

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Elis Regina Sartori

**BIOESTIMULANTE DE EXTRATO DE ALGA MARINHA *Ascophyllum nodosum* L. NA
CULTURA DA SOJA**

FREDERICO WESTPHALEN - RS

2024

Elis Regina Sartori

**BIOESTIMULANTE DE EXTRATO DE ALGA MARINHA *Ascophyllum nodosum* L. NA
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), *Campus* Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Claudir José Basso

Frederico Westphalen - RS

2024

Elis Regina Sartori

**BIOESTIMULANTE DE EXTRATO DE ALGA MARINHA *Ascophyllum nodosum* L. NA
CULTURA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), *Campus* Frederico Westphalen, RS, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em 11 de junho de 2024:

**Claudir José Basso, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**

Gizelli Moiano de Paula, Dra. (UFSM)

Marcelo Seibert, Eng. agrônomo (UFSM)

Frederico Westphalen, RS

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha saúde e pela fé que me sustentaram, impulsionando-me a evoluir constantemente, durante esse processo.

À minha família, dedico um imenso agradecimento pelo incentivo e apoio inabalável, que me encorajou a perseguir meus sonhos e objetivos.

Aos amigos que compartilharam comigo inúmeros momentos, sejam eles de alegria ou de angústia. As conversas e pensamentos compartilhados sobre o futuro, o apoio durante os desafios e a amizade construída, foram fundamentais para tornar essa jornada mais leve e significativa.

À minha parceira de graduação e de experimento, Lidiane Bortoli, por conduzir nosso projeto da melhor forma possível, contribuindo para os resultados alcançados. Também minha gratidão aos membros do Grupo de Pesquisa em Plantas de Lavoura, cujo auxílio nas avaliações e nos resultados foi inestimável.

Ao meu orientador, Professor Doutor Claudir José Basso, pela sua disposição, confiança, ensinamentos e paciência ao longo deste trabalho e da pesquisa científica como um todo.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento pessoal e profissional. Cada gesto de apoio e cada palavra de incentivo foram essenciais.

RESUMO

BIOESTIMULANTE DE EXTRATO DE ALGA MARINHA *Ascophyllum nodosum* L. NA CULTURA DA SOJA

AUTOR: Elis Regina Sartori

ORIENTADOR: Claudir José Basso

A soja como a principal cultura do agronegócio brasileiro, se deve ao retorno econômico e à versatilidade quanto ao seu uso, sendo utilizada na indústria alimentícia e como fonte de proteína para consumo humano e animal. O aumento na disponibilidade de produtos de soja de alta qualidade impulsionou as vendas. Contudo, desafios climáticos, causando o estresse hídrico, afetam a produtividade. Diante disso, o uso de bioestimulante à base de extrato de alga marinha surge como uma alternativa para minimizar esses impactos. O estudo buscou avaliar o efeito do extrato de alga marinha *Ascophyllum nodosum* L. em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. Foram conduzidos ensaios a campo na safra 2022/23, O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições e 5 tratamentos respectivamente. Os tratamentos foram subdivididos da seguinte forma, T1 - Testemunha (sem aplicação de algas), T2 - Aplicação em V6 (0,5 L ha⁻¹), T3 - Aplicação em V6 + R1 (0,5 L ha⁻¹), T4 - Aplicação em V6 + R1+ R4(0,5 L ha⁻¹) e T5 - Aplicação em R1+ R4 + R5.3 + R6 (0,5 L ha⁻¹). O extrato líquido comercial de alga marinha utilizado no presente estudo da espécie *Ascophyllum nodosum* (L.), foi Phylgreen neo[®], em aplicação foliar. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com médias comparadas por teste de Tukey (p<0,05). A aplicação foliar do extrato de algas *Ascophyllum nodosum* na soja mostrou resultados superiores, especialmente com aplicação nos estágios R1 e R4 (início do florescimento e vagens completamente desenvolvidas), sem resposta para os demais tratamentos. No entanto, é importante que mais estudos sejam realizados para determinar as doses ideais e os estágios de aplicação na cultura de soja.

Palavras-chave: Soja; alga marinha; estresse hídrico.

ABSTRACT

BIOSTIMULANT FROM SEAWEED EXTRACT *Ascophyllum nodosum* L. IN SOYBEAN CROP

AUTHOR: Elis Regina Sartori

ADVISOR: Claudir José Basso

Soy as the main crop of Brazilian agribusiness is due to its economic return and versatility in terms of its use, being used in the food industry and as a source of protein for human and animal consumption. Increased availability of high-quality soy products boosted sales. However, climate challenges, such as water stress, affect productivity. Therefore, the use of biostimulants based on seaweed extract appears as an alternative to minimize these impacts. The study sought to evaluate the effect of *Ascophyllum nodosum* L. seaweed extract on different phenological stages of soybean crops. Field trials were conducted in the 2022/23 harvest. The experiment was conducted in a randomized block experimental design, in a split-plot scheme with 4 replications and 5 treatments respectively. The treatments were subdivided as follows, T1 - Control (without application of algae), T2 - Application in V6 (0.5 L ha⁻¹), T3 - Application in V6 + R1 (0.5 L ha⁻¹); T4 - Application in V6 + R1+ R4 (0.5 L ha⁻¹) and T5 - Application in R1+ R4 + R5.3 + R6 (0.5 L ha⁻¹). The commercial liquid seaweed extract used in the present study of the *Ascophyllum nodosum* (L.) species was Phylgreen neo®, with foliar application. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA), with means compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Foliar application of *Ascophyllum nodosum* algae extract to soybeans showed superior results in treatment 4, especially with application in stages R1 and R4 (beginning of flowering and fully developed pods), with no response to the other treatments. However, it is important that more studies are needed to determine the ideal doses and stages of application in soybean crops.

