

INFLUÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM USO DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO E ESTABELECIMENTO DE SOJA (*GLYCINE MAX*)

[Ciências Agrárias, Volume 28 – Edição 131/FEV 2024 SUMÁRIO / 03/02/2024](#)

INFLUENCE OF INOCULATION WITH NUTRIENT USE ON THE
DEVELOPMENT AND ESTABLISHMENT OF SOYBEAN (*Glycine max*)

REGISTRO DOI: 10.5281/zenodo.10613889

Gabriel Henrique Borges Dias¹

Guilherme Oliveira Rocha²

Orientador: Matheus Fernandes Matos

RESUMO: A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é umas das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo, devido principalmente aos elevados teores de proteína. Contrariamente à maioria das culturas, a soja necessita de pouco suprimento de N via adubação. Isso porque o N é fixado diretamente pelo ar por consequência da relação mutualística entre a planta e principalmente as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, as quais infectam e formam os nódulos nas raízes, que fornecem N às plantas em

troca de carboidratos. Diante disso, objetivou-se avaliar aspectos agronômicos e de produtividade da cultura da soja em função da utilização de inoculantes e co-inoculantes no tratamento de sementes de soja. O experimento foi conduzido na área experimental da CARPEC – Cooperativa Agropecuária de Carmo do Paranaíba, no município do Carmo do Paranaíba, Minas Gerais, durante o período da safra de 2021. No experimento a cultivar de soja escolhida para o tratamento foi o Híbrido RK 7518 IPRO, da KWS e os tratamentos utilizados foram: Tratamento 1 (Controle), tratamento 2 (Bradyrhizobium + Azospirillum) na dosagem de 1 ml de cada fonte por kg de semente, tratamento 3 (Azospirillum) na dosagem 2 ml por kg de semente; tratamento 4 (Boro, Zinco e Molibdênio + extrato de algas) na dosagem de 2 ml de cada fonte por kg de semente. A partir da análise dos resultados foi possível observar que o Tratamento quatro (micronutrientes mais extrato de algas) proporcionou melhores resultados para os parâmetros de comprimento de sistema radicular, comprimento de parte aérea e massa fresca de raiz e parte aérea, mostrando que a aplicação conjunta ocasiona no incremento da produção de hormônios relacionados ao desenvolvimento inicial da cultura da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Micronutrientes, bradyrhizobium, nitrogênio.

ABSTRACT: Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] is one of the most important oilseeds cultivated worldwide, primarily due to its high protein content. Unlike most crops, soybeans require minimal nitrogen (N) supplementation through fertilization. This is attributed to the direct fixation of N from the air, a consequence of the mutualistic relationship between the plant and primarily *Bradyrhizobium* bacteria. These bacteria infect and form nodules on the roots, providing N to the plants in exchange for carbohydrates. The objective of this study was to evaluate agronomic aspects and productivity of soybean crops based on the use of

inoculants and co-inoculants in soybean seed treatments. The experiment was conducted at the experimental area of CARPEC – Agricultural Cooperative of Carmo do Paranaíba, in the municipality of Carmo do Paranaíba, Minas Gerais, during the 2021 crop season. The chosen soybean cultivar for treatment was the Hybrid RK 7518 IPRO from KWS. The treatments included: Treatment 1 (Control), Treatment 2 (Bradyrhizobium + Azospirillum) at a dosage of 1 ml of each source per kg of seed, Treatment 3 (Azospirillum) at a dosage of 2 ml per kg of seed, and Treatment 4 (Boron, Zinc, and Molybdenum + seaweed extract) at a dosage of 2 ml of each source per kg of seed. The analysis of the results revealed that Treatment 4 (micronutrients plus seaweed extract) provided better results for parameters such as root system length, aboveground part length, and fresh mass of root and aboveground parts. This demonstrates that the combined application contributes to the increase in the production of hormones related to the initial development of soybean crops.

KEYWORDS: Micronutrients, Bradyrhizobium, Nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é umas das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo, devido principalmente aos elevados teores de proteína (30-40%), óleo (20%) e alto teto produtivo. De acordo com o 8º Levantamento desta temporada, publicado em 11 de agosto, as boas produtividades alcançadas são responsáveis por uma expectativa de produção de 313,9 milhões de toneladas. Tal perspectiva revela um aumento significativo de 15,2% em relação à safra anterior de 2021/22, o que corresponde a um acréscimo de aproximadamente 41,4 milhões de toneladas³.

