

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo deste documento será
disponibilizado a partir de
04/02/2026.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

NELSON CÂMARA DE SOUZA JÚNIOR

**PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DA PRESENÇA OU
AUSÊNCIA DE MAGNÉSIO FOLIAR E RIZOBACTÉRIAS
PROMOTORAS DE CRESCIMENTO PARA MITIGAÇÃO DO
ESTRESSE TÉRMICO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Ilha Solteira - SP

2025

NELSON CÂMARA DE SOUZA JÚNIOR

**PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DA PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE
MAGNÉSIO FOLIAR E RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
PARA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Sistemas de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Andreotti

Coorientadora: Prof. Dr^a. Liliane Santos de Camargos

Ilha Solteira - SP

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729p Souza Júnior, Nelson Câmara de.
Produtividade da soja em função da presença ou ausência de magnésio foliar e rizobactérias promotoras de crescimento para mitigação do estresse térmico em condições de campo / Nelson Câmara de Souza Júnior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
62 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2025

Orientador: Marcelo Andreotti
Co-orientador: Liliane Santos de Camargos
Inclui bibliografia

1. *Bacillus subtilis*. 2. *Bacillus megaterium*. 3. Fisiologia vegetal. 4. *Glycine max* L. 5. Refinamento da produção.


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa pode auxiliar diretamente na segurança alimentar, visto que as mudanças climáticas são iminentes e representam constantes perdas produtivas, os ganhos constatados podem vir a ser destaque para o refinamento da produção agrícola.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research can directly contribute to food security, as climate change is imminent and represents constant production losses. The observed gains could become a highlight for refining agricultural production.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DA PRESENÇA OU AUSÊNCIA DE MAGNÉSIO FOLIAR E RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO PARA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

AUTOR: NELSON CAMARA DE SOUZA JUNIOR

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

COORDINADORA: LILIANE SANTOS DE CAMARGOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
MARCELO ANDREOTTI
Data: 04/02/2025 16:56:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

 Documento assinado digitalmente
VANDEIR FRANCISCO GUIMARÃES
Data: 05/02/2025 16:35:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. VANDEIR FRANCISCO GUIMARÃES (Participação Virtual)
Centro de Ciências Agrárias / Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

 Documento assinado digitalmente
MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO
Data: 06/02/2025 11:41:06-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 04 de fevereiro de 2025

Dedico este trabalho à minha mãe Raquel Santos, que sempre acreditou nos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me ajuda em todos os momentos e me dá forças para continuar lutando e perseverando para conquistar as coisas que almejo.

Agradeço a UNESP (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira), e todos os funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEPE) pelo carinho e empenho para condução desse projeto de pesquisa.

Aos amigos do grupo de pesquisa Equipe Andreotti, pelo empenho e dedicação em auxiliar em todas as etapas de condução desse experimento. Sem sua ajuda constante, esse trabalho não poderia ser realizado.

Agradeço a minha amiga Vitória Almeida Moreira Girardi pelo auxílio e empenho constante para auxiliar na condução desse projeto, o qual sem sua ajuda não se realizaria. Minha eterna gratidão por fazer parte do meu sonho.

Meu carinho e minha gratidão ao meu orientador e amigo Marcelo Andreotti. Sou grato pela ideia do projeto e possibilidade de condução do mesmo. Obrigado por confiar em mim, por ser um pilar para realização desse experimento e pela confiança depositada em todas as atividades.

A minha coorientadora Liliane Santos de Camargos e todos os alunos do Laboratório de Morfofisiologia os quais contribuíram grandemente para realização dessa pesquisa.

Minha eterna gratidão a minha mãe Raquel Santos (*in memoriam*), que sempre me incentivou a realizar esse sonho. Ela me fez lembrar que a vida é feita de sonhos, os quais as vezes demoram a se realizar, mas que com coragem e um pouco de fé podem ser sempre reais. Essa conquista é dela e sempre será para ela.

Esse projeto de pesquisa foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com número de concessão 88887.904424/2023-00.