Keywords: Soy; seaweed; water stress.

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 01 – Precipitação pluviométrica nos meses de outubro a fevereiro (2022/23) em Frederico Westphalen/RS.....	17
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações químicas do extrato de alga <i>Ascophyllum nodosum</i>	18
Tabela 2 - Compostos orgânicos não quantificados pelo fabricante presentes na alga.....	19
Tabela 3 - Especificações técnicas do extrato líquido comercial Phylgreen neo.....	19
Tabela 4 - Médias altura de planta ⁻¹ (cm) submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológicos da soja (safra 2022/23).	21
Tabela 5 - Médias PMS (gramas) submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológico da soja (safra 2022/23).....	22
Tabela 6 - Médias do número de legumes planta ⁻¹ submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológico da soja (safra 2022/23)	23
Tabela 7 - Produtividade (sc ha ⁻¹) da soja submetida a aplicações em diferentes estádios fenológicos (safra 22/23)	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>A. nosodum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
APL	Altura de planta
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
cm	Centímetros
cmolc	Centimol de carga
CTC	Capacidade de troca catiônica
CV	Coefficiente de variação
EROS	Espécie reativa de oxigênio
g	Gramas
GL	Graus de liberdade
Kg	Quilograma
mg	Miligramas
mm	Milímetros
MO	Matéria orgânica
NLPL	Número de legumes planta
NNP	Número de nós planta
PMS	Peso de Mil Sementes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA SOJA (<i>GLYCINE MAX L.</i>)	13
2.2 FATORES LIMITANTES PARA PRODUÇÃO DA SOJA (<i>GLYCINE MAX L.</i>)	14
2.3 EXTRATO DE ALGA MARINHA <i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5 CONCLUSÃO	24

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, com a expansão da indústria de óleo e o avanço de novas tecnologias, a soja (*Glycine max* L.) tem se tornado a cultura agrícola mais importante no Brasil. A liderança da soja na agricultura do país se deve principalmente ao seu retorno econômico e à versatilidade do grão (Alves *et al.*, 1986), que é utilizado na indústria como fonte de proteína para consumo humano, na fabricação de óleos e para alimentação animal.

Nos últimos anos, houve um aumento na disponibilidade de produtos à base de soja com maior qualidade, o que resultou em um crescimento significativo nas vendas no mercado brasileiro. Isso se deve ao alto teor proteico e nutritivo da soja. Para manter e melhorar a qualidade da soja, os produtores precisam buscar alternativas que promovam a produtividade, visando o crescimento da cultura e a redução dos impactos causados pelo estresse hídrico e pelas altas temperaturas.

Considerando a importância da cultura da soja para a agricultura nacional, seu impacto econômico e seu valor nutricional, surge a necessidade de testar novas tecnologias que possam reduzir os impactos negativos causados pelos efeitos climáticos. No Brasil, a área cultivada na safra 2022/2023 atingiu 44.072,9 milhões de hectares, representando um aumento de mais de 6,2% em relação à safra anterior, com uma produção de 154.617,4 milhões de toneladas, um aumento de 23,1% em comparação com a safra de 2021/2022 (Conab, 2023).

Nos últimos 10 anos, segundo dados registrados pela Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2023), os municípios brasileiros registraram 14.635 decretos municipais de anormalidade resultando em prejuízos totais de R\$ 287 bilhões na agricultura e pecuária devido a eventos climáticos extremos, como excesso ou falta de chuvas. O déficit hídrico corresponde a 87% dos prejuízos na agropecuária, com a agricultura absorvendo 65% do total de perdas (CNM, 2023).

A agricultura teve prejuízo entre 2013 a 2022 de R\$ 216,6 bilhões. Somente em 2022, o déficit hídrico ocasionou perdas de R\$ 62,1 bilhões na agricultura, representando 22% das perdas totais no setor agropecuário ao longo de uma década. Os danos causados pelo déficit hídrico concentram-se principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, com o estado do Rio Grande do Sul sendo o mais afetado em 2022, registrando perdas de R\$ 38,5 bilhões (CNM, 2023).

Diante desse cenário desafiador, o uso de bioestimulante à base de extrato de alga marinha, possibilita aprimorar o sistema de cultivo, minimizando os impactos do estresse hídrico e térmico durante o ciclo produtivo da soja, além de promover o crescimento das plantas, aumentar o número de flores e, conseqüentemente, o rendimento da cultura (Ayad, 1998).

A hipótese que fundamenta esse trabalho é que o uso de bioestimulante de alga marinha na soja pode estimular o crescimento e desenvolvimento das plantas, fortalecer a resistência a estresses ambientais, e, assim, incrementar a produtividade da cultura. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* L., em diferentes estádios fenológicos avaliando sobre alguns parâmetros de planta e na produtividade final da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA SOJA (*Glycine max* L.)