Para atingir rendimentos elevados, diversos fatores precisam ser

favoráveis ao desempenho da cultura, como condições edafoclimáticas e o suprimento adequado de nutrientes⁴. O nutriente requerido em maior quantidade para a cultura da soja, é o nitrogênio (N), para produzir uma tonelada de grãos são extraídos 83 kg de N, sendo 65 kg exportados pelos grãos e 15 kg acumulados nas partes vegetativas (folhas, caules e raízes). Este está associado ao metabolismo vegetal, fotossíntese, respiração, crescimento, produção de flores, folhas e grãos⁵.

Contrariamente à maioria das culturas, a soja necessita de pouco suprimento de N via adubação. Isso porque o N é fixado diretamente pelo ar por consequência da relação mutualística entre a planta e principalmente as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, as quais infectam e formam os nódulos nas raízes, que fornecem N às plantas em troca de carboidratos⁶.

Uma alternativa para substituir ou reduzir as adubações nitrogenadas é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Para a fixação biológica de nitrogênio ser uma alternativa viável, essa precisa suprir a demanda de nitrogênio da planta, que é necessária para seu crescimento vegetativo e sua produção⁷.

Dessa forma, a soja é suprida com N através da inoculação das sementes com essas bactérias, o que é uma técnica simples, barata e de elevada eficácia no fornecimento de N₂, a inoculação é a prática de adicionar um produto que contém determinado microrganismo biológico, refletindo em funções benéficas ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Conseqüentemente, evitam-se os altos custos com fertilizantes nitrogenados e os riscos de contaminação do ambiente por nitrato, além de aumentar a competitividade da cultura no cenário globalizado⁸.

Percebeu-se a relevância de estudos sobre tecnologias e manejos eficientes para a cultura da soja a fim de amparar técnicos e demais

profissionais do ramo na tomada de decisão, frente aos seus manejos que envolvem produtos químicos e biológicos com intuito de aumentar o teto produtivo da cultura da soja.. Diante disso, o trabalho se justificou pela necessidade de se definir produtos e doses ideais para a inoculação e co-inoculação de cultivares de soja⁹.

A partir do exposto, percebe-se a relevância de estudos sobre essas tecnologias a fim de amparar técnicos e demais profissionais do ramo na tomada de decisão. Diante disso, objetivou-se avaliar aspectos agronômicos e de produtividade da cultura da soja em função da utilização de inoculantes e co-inoculantes no tratamento de sementes de soja.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Cultura da soja

Segundo Silva, a soja é uma planta que pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (Leguminosae), Subfamília Faboideae (Papilionoideae), gênero Glycine, espécie Glycine max e forma cultivada Glycine max (L.) Merrill. Algumas dessas espécies são originárias de regiões africanas, australianas e da Ásia oriental¹⁰.

O cultivo da soja, segundo relatos, data de 1.100 anos A.C. na China e só por volta do 200 a 300 ano A.C. foi introduzido seu cultivo na Coreia, depois no Japão. Na Europa o cultivo da soja iniciou-se a partir do ano de 1875. Nos Estados Unidos seu cultivo é citado pela primeira vez em 1804, na Pensilvânia. Cabe ressaltar que até o ano de 1941, a soja, nesse país, era utilizada apenas para alimentação animal¹¹.

Devido ao aumento da população mundial, ao uso de soja na produção

de biocombustíveis, tintas, lubrificantes, plásticos e vernizes, aumento gradativo do consumo de soja na alimentação humana, entre outras causas, as perspectivas são de que haverá um aumento da demanda por grãos de soja no futuro¹².

Considerado um dos grãos mais ricos em proteínas (em torno de 40%) e óleo (20%), a soja é uma das plantas mais importantes do mundo na atualidade. Sendo que a variedade cultivada no Brasil possui um teor médio de 38% de proteína e 19% de óleo¹³.

Em relação ao agronegócio mundial, a produção de soja se destaca como uma das atividades econômicas que apresentou um crescimento realmente expressivo. Nesse contexto o Brasil se destaca, pois possui uma participação significativa na oferta e na demanda de produtos relacionados à produção de soja.