“Se podemos sonhar, também podemos tornar nossos
sonhos realidade”. Tom Fitzgerald

RESUMO

As bactérias promotoras de crescimento de plantas, aliadas a nutrição mineral adequada têm se mostrado essenciais para aumentar a produtividade agrícola. Com as mudanças climáticas, as plantas enfrentam estresses, o que prejudica a produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação de rizobactérias, bem como aplicação de magnésio via foliar, como bioestimulante fisiológico e seus efeitos na produtividade de grãos de soja. A pesquisa foi conduzida em campo, em solo de cerrado sob sistema plantio direto, que tem o histórico de combinar técnicas de manutenção de palhada no solo e rotação de culturas por treze anos. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2, onde foram avaliados três tratamentos com bactérias (*Bradyrhizobium japonicum* nas sementes (controle), combinação de *B. japonicum* nas sementes + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* no sulco; *B. japonicum* nas sementes + *B. subtilis* + *B. megaterium* nas sementes), com presença ou ausência de magnésio via foliar, tendo como fonte o sulfato de magnésio na dose padrão de 8 kg ha⁻¹, em estágio V₆ da soja. Os resultados comprovaram que a aplicação de magnésio foi capaz de auxiliar na fisiologia fotossintética de modo geral, além de proporcionar aumentos na produção de grãos. A interação com a coinoculação via sementes foi capaz de aumentar a fotossíntese e eficiência instantânea do uso da água, além de número de grãos e de vagens por planta. Pela análise dos componentes principais (PCA), foi constatado que aliar a coinoculação via sementes e a aplicação de Mg via foliar pode melhorar a fisiologia fotossintética e reduzir indicadores de estresse na soja.

PALAVRAS-CHAVE: *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*; fisiologia vegetal; *Glycine max* L.; refinamento da produção.

ABSTRACT

Plant growth-promoting bacteria, combined with proper mineral nutrition, have proven essential in increasing agricultural productivity. With climate change, plants face stresses that hinder production. The present study aimed to evaluate the effect of rhizobacteria inoculation, as well as foliar magnesium application as a physiological biostimulant, and their effects on soybean grain productivity. The research was conducted in the field on cerrado soil under a no-till system, which has a history of combining techniques for maintaining crop residue in the soil and crop rotation for thirteen years. The experimental design adopted was a randomized block design, in a 3x2 factorial scheme, where three treatments with bacteria were evaluated (*Bradyrhizobium japonicum* on seeds (control), a combination of *B. japonicum* on seeds + *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* in the furrow; *B. japonicum* on seeds + *B. subtilis* + *B. megaterium* on seeds), with the presence or absence of foliar magnesium application, using magnesium sulfate at the standard dose of 8 kg ha⁻¹ at the V₆ stage of soybean. The results showed that magnesium application helped overall photosynthetic physiology, as well as providing increases in grain production. The interaction with co-inoculation via seeds was able to increase photosynthesis and instantaneous water use efficiency, in addition to the number of grains and pods per plant. Principal component analysis (PCA) revealed that combining seed co-inoculation with foliar Mg application could improve photosynthetic physiology and reduce stress indicators in soybeans.