Originária da Ásia Oriental, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem seu centro de origem na região Central e Ocidental da China, sendo uma planta anual classificada como dicotiledônea, da ordem Fabales, Família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* (Embrapa, 2000; Silva, 2023). Possuindo reprodução autógama, a soja apresenta variabilidade para características morfológicas influenciadas pelo ambiente (Streck, 2005).

Demonstrando notável capacidade adaptativa a diferentes ecossistemas, a soja se disseminou em diversos ambientes agrícolas ao redor do mundo. Na década de 1960, a cultura da soja desempenhou um papel crucial na profissionalização e especialização da agricultura, introduzindo o conceito do agronegócio no Brasil (Federizzi, 2006). Conforme colocado por Brum, (2002), a soja é responsável pelo volume físico, financeiro e necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores de insumos e processadores da matéria-prima.

Considerada a oleaginosa mais importante, a soja é cultivada mundialmente, possuindo enorme expressão econômica (EMBRAPA, 2014). No cenário mundial, o Brasil desempenha um papel importante na oferta dessa commodity contribuindo para o desenvolvimento econômico-social de várias regiões do país. No Brasil, a produtividade da soja vem aumentando gradativamente ano após ano, e segundo Roessing, Sanches e Michelon (2005), isso se deve, entre outros fatores, à geração de tecnologias, fundamental para o aumento da produtividade.

O complexo da soja abrange uma cadeia que vai desde a produção voltada para exportação grão in natura quanto para indústria, que processa a soja em farelo, óleo e biocombustíveis para exportação ou para consumo interno (EMBRAPA, 2014). De acordo com a Balança Comercial do Agronegócio, o complexo da soja registrou vendas recordes e se destacou como o principal setor exportador do agronegócio brasileiro. No ano de 2023, as vendas externas do complexo da soja foram de US\$ 5,59 bilhões, acréscimo de 12,2% comparado ao ano de 2021 (MAPA 2023).

2.2 FATORES LIMITANTES PARA PRODUÇÃO DA SOJA

Atualmente, o déficit hídrico é um dos principais fatores que têm limitado o potencial agrícola das principais culturas de interesse agrícola. De acordo com Brown, Caviness e Brown (1985) no Brasil, a ocorrência de déficit hídrico pode ocorrer em períodos críticos durante o ciclo de desenvolvimento das culturas, o que tem sido a principal causa de variação de produtividade.

O Rio Grande do Sul, terceiro maior produtor nacional, possui série histórica de períodos de déficit hídrico durante o cultivo da cultura de soja, devido à variabilidade na distribuição das chuvas, que causa oscilações na produtividade entre anos e locais, a precipitação se torna o principal fator limitador de altas produtividades no Estado, esse efeito é amplificado pelo fenômeno La Niña. (Sentelhas *et al.*, 2015; Zanon; Streck; Grassini, 2016). De acordo com a Conab 2023, o Rio Grande do Sul foi o estado mais afetado com chuvas inferiores a 40 mm durante a safra, não sendo suficientes para manter a umidade do solo em níveis elevados. Além de altas temperaturas registradas durante o desenvolvimento da cultura, comprometendo o desenvolvimento da soja e consequentemente o potencial produtivo.

Segundo Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), a insuficiência de água gera estresse nas plantas de soja, resultando em um desenvolvimento limitado caracterizado por uma estatura reduzida, área foliar diminuída e entre nós curtos. Os tecidos vegetais exibem sinais de murcha, enquanto os folíolos têm tendência de se fechar, reduzindo a exposição da área foliar. Em situações de seca severa durante a fase vegetativa, o crescimento das plantas é inibido, levando à diminuição da área foliar e do rendimento dos grãos, podendo, em casos extremos, resultar na morte da planta.

Além disso, em lavouras sujeitas a déficit hídrico, há uma redução na germinação e no vigor das sementes, afetando as plântulas recém-germinadas. O estresse hídrico provoca o fechamento estomático e a redução na assimilação líquida de CO₂, prejudicando o processo fotossintético. No entanto, déficits hídricos moderados não têm um impacto significativo nas reações fotossintéticas no cloroplasto (Farias; Nepomuceno; Neumaier, 2007; Pereira *et al.*, 2012).

Segundo Carneiro (2011), a água além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência. O estresse hídrico desencadeia uma grande variedade de respostas nas plantas, alterando a expressão genética e o metabolismo celular.

A redução do potencial hídrico das folhas ocasionado pela falta de água provoca fechamento estomático e consequente, diminuição das trocas gasosas, inibindo vários processos bioquímicos e fisiológicos, como a fotossíntese, respiração, absorção de íons, metabolismo dos nutrientes, entre outros. Sob as condições de estresse hídrico, em razão do controle da abertura dos

estômatos, ocorre diminuição da condutância estomática, que é fundamental na manutenção da turgescência (Gonçalves, 2013).

Sob deficiência hídrica, a primeira alteração que ocorre nas plantas é a diminuição de turgescência, levando imediatamente a diminuição do crescimento. Assim, a redução na sua parte aérea pode ser considerada como a primeira reação das plantas submetidas à falta de água (Taiz; Zeiger, 2009).

