desenvolvimento da cultura os dados climáticos locais foram monitorados (Figura 1).



Fonte: Estação automática Normal INMET – Rio Verde – GO

Figura 1. Dados diários de temperatura média, umidade média e precipitação no período decorrente do experimento, safra 2023-24, Rio Verde – GO

A adubação de plantio foi realizada no vaso e incorporada no solo na camada de 0-10 cm de profundidade. A quantidade de fertilizantes utilizada foi correspondente a 400 kg ha^{-1} do formulado 05-25-15, baseado na análise de solo, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2004). Para o plantio foi utilizada a cultivar 97R50 IPRO marca Pioneer®, semeada em 15 de outubro de 2023.

A Emergência das plântulas ocorreu aos 5 dias após o plantio. A partir do sétimo dia após o plantio, foram impostas as lâminas de reposição hídrica para começar a estudar os resultados, logo nos estágios iniciais da cultura.

As diferentes respostas das plantas em relação as faixas de reposição hídrica (25, 50, 75 e 100% da CC) foram notadas nos primeiros estágios vegetativos das plantas submetidas ao tratamento com bioestimulantes. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial de 2 x 4, sendo 2 condições (Com e Sem) aplicação de bioestimulante e 4 níveis de reposição hídrica (25%, 50%, 75% e 100% da Capacidade de campo – CC), com 5 repetições, totalizando 8 tratamentos e 40 unidades experimentais.

Os tratamentos previstos aplicações de bioestimulante receberam uma dose de uma formulação de bioestimulante via tratamento de sementes à base de extrato de alga (*Ascophyllum nodusum* + *Kappaphycus alvarezii*) + Complexo de aminoácidos contendo (Prolina + Arginina) na dose de 2 mL/kg de semente. Todos os tratamentos receberam aplicação de inoculante comercial Nodumax® líquido à base de (*Bradyrhizobium japonicum* na concentração de 7,2 x 10^9 e dose de 2 mL/kg de semente).

A capacidade de retenção de água do solo (capacidade de campo - CC) foi determinada através da pesagem de todos os vasos com o solo seco e após o encharcamento e posterior drenagem. O controle da quantidade de água a ser aplicada em cada tratamento foi realizado através da pesagem diária dos vasos, utilizando balança eletrônica portátil, e a água perdida por evapotranspiração era reposta até que o peso do vaso atingisse o valor previamente determinado (método gravimétrico). Quando as plântulas de soja estavam com 7 dias após o plantio (DAP) iniciou-se a aplicação dos tratamentos de reposição hídrica. Os dados de lâmina de reposição hídrica aplicado durante o ensaio estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Balanço da reposição hídrica em função dos tratamentos, safra 2023-24, Rio Verde – GO

RH	CC		Lâmina total				
	L	%	L dia^{-1}	L mês^{-1}	mm dia^{-1}	mm mês^{-1}	mm ciclo^{-1}
25%	0,35	7	0,125	9	2,5	75	250
50%	0,70	14	0,250	18	5,0	150	500
75%	1,05	21	0,375	27	7,5	225	750
100%	1,40	28	0,500	36	10,0	300	1000
Média	0,85	17,5	0,312	22,5	6,25	187,5	625

RH – Reposição hídrica e CC – Capacidade de campo. Fonte: autoria própria.

A coleta de dados biométricos ocorreu com 30 dias após o plantio (DAP). Foram determinadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folíolos (NF) e área foliar (AF). Foram amostradas 2 plantas (Duplicata), a altura de planta, expressa em centímetros, foi avaliada considerando-se o comprimento da haste principal do coleto até o último nó (ápice da planta) e o diâmetro do caule, expresso em milímetros, foi mensurado na altura do coleto da planta com um paquímetro digital. Contou-se o número de folíolos emitidos na haste principal.