KEYWORDS: *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*; plant physiology; *Glycine max* L., production refinement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área experimental no município de Selvíria - MS, Brasil	29
Figura 2 – Dados meteorológicos de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial, no município de Selvíria – MS, Brasil, 2023/24, durante o período de condução do experimento	30
Figura 3 – Instalação, aplicação e avaliações na cultura da Soja no município de Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24.....	32
Figura 4 – Desdobramento para variáveis Taxa fotossintética (A), Carbono interno (CI) e Eficiência instantânea do uso da água (EIUA) na cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, Selvíria-MS, Brasil, safra 2023/24. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas dentro de inoculação/coinoculação e minúsculas dentro de aplicação do Mg não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	41
Figura 5 – Desdobramento para variável Número de vagens por planta (NVP) Número de grãos por planta (NGP) na cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas dentro de inoculação/coinoculação e minúsculas dentro de aplicação do Mg não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).....	44
Figura 6 – Análise de componentes principais (PCA) em função da aplicação ou não de magnésio sob os parâmetros fisiológicos e produtivos da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, no município de Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	46
Figura 7 – Análise de componentes principais (PCA) em função da inoculação ou coinoculação de rizobactérias sob os parâmetros fisiológicos e produtivos da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, no município de Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do solo na camada de 0-0,20 em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	31
Tabela 2 – Análise de variância para as variáveis clorofila a, clorofila b, clorofilas totais, carotenoides e feofitina na cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	37
Tabela 3 – Análise de variância para as variáveis ureídeos, malondialdeído (MDA), proteína, peróxido, aminoácidos (AA) e índice relativo de clorofila (SPAD) na cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	38
Tabela 4 – Análise de variância para as variáveis Taxa fotossintética (A), Transpiração (E), Condutância estomática (GS), Carbono interno (CI) e Eficiência instantânea do uso da água (EIUA) na cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, em Selvíria - MS	40
Tabela 5 – Análise de variância para as variáveis Altura de planta (AltP), Altura de inserção da primeira vagem (AIPV), População de plantas (Pop), Número de vagens por planta (NVP), Número de grãos por vagem (NGP), Massa de 100 grãos (M100) e Produtividade de grãos (Prod), para cultura da soja, em função de RBPCP e aplicação foliar de Mg, em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24.....	42
Tabela 6 – Dados de correlação para análise de componentes principais (PCA) na cultura da soja sob presença ou ausência da pulverização de magnésio foliar e rizobactérias promotoras de crescimento, em Selvíria - MS, Brasil, safra 2023/24	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estágios de desenvolvimento vegetativo da cultura da soja.....	19
Quadro 2 – Estágios de desenvolvimento reprodutivo da soja.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Taxa fotossintética

AIPV - Altura de inserção da primeira vagem

Al - Alumínio.

AltP - Altura de planta

CI - Carbono interno

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento.

E - Transpiração

EIUA - Eficiência instantânea do uso da água

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EROs - Espécies reativas de oxigênio

FBN - Fixação biológica de nitrogênio

GS - Condutância estomática

I - Inoculação

MDA - Malondialdeído

M100 - Massa de cem grãos

NGP - Número de grãos por planta

NVP - Número de vagens por planta

O - Oxigênio

P - Pulverização

Pig - Pigmentos fotossintetizantes (SPAD)

Perox - Peróxido de hidrogênio

POP - População de plantas.

PROD - Produtividade de grãos

Prot - Proteínas

RBPCP - Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas.

Rubisco - Ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase.

SPD - Sistema plantio direto

URED - Ureídeos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Cultura da Soja	17
2.2	Magnésio	20
2.3	Estresses abióticos e mudanças climáticas.....	23
2.4	Espécies reativas de oxigênio	24
2.5	Bactérias promotoras de crescimento de plantas e fixadoras de nitrogênio	25
3	OBJETIVOS.....	28
3.1	Objetivo Geral.....	28
3.2	Objetivos Específicos	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	Características da área e do local.....	29
4.2	Instalação e Condução do Experimento	31
4.3	Avaliações fisiológicas.....	33
4.3.1	Avaliação de trocas gasosas.....	33
4.3.2	Pigmentos fotossintetizantes	33
4.3.3	Caracterização do metabolismo de nitrogênio e mecanismo de tolerância ao estresse	33
4.4	Avaliações dos componentes da produção e produtividade da soja	35
4.5	Análise estatística	36
5	RESULTADOS.....	37
6	DISCUSSÃO	48
7	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O magnésio (Mg) desempenha importante papel em processos fisiológicos das plantas, visto que é o íon central da molécula de clorofila. Além disso, desempenha importância na síntese de enzimas como a Ribulose 1,5-Bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e Fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase), enzimas vitais para o processo fotossintético, além de atuar como elemento essencial para a produção de trifosfato de adenosina (ATP) (Taiz *et al.*, 2017). Todas essas funções tornam a adubação com Mg essencial para garantir produtividade em plantas de metabolismo C₃ e C₄. Estudos com aplicações foliares de Mg, em fases onde a eficiência de absorção radicular passa a diminuir, tem indicado que a aplicação do nutriente é capaz de proporcionar ganhos em produtividade, pelo fato de melhoria do aparato fotossintético das plantas (Wang *et al.*, 2020). Como o Mg auxilia em processos fotossintéticos vitais, colaborando para que a Rubisco atue como carboxilase, e pelo fato de que cerca de 85% das espécies do planeta serem plantas de metabolismo C₃, altamente propensas a perdas por estresses (Taiz *et al.*, 2017), além do aumento considerável da temperatura anual, o que aumenta a temperatura foliar, favorecendo a fotorrespiração e afetando a relação CO₂/O₂, as pesquisas com o nutriente são indispensáveis em projetos de inovação científica que visam refinar a produção agrícola e auxiliar a planta em parâmetros fisiológicos.