A abordagem para a mitigação dos impactos negativos do déficit hídrico sobre a produtividade da soja é claramente multidisciplinar, incluindo o correto manejo do solo e da cultura. O estabelecimento eficaz de lavouras de soja em condições adversas depende da implementação de medidas que assegurem um ajuste adequado, preservando assim o potencial produtivo da cultura (EMBRAPA, 2018).

2.3 EXTRATO DE ALGA MARINHA *Ascophyllum nodosum*

A alga marrom, *Ascophyllum nodosum* é abundantemente encontrada no Atlântico Norte e é cultivada comercialmente nas costas da Nova Escócia. De acordo com Silva *et al.* (2010), tem sido utilizada como fertilizante na agricultura do Canadá, França e Inglaterra, desde o século XIX, inicialmente aplicada ao solo em sua forma natural como fonte de matéria orgânica. Seu uso na agricultura no Brasil está em plena expansão, requerendo, no entanto, mais informações precisas sobre o manejo adequado (Silva, 2012).

Segundo Silva *et al.* (2010), durante os anos 70 na Europa, o emprego de extrato de algas ganhou destaque em pulverizações foliares em diversas culturas, sendo mais frequente em hortaliças e frutas. A partir de 1991, a Comunidade Europeia oficializou e autorizou a aplicação de produtos comerciais à base de extratos de algas tanto para aplicações foliares quanto para aplicação no solo e na agricultura orgânica.

Anualmente, aproximadamente 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas são colhidas, e grande parte dos derivados é utilizada como bioestimulante na agricultura (Khan *et al.*, 2009). Os extratos de *A. nodosum* são empregados em diversas culturas e comercializados internacionalmente com diferentes finalidades, como enraizadores, bioestimulantes e bioprotetores contra doenças e pragas (Silva *et al.*, 2012). No Brasil, o Decreto n° 4.954 regulamenta o uso do

extrato como agente complexante em formulações de fertilizantes para aplicação foliar e fertirrigação (Mógor *et al.*, 2008).

Esses bioestimulantes têm a capacidade de aumentar a resistência da planta a estresses, tanto bióticos quanto abióticos, além de contribuir para a fertilidade do solo (Alam *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2009). Os extratos de algas apresentam versatilidade quanto ao modo de aplicação, podendo ser utilizados no tratamento de sementes, na pulverização foliar, na fertirrigação, ou em combinações desses métodos (Carvalho; Castro, 2013). No tratamento de sementes, o extrato de algas auxilia no estabelecimento inicial da cultura, além de potencializar sua produção.

Segundo Ferreira *et al.* (2007), os bioestimulantes desempenham um papel crucial na degradação das substâncias de reserva das sementes, bem como na diferenciação, divisão e alongamento celular, favorecem o equilíbrio hormonal das plantas, expressam seu potencial genético e estimulam o desenvolvimento do sistema radicular.

Os compostos bioativos de algas marinhas desempenham um papel significativo no rendimento e na qualidade das culturas (Carvalho; Castro, 2013). Entre essas algas, a *Ascophyllum nodosum* é a mais estudada devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal, aumentar a produtividade e induzir a tolerância da planta a estresses bióticos e abióticos.

De acordo com Carvalho e Castro (2013), os extratos de *A. nodosum* contém compostos semelhantes a citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas e alginatos, incluindo substâncias ainda não identificadas com atividade semelhante à de alguns hormônios vegetais. As citocininas, pertencentes à classe de hormônios vegetais, promovem a divisão celular e retardam a senescência, sendo compostas por zeatina, diidrozeatina, isopentenil adenina e isopentenil adenosina (Silva *et al.*, 2012).

Em condições de déficit hídrico, as plantas buscam manter seu equilíbrio hídrico acumulando solutos não tóxicos, sem interferir em seus processos fisiológicos. A betaína, por exemplo, é considerada um osmólito-chave para o ajuste osmótico de vegetais em situações de estresse hídrico (Carlin; Santos, 2009).

Quanto ao alginato, trata-se de um polissacarídeo auto degradável altamente solúvel em água, formando soluções viscosas. A viscosidade dessas soluções diminui com o aumento da temperatura, resultando na formação de um gel estável em pH de 5,0 a 10,0 (Campese *et al.*, 2007).

Apesar de pequenas doses os bioestimulantes à base de algas já demonstraram em inúmeras pesquisas seu potencial em estimular o crescimento das plantas, aumentar o número de flores,

frutos e raízes, melhorando a tolerância das plantas à salinidade, à seca e ao calor (Battacharyya *et al.*, 2015). A escolha das dosagens, sequências e épocas de aplicação influenciam a resposta dos cultivos quanto às várias expectativas dessas respostas e variam de acordo com espécie, cultivar, variedade, época do ano e localização geográfica (Craigie, 2011; Masny; Basak; Żurawicz, 2011) o que tem justificado mais estudos dentro dessa linha de estudos.

As especificações químicas, físicas e técnicas do produto comercial, estão descritas nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Especificações químicas do extrato de alga *Ascophyllum nodosum*.