A soja é considerada uma das principais commodities brasileiras. Sua produção tem diversos fins, como por exemplo: alimentação humana, alimentação animal e também para a produção de óleo como fonte de matéria prima para bens de consumo como cozinha, medicamentos e biodiesel. Existe um crescente aumento populacional que vem da necessidade à otimização na produção agrícola, e como consequência e causa, vêm novas tecnologias e estudos para aumentar a produtividade das atividades agrícolas¹⁴.

2.2 Inoculação

Como forma de diminuir os gastos com adubos nitrogenados para a produção da soja se realiza a prática de inoculação das sementes com bactérias que realizam a fixação simbiótica do nitrogênio, sendo a simbiose estabelecida no sistema radicular da cultura, captando o nutriente do ar e fixando o mesmo no solo, sendo esta a maior fonte do

nutriente para a cultura. O gênero mais utilizado para esta fixação é o *Bradyrhizobium*¹⁵.

A inoculação com o uso de *Azospirillum brasilense* tem como objetivo a produção de fitormônios que estimulam o crescimento das raízes, facilitando o aproveitamento dos nutrientes e de recursos hídricos pelas plantas. O maior crescimento das raízes leva a uma maior nodulação por meio do *Bradyrhizobium japonicum*, e por consequência uma maior fixação biológica do nitrogênio. Nas gramíneas o *A. brasilense* apresenta crescimento endofítico, dentro dos tecidos das plantas, em gramíneas e associativo em leguminosas, já o crescimento do *B. japonicum* é endofítico na cultura da soja¹⁶.

2.2.1 *Bradyrhizobium*

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um dos pilares de sustentabilidade do sistema de produção de soja no Brasil e resulta em grandes benefícios para o produtor e para o meio ambiente, por dispensar o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura, aumentando a competitividade do produto no mercado externo com menor impacto ambiental. Esse processo se dá pela simbiose entre bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e as plantas de soja, formando os nódulos radiculares, nos quais as bactérias se abrigam e recebem proteção, nutrientes e fontes de energia da planta hospedeira. Em troca, capturam o nitrogênio atmosférico (N₂) e, pela ação da enzima nitrogenase sintetizada pela bactéria, o reduzem a amônia que, na sequência, é transformada em compostos nitrogenados exportados para a planta¹⁷.

O emprego de estirpes elite de *Bradyrhizobium* nos inoculantes, que foram selecionadas pela pesquisa ao longo de décadas, assegura o suprimento do N necessário para a cultura, mesmo em altos níveis de produtividade. Cabe salientar a grande exigência da soja por N, mais de

80 kg do nutriente para cada tonelada de grãos produzidos¹⁸.

2.2.2 *Azospirillum brasilense*

No que diz respeito a utilização de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCPs), o gênero *Azospirillum* se destaca como um dos mais importantes, formado por bactérias fixadoras de Nitrogênio (N) atmosférico, como é o caso da espécie *Azospirillum brasilense* Ab-V5, amplamente utilizadas em aplicações via foliar, sulco de plantio e principalmente em tratamento de sementes. Em diversas culturas sua aplicação tem se tornado uma opção viável para diminuir o custo de produção além de diminuir o impacto ambiental dos cultivos e auxiliar nos incrementos de produtividade¹⁹.

Com os recentes resultados de pesquisas indicando melhorias nos parâmetros agronômicos da cultura do milho, e a inexistência de trabalhos com a cultura da soja, há perspectivas de que a aplicação de produtos à base de *Azospirillum* possam também contribuir para incremento na produtividade e/ou redução de custos de produção desta cultura.

Baseado no exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes cultivares de soja e da aplicação de *Azospirillum* via foliar sobre a altura de plantas, número de vagens por planta, massa de mil sementes e produtividade de grãos.

2.3 Micronutrientes

Os micronutrientes são de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas sendo considerados elementos essenciais, ou seja, atendem os três critérios de essencialidade. Segundo Seixas, para ser considerado essencial o elemento deve participar de algum composto

ou de alguma reação, não pode ser substituído por outro e na sua ausência a planta não completa seu ciclo de produção²⁰.

A deficiência de um micronutriente nas plantas pode desorganizar os processos metabólicos e causar a deficiência de um macronutriente. A baixa fertilidade de alguns solos, a maior remoção de nutrientes pelas colheitas e o uso crescente de calcário e adubos fosfatados são fatores que contribuem para a menor solubilização de alguns micronutrientes. Assim, por muitas vezes, têm ocorrido deficiências de micronutrientes em várias culturas²¹.

