

**SINERGISMO DE NÍQUEL E MELATONINA NA BIOMASSA DE PLANTAS  
DE SOJA CULTIVADA EM SOLOS ARENOSOS SOB ESTRESSE POR  
DÉFICIT HÍDRICO.**

Bruna Oliveira Reinheimer Spolaor<sup>1</sup>, Daniele Silva Sukert<sup>1</sup>, Héliida Regina Sala<sup>1</sup>, Tais Costa Pinto<sup>1</sup>, Bruno Felipe Picoli de Oliveira<sup>1</sup>, Thainá Ferreira Moraes do Nascimento<sup>2</sup>, Mariane Aleixo da Silva<sup>2</sup>, Luís Fernando de Paiva Lourenção<sup>2</sup>, Diogo Totti Silva<sup>2</sup>, Tainá Costa Pinto<sup>2</sup>, Bruna Wurr Rodak e Adriana Lima Moro<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Pós-graduando – Programa de Pós-Graduação de Agronomia - Universidade do Oeste Paulista  
([brunaspolaor@hotmail.com](mailto:brunaspolaor@hotmail.com); [danielesukert@hotmail.com](mailto:danielesukert@hotmail.com); [helidahrs@hotmail.com](mailto:helidahrs@hotmail.com);  
[taiscp99@gmail.com](mailto:taiscp99@gmail.com); [brunpicoli2008@hotmail.com](mailto:brunpicoli2008@hotmail.com) )

<sup>2</sup> Graduando - Universidade do Oeste Paulista

([thainan253@gmail.com](mailto:thainan253@gmail.com); [marianealeixo7@gmail.com](mailto:marianealeixo7@gmail.com); [lfpl1000@gmail.com](mailto:lfpl1000@gmail.com);  
[diogototti.2005@gmail.com](mailto:diogototti.2005@gmail.com); [tainacostapinto04@gmail.com](mailto:tainacostapinto04@gmail.com))

<sup>3</sup> Docente – Programa de Pós-Graduação de Agronomia - Universidade do Oeste Paulista  
([adrianamoro@unoeste.br](mailto:adrianamoro@unoeste.br) )

**PROBLEMÁTICA**

A sustentabilidade agrícola é crucial devido ao aumento populacional e à escassez de recursos naturais. Diante das mudanças climáticas e da limitação de novas áreas de cultivo, o setor agrícola busca alternativas tecnológicas para garantir a produção em solos arenosos e condições climáticas instáveis. O déficit hídrico, intensificado pelas mudanças climáticas, impacta fortemente culturas como a soja, que dependem de chuvas e água armazenada no solo. O estresse por déficit hídrico é especialmente prejudicial para a cultura da soja, que é sensível a essas condições (Jogawat et al., 2021).

A soja, originária da China, é uma leguminosa essencial para a economia global, com alto teor de proteína (40%). O Brasil é o maior produtor mundial, representando 42% da produção global. O manejo de nutrientes, especialmente o nitrogênio (N), é crucial para a sustentabilidade do cultivo, especialmente em solos arenosos tropicais (Cordeiro et al., 2022). A fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por rizóbios, é uma estratégia eficiente adotada no Brasil para suprir a demanda de N sem fertilizantes químicos. Contudo, a FBN enfrenta desafios em solos com déficit hídrico, com resultados negativos sobre a nodulação e o rendimento da cultura.

Nesse contexto, se faz necessário estudos sobre o uso de novas tecnologias de produção que contribuam para a sustentabilidade agrícola, como, por exemplo a utilização de biomoléculas como a Melatonina (MEL) e a emergente fertilização com o micronutriente níquel (Ni).

## CONHECIMENTO PRÉVIO

Os biorreguladores vegetais são moléculas naturais ou sintéticas que demonstram a capacidade de influenciar positivamente o crescimento e desenvolvimento das plantas quando aplicados. A MEL é um biorregulador vegetal que tem se destacado em estudos recentes, mostrando benefícios para o cultivo de diversas espécies vegetais, incluindo a soja (Erland et al., 2019; Oliveira-Spoloar et al., 2022). Esse biorregulador tem efeitos positivos na mitigação de estresses por desempenhar papel na regulação do crescimento. Recentes estudos de He et al. (2023) relatam efeitos benéficos do uso exógeno de MEL no metabolismo de nitrogênio (N), através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

O Ni foi o último elemento a ser reconhecido como micronutriente para as plantas, desempenhando funções benéficas no metabolismo de N quando suplementado em doses adequadas (Eskew et al., 1984 e Eskew et al., 1983). Esse micronutriente compõe e regula o sítio ativo da enzima urease, que hidrolisa a ureia em duas moléculas de amônia e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), desempenhando função direta no metabolismo de N, bem como cofator catalítico enzimático da glioxalase (González-Guerrero et al., 2014). Abd et al. (2022) demonstraram que a fertilização emergente de Ni em doses agronômicas promove a tolerância das plantas sob estresse abiótico.