Mesmo em sistema plantio direto (SPD) consolidado por anos, resultados mostram que culturas como soja e milho, quando receberam aplicações foliares de Mg, apresentaram algo similar a um “efeito de indução de resistência ou efeito vacina”, onde parâmetros fotossintéticos foram afetados positivamente, o que acarretou para culturas ganhos consideráveis em produtividade (Altarugio *et al.*, 2017; Branquinho, 2020; Rodrigues *et al.*, 2021). Com a crescente demanda mundial por alimentos, atrelado às mudanças climáticas, técnicas que proporcionem ganhos de produção ganham cada vez mais destaque e merecem foco em pesquisa científica mundial.

As ondas de calor e secas severas tem afetado o potencial produtivo das culturas, o qual só poderá ser atingido se todas as condições necessárias (água, luz, temperatura, nutrição) para desenvolvimento vegetal forem satisfatórias. Pesquisas que visem auxiliar na mitigação de estresses abióticos nas culturas são fundamentais, visto que estes podem afetar negativamente a segurança alimentar. Déficits hídricos e temperaturas extremas, são fatores climáticos incontrolláveis presentes na vida de produtores rurais. Temperaturas altas provocam danos diretos nas plantas, ocasionando aquecimento de tecidos, podendo causar também efeitos indiretos como o déficit hídrico, o que pode reduzir a turgescência das células. Além disso,

plantas sob estresse térmico podem ter sua expressão gênica diretamente afetada, pois a planta tende a preservar suas reservas para completar seu ciclo de vida, o que reduz diretamente a produção. O aumento da fotorrespiração, além da produção de compostos EROs (espécies reativas de oxigênio), também são vitais para diminuir a produção, com danos na produção de proteínas e redução direta no metabolismo fotossintético, que aparecem como resultado ao estresse térmico (Pretty; Bharucha 2014; Taiz *et al.*, 2017; Hasanuzzaman *et al.*, 2020).

A resposta da planta para qualquer tipo de estresse irá variar de espécie para espécie, porém à medida que a planta percebe qualquer efeito estressante, ela produz uma resposta metabólica conhecida como “espécies reativas de oxigênio” ou “EROs”. Essas moléculas servem para planta como uma espécie de sinalizador, indicando que algo de errado está acontecendo, com reflexo direto na diminuição do metabolismo, afetando a produção de compostos essenciais como proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos (Taiz *et al.*, 2017). Sendo assim, quanto aos estresses abióticos, o reflexo principal na planta é a diminuição do seu metabolismo, fechamento estomático, enrolamento das folhas, menores taxas fotossintéticas, desenvolvimento de cutícula e tricomas na superfície foliar, para minimizar perdas de água, com o objetivo principal de terminar seu ciclo de vida (Taiz *et al.*, 2017; Broetto *et al.*, 2017). Sendo assim, estratégias que visem afetar diretamente o metabolismo fotossintético dessas plantas tornam-se indispensáveis, visto o constante aumento de fatores estressantes, resultado das mudanças climáticas globais. Toma-se como destaque as ondas de calor extremas, que fizeram a temperatura média do planeta aumentar cerca de 1,45°C no ano de 2023 (Organização das Nações Unidas, 2024).