2.4 Hormônios vegetais

Os hormônios vegetais são definidos como compostos orgânicos produzidos pela própria planta que, em concentrações baixas, promove, inibe ou modifica os processos fisiológicos vegetais. Efeitos hormonais são independentes do seu valor energético ou do seu conteúdo em elementos essenciais. Os grupos hormonais conhecidos são: auxinas (Ax); giberelinas (GA); citocininas (CK); etileno (Et); ácido abscísico (ABA); brassinosteróides (BR); jasmonatos (JA) e os salicilatos (SA). Dentre os principais hormônios constituintes dos bioestimulantes comerciais estão as auxinas, giberelinas e citocininas²².

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em fazenda particular, no município do São Gotardo, Minas Gerais, no período de março a junho de 2023. No presente estudo foi avaliado diferentes inoculantes e co-inoculantes em detrimento ao desenvolvimento morfológico de plantas de soja

O solo utilizado foi classificado como latossolo-vermelho eutrófico, o solo não possuirá manejos antecessores de biológicos, o conteúdo de água no

solo foi mantido próximo da capacidade de campo, não permitindo estresse hídrico durante o período de experimento, as irrigações foram realizadas no intervalo de um dia, sendo observado a umidade do solo antes de realizar a mesma.

No experimento a cultivar de soja escolhida para o tratamento foi o Híbrido RK 7518 IPRO, da KWS e os tratamentos utilizados foram: Tratamento 1 (Controle), tratamento 2 (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) na dosagem de 1 ml de cada fonte por kg de semente, tratamento 3 (*Azospirillum*) na dosagem 2 ml por kg de semente; tratamento 4 (Boro, Zinco e Molibdênio + extrato de algas) na dosagem de 2 ml de cada fonte por kg de semente. Os tratamentos foram separados em terraços de 1,5m para evitar interferência de um tratamento sob o outro.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos no experimento conduzido em São Gotardo – MG, 2023.

Tratamentos	Descrição	Dose (ml/ kg sementes)
T1	Controle	–
T2	<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	1
T3	<i>Azospirillum</i>	2
T4	Boro, Zinco e Molibdênio + extrato de algas	2

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A parcela experimental teve 10 linhas de plantio por 5 metros de comprimento, e foi utilizado de área útil 6 linhas com 3 metros de comprimento, aos 65 dias após a semeadura da soja foram realizadas as avaliações de altura de parte aérea, com o auxílio de régua graduada, foram avaliados ainda, o diâmetro médio do sistema radicular com paquímetro digital.

Para realização do plantio foi realizado a adubação de base com o formulado 08-30-20 na dosagem de 400kg.ha, não foi realizado cobertura na condução do ensaio.

Aos 65 dias foram avaliadas a morfologia do sistema de parte aérea, as plantas serão retiradas do solo e colocadas sob bancadas, as folhas por sua vez foram submetidas ao processo de avaliação morfológica, utilizando régua graduada para mensurar o tamanho final de cada tratamento. O material foi então, pesado em balança de bancada de precisão, para aferição de massa de matéria fresca. O procedimento para secagem foi realizado em estufa, sendo secada por 48 horas a uma temperatura de 72°C.

A inoculação foi realizada via micron, no momento do plantio, sendo aplicado os inoculantes diretamente no sulco, para que assim se obtenha maior eficiência. O solo foi coletado na área experimental, com a ajuda de uma pá, contemplando o volume de solo ocupado pelo sistema radicular da soja, onde foram coletadas 4 plantas parcela⁻¹ para obtenção da média, na fase de desenvolvimento R2 (florescimento). Após a separação e lavagem do sistema radicular, o número de nódulos foi determinado por meio da contagem de nódulos presentes nas raízes das plantas da soja.”