A determinação da área foliar (cm^2) foi realizada através da mensuração do maior comprimento e maior largura de todos os folíolos, posteriormente, os dados coletados foram aplicados na equação empírica proposta por Adami et al. (2008) (Equação 1), as estimativas da área foliar de cada folha foram somadas, obtendo-se a área foliar por planta em cm².

$$AF = (C \times L) \times 0{,}7104 \times NF \quad (1)$$

Em que,
C – Comprimento máximo (cm);
L – Largura máxima (cm);
NF – Número de folíolos

Os dados coletados foram submetidos a análise estatística, incluindo análise de variância e testes de média Tukey (*p<0,05*) para dados qualitativos, bem como, análise de regressão para dados quantitativos, com um nível de significância de *p<0,05*, usando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2014).

Resultados e Discussão

Ao avaliar as plantas de soja verificou-se que não houve interação entre aplicação ou não de bioestimulantes e os regimes hídricos. Verificando-se efeito isolados dos fatores, para os bioestimuantes no número de folíolos e área foliar; enquanto para os regimes hídricos em todas as variáveis testadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folíolos (NF) e área foliar (AF), em função da fonte de variação, Safra 2023-24, Rio Verde – GO

FV	GL	Quadrados médios			
		AP	DC	NF	AF
Bio	1	0,025000 ^{ns}	0,000490 ^{ns}	5,256250 *	2024,786702**
RH	3	35,212500 **	0,438337 **	37,156250 **	13932,489649**
Bio x RH	3	0,304167 ^{ns}	0,004523 ^{ns}	0,672917 ^{ns}	226,812536 ^{ns}
Resíduo	28	4,703795	0,051098	1,023661	222,882040
CV (%)		8,59	7,30	10,75	12,63

^{ns} não significativo e *; ** significativo respectivamente a 5 e 1% de probabilidade segundo teste F. FV – fonte de variação; GL – Grau de Liberdade; e CV – Coeficiente de Variação; Rep – Repetição; RH – Reposição hídrica e Bio – Bioestimulante a base de extrato de algas (*Ascophyllum nodusum* + *Kappaphycus alvarezii*) + Complexo de aminoácidos (Prolina + Arginina). Fonte: autoria própria.

O NF e AF apresentaram maiores resultados quando comparados com os demais tratamentos (Tabela 4), demonstrando que o bioestimulante utilizado pode contribuir com a formação de plantas normais contendo maior número de folhas e com maior área foliar, o que pode consequentemente resultar e uma maior produtividade para a cultura.

Vieira (2001), ao estudar o efeito de bioestimulantes em soja, feijão e arroz constatou que a utilização do mesmo aumentou de forma significativa a produtividade dessas culturas. Bem como os estudos feitos por Libardoni (2022) também se assemelham aos obtidos nesse presente estudo, onde este autor ao utilizar bioestimulantes na cultura da soja observou uma contribuição para formação de plântulas normais e viáveis e de maior matéria fresca o que contribui para uma maior produtividade da cultura.

Na tabela 4 observa-se que, o teste de médias entre a interação da utilização do bioestimulante e da reposição hídrica, AP e DC não apresentaram resultados significativos enquanto NF e AF apresentaram resultados significativos quando analisados sobre a porcentagem da reposição hídrica e na presença e ausência do bioestimulante. O NF e a AF apresentaram maiores resultados quando combinado o bioestimulante, com a reposição hídrica, e resultados menores apenas com a reposição hídrica.

Desse modo pode-se afirmar que as repostas observadas neste estudo, em relação as variáveis, NF e AF variou em função da presença do bioestimulante e da condição hídrica que a planta se encontrava. A variável NF apresentou ganhos de 11,45% e 11,34% nas reposições hídricas de 50, 75% respectivamente, com a utilização dos bioestimulantes. A variável AF apresentou ganhos de 10,32%, 14,89% e 18,15% nas reposições hídricas de 50, 75 e 100% respectivamente, com o uso dos bioestimulantes (Tabela 4).