Componente	Teor
Matéria orgânica	13-16%
Nutrientes	
Nitrogênio (N total)	0,3-0,6%
Fósforo (P ₂ O ₅)	<0,1%
Potássio (K ₂ O)	5,0 - 7,0%
Enxofre (S)	0,3 - 0,6%
Magnésio (Mg)	0,05 - 0,6%
Cálcio (Ca)	0,10 - 0,20%
Sódio (Na)	1,0 - 1,50%
Ferro (Fe)	30,0 - 80,0 mg kg ⁻¹
Cobre (Cu)	1,0 - 5,0 mg kg ⁻¹
Zinco (Zn)	5,0 - 15,0 mg kg ⁻¹
Manganês (Mn)	1,0 - 5,0 mg kg ⁻¹
Boro (B)	20,0 - 50,0 mg kg ⁻¹
Aminoácidos	
Glicina	0,06%
Ácido asparático	0,14%
Ácido glutâmico	0,20%
Prolina	0,07%
Leucina	0,09%
Valina	0,07%
Isolecina	0,07%
Metionina	0,03%
Triptofano	0,03%

Fonte: Acadian Seaplants Limited (2015).

Tabela 2 – Compostos orgânicos não quantificados pelo fabricante presentes na alga.

Compostos orgânicos não quantificados pelo fabricante presentes na alga
Ácido algínico

Poli e oligossacarídeos
 Fucoïdan
 Laminarinas
 Florotaninas
 Alginatos
 Fitormônios (auxinas, citocininas e giberelinas)

Fonte: Adaptado de Acadian Seaplants Limited (2015).

Tabela 3 – Especificações técnicas do extrato líquido comercial Phylgreen neo®.

Especificações técnicas do extrato líquido comercial Phylgreen neo®

1,0% de N (10,7 g/L de N)

6,0% de Carbono Orgânico Total (64,2 g/L de COT)

Nutrientes Solúveis em Água

Densidade: 1,07 g/cm³

Contém aditivo: 99% de extrato de algas *Ascophyllum nodosum*

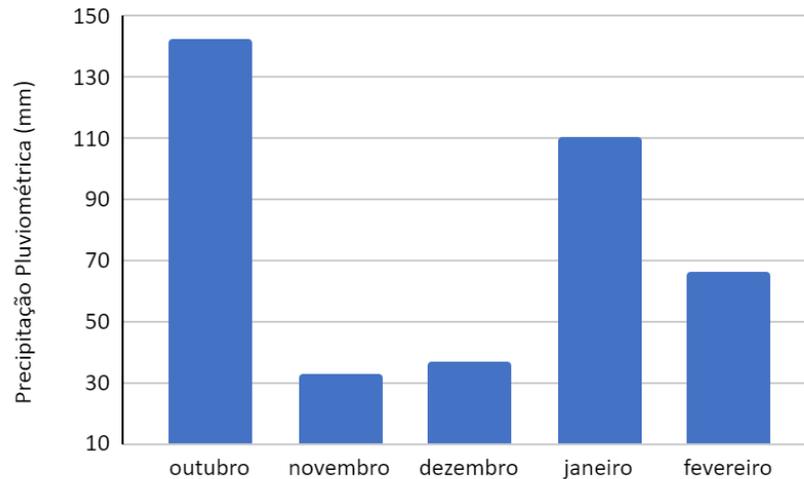
Fonte: Tradecorp Company (2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado durante o ano agrícola de 2022/23 em uma propriedade rural na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul localizada 27°23' 51" Sul e 53°25' 38" Oeste e com altitude de 461 metros. A pluviosidade média anual é de 2.100 mm (Alvares *et al.*, 2013) e temperaturas médias de 20°C, com mínimas que variam a 11°C. O clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa (Moreno, 1961).

A quantidade de precipitação e distribuição pluviométrica ao longo do ano é um fator determinante para o cultivo agrícola. Em Frederico Westphalen/RS, durante o ano agrícola 2022/23, o mês de outubro apresentou a maior precipitação pluvial, coincidindo com a época de semeadura da cultura. Nos meses de novembro e dezembro, houve pouca precipitação, com médias abaixo de 50 mm, e em janeiro, ocorreu um aumento significativo, ultrapassando os 100 mm. Os dados sobre o índice de precipitação e distribuição pluviométrica são apresentados no Gráfico 01 a seguir.

Figura 1 – Precipitação pluviométrica nos meses de outubro a fevereiro dos anos agrícolas 2022/23 em Frederico Westphalen/RS.



Fonte: Dados coletados da estação meteorológica do INMET da UFSM/FW (2022/2023).

Segundo Santos *et al.* (2013), o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, apresentando as seguintes características físico-químicas na camada 0 - 10 cm: argila 654 g Kg⁻¹, pH 5.1 (H₂O), índice SMP 5.6, fósforo 5,5 mg dm⁻³, potássio 64,8 mg dm⁻³, alumínio 0,2 cmolc dm⁻³, acidez potencial 5,5 cmolc dm⁻³, CTC efetiva 7,94 cmolc dm⁻³, saturação por bases 57,22% e MO de 2,84 g dm⁻³.