O experimento foi conduzido em DBC (Delineamento em blocos casualizados), com cinco repetições (n = 5). O modelo matemático utilizado será: $\hat{y}_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$, onde: \hat{y}_{ij} é o efeito do tratamento i na

repetição j , μ é a constante associada a todas as observações; t_i = o efeito do tratamento, com $i = 1, 2, 3$ e 4 ; e e_{ij} corresponde ao erro experimental associado a Y , independente, que por hipótese, apresenta distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

As médias foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e posteriormente as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de comparação múltipla pelo teste Tukey e, diferenças em $p < 0,05$ foram consideradas significativas. Havendo necessidade de transformação, os mesmos serão submetidas à transformação em \sqrt{x} . Para as análises dos dados foi utilizado o software estatístico SISVAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variação da aplicação de inoculantes, extrato de algas, e micronutrientes apresentaram resultados significativas para os parâmetros avaliados (comprimento radicular, altura de parte aérea, massa fresca sistema do radicular e massa fresca da parte aérea), quando submetidos a tuckey ao nível de 5% (TABELA 2 A 5).

Tabela 2. Médias variáveis em comprimento radicular (cm) de soja cultivado com diferentes fontes de inoculantes, extrato de algas e micronutrientes. Carmo do Paranaíba, 2022.

Descrição dos tratamentos	Comprimento sistema radicular (cm)
T1 – Controle	47,30c
T2 – <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	49,53c

T3 – <i>Azospirillum</i>	55,60b
T4 – Micronutrientes + extrato de algas	58,00a

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

A análise do parâmetro relativo ao comprimento do sistema radicular revelou que o tratamento empregando micronutrientes em conjunção com extrato de algas (Tratamento 4) ostentou resultados substancialmente superiores. Essa constatação encontra fundamentação na interação sinérgica entre o zinco e o extrato de algas, conforme elucidado pela obra de Hungria²³. A aplicação combinada desses elementos exerce uma influência notável na indução de processos hormonais cruciais para o estímulo do crescimento do sistema radicular²⁴.

Especificamente, a participação do zinco assume importância significativa na cascata metabólica relacionada à biossíntese do triptofano. O triptofano, por sua vez, desempenha o papel de precursor do hormônio auxina, reconhecido como um fator determinante nos resultados observados. A habilidade do zinco em modular a produção dessa substância chave, associada à ação do extrato de algas, potencializa os efeitos benéficos no desenvolvimento do sistema radicular²⁵.

Esse fenômeno pode ser explicado pela capacidade do zinco em atuar como cofator em enzimas envolvidas na via de síntese do triptofano, conferindo-lhe um papel essencial nesse contexto. Além disso, a presença do extrato de algas parece desempenhar um papel modulador adicional, possivelmente facilitando a absorção ou potencializando a atividade do

zinco no contexto do crescimento radicular²⁶.

Dessa forma, a otimização do tratamento (Tratamento 4) em relação ao comprimento do sistema radicular emerge como resultado de uma interação complexa e sinérgica entre micronutrientes, notadamente o zinco, e o extrato de algas, influenciando positivamente os processos hormonais e metabólicos associados ao crescimento radicular. Essas descobertas fornecem insights valiosos para estratégias agronômicas visando a maximização do desenvolvimento radicular e, por extensão, o aprimoramento do desempenho global da cultura estudada²⁷.

Tabela 3. Médias variáveis em altura de parte aérea (cm) de soja cultivado com diferentes fontes de inoculantes, extrato de algas e micronutrientes. Carmo do Paranaíba, 2022.

Descrição dos tratamentos	Altura parte aérea (cm)
T1 – Controle	43,50c
T2 – <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	44,80c
T3 – <i>Azospirillum</i>	52,00b
T4 – Micronutrientes + extrato de algas	62,35a

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

Na Tabela 2, observou-se que o Tratamento 4 (micronutrientes + extrato de algas) demonstrou um comportamento semelhante no que diz

respeito ao parâmetro de altura da parte aérea. Esta semelhança pode ser atribuída à eficiência de uso de nutrientes, conforme discutido por Martins. A eficiência de uso de nutrientes pode ser expressa pela relação entre a massa seca produzida por unidade de nutriente absorvida. A avaliação da eficiência de uso de nutrientes na produção de comprimento da parte aérea permite identificar resultados mais eficientes na utilização de nutrientes menos disponíveis no solo²⁸.

Neste contexto, no Tratamento 4, a presença do zinco associada ao efeito enraizador do extrato de algas parece ter proporcionado taxas superiores de absorção de água e nutrientes²⁹. Essa sinergia contribuiu para que o Tratamento 4 se destacasse em relação aos demais. A capacidade do zinco em modular processos relacionados à absorção de nutrientes, aliada ao efeito enraizador do extrato de algas, pode ter influenciado positivamente a disponibilidade e a absorção eficiente de nutrientes essenciais para o crescimento da parte aérea³⁰.