Tabela 4. Teste de média para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folíolos (NF), área foliar (AF), em função dos tratamentos, Safra 2023-24, Rio Verde – GO

Bio	AP		DC		NF		AF	
	cm		mm				cm^2	
RH	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
25%	22,40	22,65	2,78	2,82	6,60 a	6,50 a	64,15 a	62,41 a
50%	26,00	26,25	3,12	3,16	10,70 a	9,60 b	132,30 a	119,92 b
75%	26,90	26,60	3,16	3,15	10,80 a	9,70 b	150,93 a	131,37 b
100%	25,80	25,40	3,31	3,27	11,00 a	10,50 a	153,77 a	130,14 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si segundo teste Tukey (*p<0,05*). RH – Reposição hídrica; Bio – Bioestimulante a base de extrato de algas (*Ascophyllum nodusum* + *Kappaphycus alvarezii*) + Complexo de aminoácidos (Prolina + Arginina); Com – Com bioestimulante; Sem – Sem bioestimulante. Fonte: autoria própria.

Resultados que corroboram com os encontrados neste presente trabalho foram estudados por Cavalcante et al. (2020), em que este avaliou as respostas da cultura da soja, em relação ao estresse hídrico e aplicação de bioestimulantes, verificando também a relação entre a presença e a ausência do bioestimulante e a condição hídrica do solo, sendo que a presença de bioestimulante mais reposição hídrica adequada resultou em uma maior produtividade para a cultura da soja, bem como, um aumento da formação e fixação dos legumes nas plantas, aumentando assim, a quantidade de grãos por planta e consequentemente sua produtividade.

Du Annin et al. (2012), também constatou aumento de vigor e índice de qualidade em sementes de soja quando tratadas com *Kappaphycus alvarezii* e *Gracilaria eduli*. Já Igna e Marchiorro (2010), concluíram em seu estudo que a utilização de *Asciflora* aumentou o número de espigas por metro linear e na produtividade da cultura do trigo. Ao estudar a aplicação de extrato de algas marinhas na cultura do trigo, Kumar (2008) observou um aumento de 6,7% em sua parte aérea quando comparada com o controle.

Conclusão

A aplicação do extrato de algas (*Kappaphycus alvarezii* + *Ascophyllum nodusum*) + complexo de aminoácidos (Prolina + Arginina) via tratamento de sementes foi efetiva na amenização dos efeitos maléficos provocados, pela restrição hídrica, nos primeiros estágios da cultura da soja. Os dados

encontrados indicam que a aplicação dos bioestimulantes pode efetivamente aumentar a capacidade de defesa das plantas de soja contra os danos induzidos pelo estresse hídrico imposto.

Os bioestimulantes podem contribuir com a formação de plantas normais contendo maior número de folhas e com maior área foliar, o que pode consequentemente resultar em uma maior produtividade para a cultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições que financiaram a execução do trabalho (CNPq, FAPs, CAPES, UniRV-PIBIC.

Referências Bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. (2013). **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorol. Zeitschrift 22, 711–728.

BELLÉ, J. **Efeitos do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) em diferentes densidades de soja (G*lycine max*) no oeste de Santa Catarina**. Universidade federal da fronteira do Sul, 2021.

CAVALCANTE, W. S. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. (2020). Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **IRRIGA**, 25(4), 754-763. 10.15809/irriga.2020v25n4p754-763.

DU ANNIN et al, 2012. Plant biosrimulanrs: Definition, concept, rnain categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, P: 3-14, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

GORNALL, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K.. and Wiltshire, A., 2010. **Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century**, Phil. Trans. R. Soc. B 365.

IGNA, R. D.; MARCHIORO, V. S. **Manejo de Ascophyllum nodosum na cultura do trigo**. 2010.

KÖPPEN, W. **Köppen climate classification**. Geography about. 2013. Available in: <http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm.

KUMAR G (2008). **Effect of seaweed extract on growth and development of wheat**. M.Phil. Thesis, University of Delhi, Delhi, pp 66.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 355p.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; NENDEL, C.; HAMPF, A. The soybean yield gap in Brazil: Magnitude, causes and possible solutions. **Journal of Agriculture Science**, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, T. T. de A.; PINHO, V. de R. V.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. de O.; COSTA, A. A. F. da. Qualidade Fisiológica de Sementes de Milho na Presença de Bioestimulantes. **Ciênc. agrotec**., Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, maio/jun., 2008.