Para a safra 22/23, o produtor utilizou sementes da cultivar Brasmax Zeus IPRO, que pertence ao grupo de maturação precoce (5.5). Essa cultivar possui uma boa arquitetura de planta, peso de mil sementes (PMS) de 209 g e é recomendada para semeadura entre 15 de outubro e 15 de novembro para solos de alta fertilidade.

A semeadura ocorreu em 14 de novembro de 2022 no espaçamento de 45 cm entre linha e com uma população de 350.000 plantas. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema de parcelas divididas com 4 repetições e 5 tratamentos, onde cada parcela possuiu 5 linhas de 5 m, equivalente a 11,25 m². Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: T1 - Testemunha (sem aplicação de algas); T2 - Aplicação de algas em V6 (0,5 L ha⁻¹); T3 - Aplicação de algas em V6 + R1 (0,5 L ha⁻¹); T4 - Aplicação de algas em V6 + R1 + R4 (0,5 L ha⁻¹) e T5 - Aplicação de algas em R1 + R4 + R5.3 + R6 (0,5 L ha⁻¹). O extrato líquido comercial de alga marinha utilizado da espécie *Ascophyllum nodosum* (L.), foi o Phylgreen neo[®], com aplicação foliar de 0,5 L h⁻¹.

As aplicações do extrato de alga marinha foram realizadas nas fases fenológicas da soja,

iniciando no estágio vegetativo (V6), seguido pelo estágio reprodutivo R1 (início do florescimento) e em R4 (vagens completamente desenvolvidas). No último tratamento realizado, a aplicação foi feita a partir de R1, abrangendo R4, R5.3 (enchimento de grãos 25 - 50%) e R6 (grãos completamente desenvolvidos e folhas e vagens totalmente verdes).

Durante o desenvolvimento da soja, foi realizado o acompanhamento e manejo de aplicações fitossanitárias, feitas pelo produtor (padrão lavoura), garantindo assim, o bom desenvolvimento da cultura sem a influência de outros fatores que poderiam estar comprometendo os resultados da pesquisa.

Os componentes de produtividade foram determinados quando as plantas atingiram maturação plena. Coletando todas as plantas das parcelas do experimento e avaliando os componentes de produção em laboratório, foram determinados, a partir de 10 plantas aleatórias de cada parcela, a altura de planta, número de nós produtivos por planta (contendo pelo menos 1 vagem com 1 grão), o número de legumes e o número de grãos por legume. Além disso, foram avaliados o PMS (peso de mil sementes) e o rendimento de grãos nas unidades experimentais (rendimento da parcela). Com base nesses dados, calculou-se a produtividade em Kg ha^{-1} e rendimento de sacas ha^{-1} .

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando houve significância ao nível de 5% de probabilidade, os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância revelou diferença significativa pelo teste F ($p < 0,05$) para os caracteres avaliados PMS (peso de mil sementes), não diferindo significativamente para altura de planta (APL), número de nós produtivos (NNP), número de legumes por planta (NLPL) e sacas hectare (sc ha^{-1}).

O efeito do bioestimulante via aplicação foliar demonstrou aumento para altura de plantas quando comparado com a testemunha. Uma maior altura de planta pode resultar em um número maior de nós por planta, o que favorece o rendimento da cultura, mas, esse fator também pode aumentar a suscetibilidade das plantas ao acamamento. Na Tabela 4 estão os resultados das médias

de alturas de plantas submetidas a aplicações dos tratamentos em diferentes estádios fenológicos da soja durante o período de estudo.

Tabela 4 – Médias altura de planta⁻¹(cm) submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológicos da soja (safra 2022/23).

Tratamentos	Alturas plantas - cm
T1 - Testemunha (sem aplicação de algas)	105.9 a*
T2 - Aplicação em V6 (0,5 L ha ⁻¹)	107.4 a
T3 - Aplicação em V6 + R1 (0,5 L ha ⁻¹)	112.0 a
T4 - Aplicação em V6 + R1+ R4(0,5 L ha ⁻¹)	108.6 a
T5 - Aplicação em R1+ R4 + R5.3 + R6 (0,5 ml ha ⁻¹)	109.8 a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.

Fonte: Autor (2023).

Alguns estudos como os de Silva *et al.* (2010) e Taiz e Zeiger (2009) relatam um aumento nesta variável, a altura em outras culturas quando aplicado o bioestimulante.

O componente de rendimento PMS (peso de mil sementes), apresentou interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo o tratamento 4, superior em relação a testemunha, ao que é colocado para cultivar BMX Zeus (209 g). Essa variável e a média de todos os tratamentos ficou em 217, 931 g, onde os resultados são demonstrados na Tabela 5.

O tratamento 4 com o uso de algas, o PMS foi de 224,5g, significativamente maior do que o PMS da cultivar BMX Zeus (209g), representando um aumento de 5,3%. Mesmo o PMS mais elevado na testemunha, em comparação com o da cultivar, indica que foi um ano excepcional para a soja, o que talvez justifique a falta de uma resposta mais significativa nos tratamentos com aplicação de algas.

Tabela 5 – Médias PMS (gramas) submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológicos da soja (safra 2022/23).