Dessa forma, a similaridade observada no desempenho do Tratamento 4 em relação à altura da parte aérea pode ser explicada pela otimização da eficiência de uso de nutrientes, destacando-se especialmente na absorção de nutrientes menos abundantes no solo. Esses achados reforçam a relevância do papel do zinco e do extrato de algas na promoção do crescimento vegetal e indicam possíveis estratégias para aprimorar a eficiência nutricional em contextos agrônômicos³¹.

Tabela 4. Médias variáveis em massa fresca parte aérea (g) de soja cultivado com diferentes fontes de inoculantes, extrato de algas e micronutrientes. Carmo do Paranaíba, 2022.

Descrição dos tratamentos	Massa fresca parte aérea (g)
---------------------------	------------------------------

T1 – Controle	21,60c
T2 – <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	32,20c
T3 – <i>Azospirillum</i>	43,80b
T4 – Micronutrientes + extrato de algas	60,80a

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

A similaridade nos resultados da massa de matéria fresca da parte aérea em relação aos demais tratamentos pode ser atribuída à maior produção do hormônio vegetal auxina. A auxina desempenha um papel crucial na promoção da expansão celular e turgescência celular. De acordo com Long, a associação dos dois substratos no Tratamento 4 pode ter desencadeado uma maior produção desse hormônio pela planta. A auxina não apenas estimula o crescimento radicular, mas também desempenha um papel central na regulação do desenvolvimento geral da planta³².

A correlação entre um sistema radicular bem desenvolvido e estabelecido e a produção estimulada do hormônio citocinina é destacada por Long. O crescimento robusto do sistema radicular, como possivelmente induzido pelo Tratamento 4, pode resultar em um aumento na produção do hormônio citocinina. Este último, por sua vez, está diretamente associado ao crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta³³.

O equilíbrio hormonal entre auxina e citocinina, favorecido pela influência

combinada dos micronutrientes e do extrato de algas, parece ter desencadeado efeitos positivos no desenvolvimento global da planta. Essa regulação hormonal coordenada pode ter contribuído para a otimização do crescimento, tanto radicular quanto da parte aérea, resultando em um desenvolvimento vegetal mais vigoroso³⁴.

Assim, a compreensão desses mecanismos hormonais proporciona uma visão mais aprofundada sobre os efeitos observados no parâmetro de massa de matéria fresca da parte aérea, destacando a importância da interação entre micronutrientes e extratos vegetais na modulação de processos hormonais fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas³⁵.

Tabela 5. Médias variáveis em massa fresca sistema radicular (g) de soja cultivado com diferentes fontes de inoculantes, extrato de algas e micronutrientes. Carmo do Paranaíba, 2022.

Descrição dos tratamentos	Massa fresca sistema radicular (g)
T1 – Controle	22,80d
T2 – <i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	36,20c
T3 – <i>Azospirillum</i>	44,80b
T4 – Micronutrientes + extrato de algas	54,20a

Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças estatísticas significativas conforme o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$).

O impacto positivo do Tratamento 4 na massa de matéria fresca da raiz ressalta a significativa influência das concentrações hormonais e nutricionais, particularmente do boro e do zinco, na síntese desses hormônios. Esses elementos estão diretamente associados ao estímulo do crescimento radicular, destacando-se a colaboração crucial entre o zinco e a auxina na expansão celular do sistema radicular³⁶.

A atuação conjunta do zinco e da auxina se revela como um fator determinante para o aumento do crescimento radicular. A participação do zinco, conhecido por desempenhar funções essenciais na biossíntese de substâncias precursoras, como o triptofano, contribui para a produção da auxina. Essa última, por sua vez, desempenha um papel fundamental na promoção da expansão celular no sistema radicular³⁷.

A correlação entre as concentrações otimizadas de zinco, auxina e o incremento na massa de matéria fresca da raiz evidencia a importância da interação entre nutrientes e hormônios no desenvolvimento radicular. A capacidade do zinco em modular a síntese de auxina, potencializada pelo ambiente propício proporcionado pelo extrato de algas no Tratamento 4, resulta em um sistema radicular mais robusto e eficiente na absorção de água e nutrientes³⁸.