Alguns estudos abordam a importante ação da junção de biorreguladores vegetais e micronutrientes em plantas, todavia, poucos estudos abordam essa junção para efeito de mitigação de estresses bióticos ou abióticos. Segundo nosso melhor conhecimento, até o presente momento não há estudo que reporte a eficácia do uso combinado de MEL e Ni. Assim, nesta a pesquisa propusemos um estudo inédito sobre aplicação exógena de MEL e Ni em plantas de soja sob condição de estresse por déficit hídrico.

## DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação, nas dependências do Centro de Estudos em Ecofisiologia Vegetal do Oeste Paulista- CEVOP, na UNOESTE, em Presidente Prudente- SP. Para investigar o efeito da MEL e do Ni em plantas de soja cultivadas em solo arenoso sob déficit hídrico foram testados os seguintes tratamentos: 1) Controle - Sem aplicação de MEL e Ni; 2) Com aplicação exógena de MEL; 3) Com aplicação de Ni; e 4) Com aplicação exógena combinada de MEL e Ni, sob dois regimes hídricos – sem e com suspensão hídrica. Portanto, o experimento consistiu em um fatorial duplo, com arranjo 4 x 2 (4 formas de aplicação de MEL/Ni x 2 regimes hídricos), totalizando oito tratamentos, que foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições (80 parcelas experimentais).

O cultivar de soja TMG 2158 foi cultivado em vasos (8 L) preenchidos com solo de classe textural arenosa e com baixos teores disponíveis de Ni. Antes da semeadura, foi realizada a correção do pH do solo e adubação. A inoculação de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> via tratamento de sementes foi realizada com espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* (estirpes, Semia 5019 e Semia 5079).

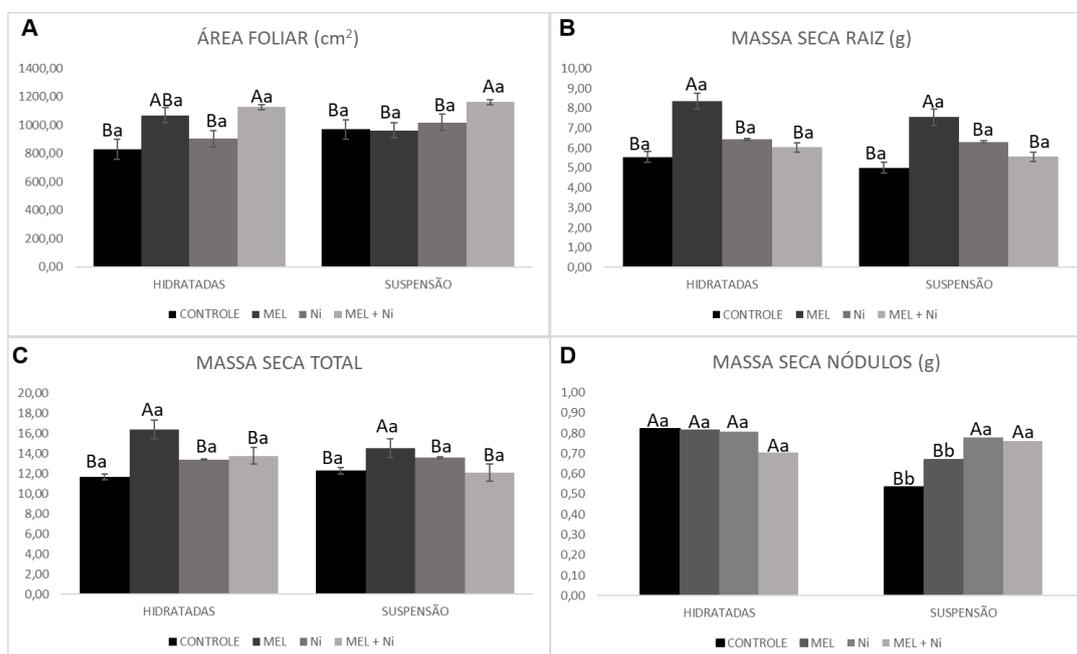
A MEL e o Ni foram fornecidos via tratamento de sementes e pulverização foliar. O fornecimento de MEL nas sementes foi realizado por meio de embebição em solução de 10  $\mu\text{M}$  por 24 h (Spolaor-Oliveira et al., 2022) e, no estágio fenológico V4 – terceiro trifólio completamente expandido (Fehr, Caviness, 1977), a pulverização foliar foi realizada com solução de 100  $\mu\text{M}$  de MEL (Kaya et al., 2023). Para o fornecimento de Ni, no momento da semeadura, após embebição das sementes em MEL, uma solução na dose de 45 mg de Ni  $\text{kg}^{-1}$  foi aplicada sobre a superfície das sementes (Lavres et al., 2016). Em V4, concomitantemente com a aplicação da MEL, a pulverização foliar da solução de Ni na dose 20 g  $\text{ha}^{-1}$  foi realizada (Barcelos et al., 2017). As fontes usadas para o fornecimento de MEL e Ni foram Melatonina Sigma-Aldrich (C<sub>13</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e sulfato de níquel (NiSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O), e, respectivamente.