Tratamentos	PMS
T1 - Testemunha (sem aplicação de algas)	212.2 a

T2 - Aplicação em V6 (0,5 L ha ⁻¹)	219.6 ab
T3 - Aplicação em V6 + R1 (0,5 L ha ⁻¹)	220.4 ab
T4 - Aplicação em V6 + R1+ R4(0,5 L ha ⁻¹)	224.5b
T5 - Aplicação em R1+ R4 + R5.3 + R6 (0,5 ml ha ⁻¹)	215.8 ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.
Fonte: Autor (2023).

O incremento no PMS pode estar relacionado à presença de nitrogênio na composição do Philgreen neo®. Conforme Hungria, Campo e Mendes, (2007) esse nutriente é essencial para a cultura da soja, sendo absorvido em maior quantidade em comparação com outros nutrientes, devido à sua contribuição na formação de ácidos nucléicos, proteínas e outras moléculas fundamentais. Os autores estimam que, devido ao alto teor de proteína nos grãos de soja, a planta necessita de cerca de 80 kg de N para cada 1000 kg de grãos produzidos.

O extrato da alga *Ascophyllum nodosum* contém aminoácidos em sua composição, incluindo a prolina, que protege a planta contra danos oxidativos causados pelas EROs (Espécies reativas de oxigênio), formas de oxigênio energeticamente mais reativas do que o oxigênio molecular (Alia; Mohanty; Matsysik, 2001). A prolina também permite que as plantas ajustem sua homeostase, restaurando o teor de água no tecido vegetal principalmente sob estresse osmótico, desempenhando papel como enzima antioxidante (Signorelli *et al.*, 2013), esses fatores contribuem e explicam os valores significativos observados no aumento do PMS.

Para a variável número de legumes por planta (Tabela 6), não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém, quando comparado a aplicação do bioestimulante com a média dos tratamentos, se observa um incremento de 13% no número de vagens no comparativo a testemunha. Esses resultados corroboram com os de Klahold *et al.* (2006) que ao estudarem a resposta da soja (*Glicine max* (L) Merrill) a ação de bioestimulante, constataram que a aplicação proporcionou o incremento no número de vagens na cultura da soja.

Tabela 6 – Médias do número de legumes planta⁻¹ submetidas a aplicações em diferentes estádios fenológico da soja (safra 2022/23).

Tratamentos	Nº legumes planta ⁻¹
-------------	---------------------------------

T1 - Testemunha (sem aplicação de algas)	50,6 a
T2 - Aplicação em V6 (0,5 L ha ⁻¹)	55,0 a
T3 - Aplicação em V6 + R1 (0,5 L ha ⁻¹)	60,6 a
T4 - Aplicação em V6 + R1+ R4(0,5 L ha ⁻¹)	56,5 a
T5 - Aplicação em R1+ R4 + R5.3 + R6 (0,5 ml ha ⁻¹)	56,8 a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.
Fonte: Autor (2023).

Quanto à produtividade (Kg ha⁻¹) não houve interação significativa entre os tratamentos (Tabela 7), o tratamento 4 com aplicação do bioestimulante nos estádios V6 + R1 + R4, mesmo não havendo diferença estatística, incrementou a produtividade em 4 sacas no comparativo com a testemunha. Os demais tratamentos que apresentaram menor produtividade se devem provavelmente à menor produção de fotoassimilados e gasto de energia (Akran *et al.*, 2019), fazendo com que ocorra redução na quantidade de recursos para formar flores e encher os grãos, resultando assim, em menor produtividade.

Tabela 7 – Produtividade (sc ha⁻¹) da soja submetida a aplicações em diferentes estádios fenológicos (safra 22/23).

Tratamentos	Sc ha⁻¹
T1 - Testemunha (sem aplicação de algas)	84,1 a
T2 - Aplicação em V6 (0,5 L ha ⁻¹)	76,7 a
T3 - Aplicação em V6 + R1 (0,5 L ha ⁻¹)	84,2 a
T4 - Aplicação em V6 + R1+ R4(0,5 L ha ⁻¹)	88,4 a
T5 - Aplicação em R1+ R4 + R5.3 + R6 (0,5 ml ha ⁻¹)	83,6 a

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.
Fonte: Autor (2023).

Com o incremento de 5,1% no tratamento 4 quando comparado com a testemunha (T1),

tem-se o benefício do bioestimulante na cultura da soja visando incrementar a produtividade da cultura. De acordo com (Van Oosten *et al.*, 2017), a composição dos produtos à base de alga marinha atua na melhoria da eficiência no uso de recursos como água e nutrientes, gerando alterações fisiológicas e bioquímicas que resultam em maior tolerância a condições adversas, o que se traduz em aumento na produtividade.

Conforme Khan *et al.* (2009), a aplicação dos extratos de *A. nodosum* como bioestimulante foliar ou como fertilizante suplementar inoculado no tratamento de sementes, podem auxiliar no estabelecimento inicial e aumentar o potencial produtivo da cultura, devido a sua maior tolerância a diversos estresses bióticos e abióticos.

O incremento na produtividade no T4 pode estar relacionado ao menor abortamento das flores e vagens, sendo um dos fatores do auto abortamento na soja decorrente do estresse ambiental. A aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* nas fases R1 e R4 incrementou a produtividade da planta durante o seu estágio reprodutivo.