Assim, os efeitos positivos observados na massa de matéria fresca da raiz sob o Tratamento 4 reforçam a compreensão da interdependência entre os micronutrientes, hormônios vegetais e a promoção do crescimento radicular. Estas descobertas oferecem insights valiosos para estratégias agronômicas direcionadas ao aprimoramento da produtividade vegetal, evidenciando a importância de considerar a interação complexa entre nutrientes e hormônios no manejo nutricional das plantas³⁹.

5 CONCLUSÃO

O Tratamento quatro (micronutrientes mais extrato de algas) proporcionou melhores resultados para os parâmetros de comprimento de sistema radicular, comprimento de parte aérea e massa fresca de raiz e parte aérea, mostrando que a aplicação conjunta ocasiona no incremento da produção de hormônios relacionados ao desenvolvimento inicial da cultura da soja.

Uma limitação deste estudo é em detrimento aos custos de aplicação, faz-se necessário realizar um estudo de viabilidade econômica para entender o incremento de produtividade em detrimento ao custo de aplicação do tratamento que ocasionou maior eficiência no desenvolvimento morfo-fisiológico.

³CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Com boa produtividade, safra de grãos 2022/23 é estimada em 313,9 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimasnoticias/4997-com-boa-produtividade-safra-de-graos-2022-23-e-estimada-em-313-9-milhoes-detoneladas>. Acesso em: 30/06/2023

⁴OLIVEIRA, E. C. et al. Fertilizante Organomineral no Desempenho Agrônomo e Produtividade do Feijão Aplicado no Sulco de Plantio. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC. Anais...2016 29 ago. a 1 set. 2016–Foz do Iguaçu/Pr. Brasil. 2016. ⁵

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasil 2015/16 a 2025/26 Projeções de Longo Prazo. 7.ed. An ⁵MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasil 2015/16 a 2025/26 Projeções de Longo Prazo. 7.ed. Ano 2016. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads /Proj_Agronegocio2016.pdf.o 2016.

⁶MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

⁷MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; CECAGNO, D.; REICHERT, J. M.; CARVALHO, P. C. D. F. Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 8, p. 978-989, 2016.

⁸TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre. 820 p

⁹TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – *Fisiologia vegetal*. Artmed, Porto Alegre. 820 p

¹⁰COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB.

Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.8 – safra 2020/21, nº6. Sexto levantamento. Março 2021.

¹¹SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

¹²SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

¹³SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

¹⁴THOMAS, Gerald et al. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: *SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos*. Porto Alegre, p.113-126, 2010.

¹⁵THOMAS, Gerald et al. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: *SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos*. Porto Alegre, p.113-126, 2010.

¹⁶HUNGRIA, M. Rizóbios e *Azospirillum* em Soja e Feijoeiro. Embrapa Soja, 2014.

¹⁷HUNGRIA, M. Rizóbios e *Azospirillum* em Soja e Feijoeiro. Embrapa Soja, 2014.

¹⁸SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.;

KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

¹⁹SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.;

KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

²⁰SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.;

KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. Tecnologias de produção de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

²¹MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

²²TAIZ, Lincoln et al. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 6º ed., Porto Alegre: Artemed, 2016, p.360.

²³HUNGRIA, M. Rizóbios e Azospirillum em Soja e Feijoeiro. Embrapa Soja, 2014.

²⁴MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; CECAGNO, D.; REICHERT, J. M.; CARVALHO, P. C. D. F. Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 8, p. 978-989, 2016.

²⁵TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – Fisiologia vegetal. Artemed, Porto Alegre. 820 p

²⁶TAIZ, Lincoln et al. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 6º ed., Porto Alegre: Artemed, 2016, p.360.

²⁷MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

²⁸MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; CECAGNO, D.; REICHERT, J. M.; CARVALHO, P. C. D. F. Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 8, p. 978-989, 2016.

²⁹MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

³⁰LONG, E. The importance of biostimulants in turfgrass management. Disponível em://www.golfenviro.com/alticle%archive/biostimulants-roots.html. acesso em 03 jun de 2023.

³¹BRANDELERO, Eloir et al. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.

³²MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p. ³³THOMAS, Gerald et al. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre, p.113-126, 2010.