Após a aplicação dos tratamentos via foliar, foi iniciada a suspensão hídrica nos tratamentos sob condição de estresse hídrico. Após 24 h foram iniciadas medições pontuais de trocas gasosas com monitoramento do potencial hídrico até atingir o valor de -1,0 MPa. Em seguida, as plantas foram reidratadas até o solo atingir a capacidade de campo, realizando-se o monitoramento das mesmas até que atingissem o potencial hídrico próximo a 0,3 MPa.,

As avaliações e coleta das amostras foram realizadas em R2 (florescimento pleno). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar.

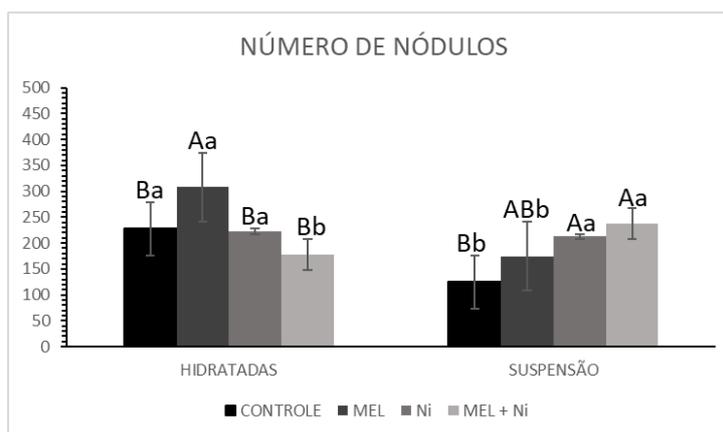
## **RESULTADOS**

Foram avaliados parâmetros biométricos e de biomassa 56 dias após emergência (DAP), em R2. A área foliar, aumentou em plantas tratadas com MEL+Ni, em ambas condições hídricas (Figura 1A). As massas secas de raiz e massa seca total de plantas tratadas com MEL aumentaram, em ambas as condições de regime hídrico (Figura 1B-C), também houve aumento de massa seca da raiz (Figura 1B) em suspensão hídrica. A massa seca dos nódulos aumentou nas plantas tratadas com Ni e MEL+Ni, na condição de suspensão hídrica (Figura 1D).



**Figura 1.** Área foliar (AF) (A), massa seca de caule (MSC) (B), massa seca de raiz (MSR) (C), massa seca nódulos (D), em plantas de soja hidratadas e submetidas a regime de suspensão hídrica, 56 DAE. Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os tratamentos na mesma condição hídrica. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa entre as condições hídricas dentro do mesmo tratamento.

Os tratamentos MEL+Ni, seguido por Ni e MEL, aumentaram o número de nódulos radiculares de plantas submetidas ao regime de suspensão hídrica (Figura 2).



**Figura 2.** Número de nódulos em plantas de soja hidratadas e submetidas a regime de suspensão hídrica, 56 DAE. Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa ( $p < 0.05$ ) entre os tratamentos na mesma condição hídrica. Letras minúsculas diferentes representam diferença significativa entre as condições hídricas dentro do mesmo tratamento.

## APLICAÇÃO PRÁTICA

O uso isolado e combinado de melatonina e níquel pode promover aumento na biomassa e nodulação da soja, em ambientes diversos. Frente ao cenário de estresse por déficit hídrico, estes compostos podem auxiliar na mitigação dos efeitos adversos.

## LITERATURA CITADA

EL-SAMAD, A.B.D et al. Effect of zinc and nickel treatments on improvement of the osmotic defense system of wheat plant under salinity stress. **Acta Agrobotanica**, v. 75, n. 1, 2022.

CORDEIRO, C. F. S.; ECHER, F. R.. Interactive effects of nitrogen-fixing bacteria inoculation and nitrogen fertilization on soybean yield in unfavorable edaphoclimatic environments. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 15606, 2019.

ERLAND, L.A.; SAXENA, P.K.; MURCH, S.J. Melatonin in plant signalling and behaviour. **Functional Plant Biology**, v. 45, n. 2, p. 58-69, 2019.

ESKEW D.L., WELCH R.M., CARY E.E. Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. **Science** v.222, p.621–623, 1983.

ESKEW D.L., WELCH R.M., NORVELL W.A. Nickel in higher plants: further evidence for an essential role. **Plant Physiology**, v. 76, n. (3), p.691–693, 1984.

GONZÁLEZ-GUERRERO, MANUEL, et al. Fixating on metals: new insights into the role of metals in nodulation and symbiotic nitrogen fixation. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 77003, 2014.

JOGAWAT, A. et al. Crosstalk between phytohormones and secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: a review. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1106-1132, 2021.

OLIVEIRA-SPOLAOR, B. et al. Exogenous MELatonin induces tolerance to drought stress damage in seedlings and soybean plants. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 82, n. 4, p. 515-526, 2022.