5 CONCLUSÃO

Não houve respostas significativas para grande parte das variáveis analisadas, no entanto, a aplicação foliar do extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (Phylgreen neo®) revelou incremento no tratamento de Aplicação nos estádios de V6 + R1 + R4, para peso de mil sementes. Sendo assim importante destacar que a aplicação foliar da *Ascophyllum nodosum* na cultura da soja necessita de estudos, especialmente no que diz respeito às doses ideais e aos estágios de aplicação na cultura.

REFERÊNCIAS

ALAM, Mohammed Zahidul *et al.* Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 93, n. 1, p. 23–36, 2013.

ALIA, null; MOHANTY, P.; MATYSIK, J. Effect of proline on the production of singlet oxygen. **Amino Acids**, v. 21, n. 2, p. 195–200, 2001.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, p. 711–728, 2013.

ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.) Controle microbiano de insetos. São Paulo: Manole, p.73-126, 1986.

ARGEMIRO LUÍS BRUM. **A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000**. 2002. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=821120&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BRUM,%20A.%22&qFacets=autoria:%22BRUM,%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 4 maio 2024.

AYAD, J. Y. The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on antioxidant activities and drought tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Dissertation in Agronomy. Graduate Faculty of Texas Tech University, 1998.

BATTACHARYYA, Dhriti *et al.* Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, Biostimulants in Horticulture, p. 39–48, 2015.

BROWN, E. A.; CAVINESS, C. E.; BROWN, D. A. Response of Selected Soybean Cultivars to Soil Moisture Deficit1. **Agronomy Journal**, v. 77, p. 274–278, 1985.

CAMPESE, Gilsinei Marques *et al.* Resistência mecânica de hidrogéis termo-sensíveis constituídos de Alginato-Ca²⁺ / PNIPAAm, tipo Semi-IPN. **Química Nova**, v. 30, p. 1649–1652, 2007.

CARLIN, Samira Domingues; SANTOS, Durvalina Maria Mathias Dos. Indicadores fisiológicos da interação entre deficit hídrico e acidez do solo em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1106–1113, 2009.

CARVALHO, Marcia Eugenia Amaral de; CASTRO, Paulo Roberto de Camargo e. Efeitos do extrato de *Ascophyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos. 2013. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002339098>. Acesso em: 3 maio 2024.

CONAB - SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 3 maio 2024.

CRAIGIE, James S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p. 371–393, 2011.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. [s. l.], 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/470308>. Acesso em: 3 maio 2024.

FEDERIZZI, Luiz Carlos. A SOJA COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE NO MERCOSUL : HISTÓRICO, PRODUÇÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS. [s. l.],

GASQUES, José Garcia *et al.* Produtividade da agricultura brasileira : a hipótese da desaceleração. <http://www.ipea.gov.br>, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9241>. Acesso em: 3 maio 2024.

GONÇALVES, João Guilherme Ribeiro. IDENTIFICAÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) TOLERANTES À SECA. 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/468512>. Acesso em: 3 maio 2024.

KHAN, Wajahatullah *et al.* Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. **Journal of Plant Growth Regulation - J PLANT GROWTH REGUL**, 2009.

MASNY, Agnieszka; BASAK, Alina; ŻURAWICZ, Edward. EFFECTS OF FOLIAR APPLICATIONS OF KELPAK SL AND GOËMAR BM 86 PREPARATIONS ON YIELD AND FRUIT QUALITY IN TWO STRAWBERRY CULTIVARS, v. 12, 2013.

MÓGOR, Átila Francisco *et al.* APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATO DE ALGA, ÁCIDO L-GLUTÂMICO E CÁLCIO EM FEIJOEIRO. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 431, 2008.

MORENO, José Alberto. Clima do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 11, p. 49–83, 1961.

PEREIRA, Jacqueline Wanessa De Lima *et al.* Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766–773, 2012.

SENTELHAS, P. C. *et al.* The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8, p. 1394–1411, 2015.

SIGNORELLI, Santiago *et al.* Water stress induces a differential and spatially distributed nitro-oxidative stress response in roots and leaves of *Lotus japonicus*. **Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology**, v. 201–202, p. 137–146, 2013.

SILVA, Cristiano Pereira Da *et al.* Aplicação foliar do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* e do ácido glutâmico no desenvolvimento inicial de crisântemos (*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Kitam.) em vasos. **Ornamental Horticulture**, v. 16, n. 2, 2010. Disponível em: <https://rbho.emnuvens.com.br/rbho/article/view/561>. Acesso em: 3 maio 2024.

SILVA, Tamires de Sousa. Avaliação tóxica e citogenotóxica de bioestimulantes vegetais em *Allium cepa* L. e *Artemia salina* Leach, p. 43, 2010.

SOJA, Embrapa. Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 2000/01. 2000. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/449645>. Acesso em: 3 maio 2024.

STRECK, Nereu Augusto. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v. 35, p. 730–740, 2005.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. In: FISILOGIA VEGETAL. [S. l.: s. n.], 2009. p. 848–848. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/biblio-941258>. Acesso em: 3 maio 2024.

VAN OOSTEN, Michael James *et al.* The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 5, 2017.

ZANON, Alencar; STRECK, Nereu; GRASSINI, Patricio. Climate and Management Factors Influence Soybean Yield Potential in a Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, v. 108, 2016.