³⁴THOMAS, Gerald et al. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre, p.113-126, 2010.

³⁵MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 251 p.

³⁶VASCONCELOS, A. C. P. Bioestimulantes contendo silício e micronutrientes aplicados via foliar em arroz de sequeiro. 120 f. Dissertacao (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

³⁷TAIZ, Lincoln et al. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 6º ed., Porto Alegre: Artemed, 2016, p.360.

³⁸TAIZ, Lincoln et al. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 6º ed., Porto Alegre: Artemed, 2016, p.360.

³⁹TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – Fisiologia vegetal. Artmed, Porto Alegre. 820 p

REFERÊNCIAS

BRANDELERO, Eloir et al. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p.

581-588, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB.

Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.8 – safra 2020/21, nº6.

Sexto levantamento. Março 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Com boa produtividade, safra de grãos 2022/23 é estimada em 313,9 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4997-com-boa-productividade-safra-de-graos-2022-23-e-estimada-em-313-9-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 30/06/2023

HUNGRIA, M. Rizóbios e Azospirillum em Soja e Feijoeiro. **Embrapa Soja**, 2014.

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management.**

Disponível em://www.golfenviro.com/article%archive/biostimulants-roots.html. acesso em 03 jun de 2023.

MALAVOLTA, E. (2006) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Editora Agronômica Ceres**, 251 p.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio Brasil 2015/16 a 2025/26 Projeções de Longo Prazo. 7.ed. Ano 2016. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads /Proj_Agronegocio2016.pdf.

MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. D. A.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; CECAGNO, D.; REICHERT, J. M.; CARVALHO, P. C. D. F. **Soil moisture and soybean physiology affected by drought in an integrated crop-livestock system.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 8, p. 978-989, 2016.

OLIVEIRA, E. C. et al. Fertilizante Organomineral no Desempenho Agronômico e Produtividade do Feijão Aplicado no Sulco de Plantio. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC. Anais...2016 29 ago. a 1 set. 2016–Foz do Iguaçu/Pr. Brasil. 2016.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F.

C.; LEITE, R. M. V. B. de C. **Tecnologias de produção de soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Junho, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – Fisiologia vegetal. **Artmed**, Porto Alegre. 820 p.

TAIZ, Lincoln et al. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 6° ed., Porto Alegre: **Artemed**, 2016, p.360.

VASCONCELOS, A. C. P. Bioestimulantes contendo silício e micronutrientes aplicados via foliar em arroz de sequeiro. 120 f. Dissertacao (Mestrado em Fitotecnia) – **Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2016.

¹Graduando do curso de Agronomia pelo centro de ensino superior de São
Gotardo
gabrielhenriqueborgesdias2023@hotmail.com

²Graduando do curso de Agronomia pelo centro de ensino superior de
São Gotardo
guilhermerochoaliveira2023@hotmail.com

[← Post anterior](#)

[Post seguinte →](#)

RevistaFT

A RevistaFT têm 28 anos. É uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis “B2”**.

Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#).



Contato

Queremos te ouvir.

WhatsApp RJ:

(21) 98159-7352
ou 98275-4439

WhatsApp SP:

(11) 98597-3405

e-Mail:

contato@revistaf
t.com.br

ISSN: 1678-0817

CNPJ:

48.728.404/0001-
22

**FI= 5.397 (muito
alto)**

Fator de impacto é um método bibliométrico para avaliar a importância de periódicos científicos em suas respectivas áreas. Uma medida que

Conselho Editorial

Editores

Fundadores:

Dr. Oston de
Lacerda Mendes.

Dr. João Marcelo
Gigliotti.

Editor

Científico:

Dr. Oston de
Lacerda Mendes

Orientadoras:

Dra. Hevellyn
Andrade
Monteiro

Dra. Chimene
Kuhn Nobre

Revisores:

Lista atualizada
periodicamente
em

revistaft.com.br/expressediente Venha

fazer parte de
nosso time de
revisores

reflete o número também!
médio de
citações de
artigos
científicos
publicados em
determinado
periódico, criado
por Eugene
Garfield, em que
os de maior FI
são considerados
mais
importantes.

Copyright © Revista ft Ltda. 1996 -
2024

Rua José Linhares, 134 - Leblon | Rio
de Janeiro-RJ | Brasil