Para auxiliar na mitigação desses estresses abióticos iminentes, outro aliado comum utilizado na agricultura são as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RBPCP), que auxiliam no crescimento de raízes, melhorando a exploração do solo, beneficiando a absorção de água e nutrientes (Poudel *et al.*, 2021; Armanhi *et al.*, 2021). Em soja, o gênero *Bradyrhizobium* é comumente difundido, pelo papel preponderante na fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que aumenta consideravelmente parâmetros de produção da cultura, e faz a soja brasileira ser altamente produtiva, sem necessidade do uso do adubo nitrogenado (Hungria *et al.*, 2001; Hungria; Nogueira 2020).

As bactérias do gênero *Bacillus* também se destacam como RBPCP, comumente empregadas em práticas de coinoculação (misturas de diferentes espécies e gêneros de bactérias), auxiliando na defesa de plantas contra estresses bióticos, como no ataque de patógenos e de pragas, e abióticos como tolerância à déficits hídricos, sendo que essas também

atuam no crescimento das plantas e absorção de nutrientes, síntese de fitormônios, produção de sideróforos e melhorias nas condições microbiológicas e na fertilidade do solo, auxiliando na solubilização de nutrientes (Kumar *et al.*, 2009; Taha *et al.* 2016; Ribeiro *et al.* 2016; Duca; Glick, 2020). Em estudos com a combinação de espécies do gênero *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, tem sido observado ganhos em produtividade nas culturas, explicados pela maior solubilização de fósforo não lábil pelas bactérias e pelo sistema radicular bem desenvolvido, capaz de aumentar a quantidade de pelos radiculares, o que incrementa na absorção de água e nutrientes (Gupta *et al.*, 2015; Furmam *et al.*, 2019).

A soja é uma das culturas agrônômicas de maior destaque no Brasil e no mundo, e, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a estimativa de produção da safra brasileira de soja em 2023/24 chegou a 147,35 milhões de toneladas, um decréscimo de aproximadamente 7 milhões de toneladas, reflexo dos estresses abióticos, principalmente déficit hídrico, em ocasião da falta de chuvas, e ondas de calor em meados de novembro a fevereiro, durante o período de produção. O Brasil é hoje o maior produtor mundial de soja, segundo o relatório da CONAB, e a cultura é uma das mais propensas a efeitos de estresses, justamente por ser uma planta de metabolismo C₃, altamente influenciada pelo fotoperíodo, ou seja, pela duração dos períodos sob luz (Taiz *et al.*, 2017).

Portanto, pela sua importância na agricultura mundial, estratégias que visem aumentar a produção de maneira sustentável, são indispensáveis para garantir a segurança alimentar mundial, além de que são bem-vistas pelo mercado consumidor e por produtores. O Mg, aliado à coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RBPCP), pode contribuir para a melhoria do metabolismo fotossintético da soja, resultando em benefícios, mesmo em solos com fertilidade corrigida. Essa otimização fotossintética favorece a planta, permitindo que, mesmo diante de estresses abióticos, como as oscilações térmicas, haja impacto positivo em ganhos produtivos da cultura.

7 CONCLUSÃO

O fornecimento de Mg foliar em V₆, mesmo em solo corrigido e com alto teor do nutriente, foi capaz de melhorar o metabolismo fotossintético das plantas de soja, o que refletiu em ganhos na produtividade de grãos. Para coinoculação do produto à base de *B. subtilis* e *B. megaterium* foi observado um incremento percentual de 11%, cerca de 6 sacas por ha⁻¹, mesmo em solo com fertilidade corrigida.

Mesmo em solos com fertilidade corrigida, a aplicação de Mg juntamente com a coinoculação via sementes de *B. subtilis* e *B. megaterium* mostrou-se eficaz no auxílio à planta para enfrentar o estresse térmico no campo, sendo que a aplicação de Mg promoveu o aumento considerável das taxas fotossintéticas (A), teor de clorofila e eficiência instantânea do uso da água (EIUA), com incremento no número de grãos e vagens por planta de soja, o que proporcionou maior produtividade de grãos. Esse efeito é particularmente relevante no contexto atual, tornando ainda mais necessários estudos adicionais para entender essas respostas em diferentes condições climáticas, sob diferentes tipos de fatores estressantes e solos.

REFERÊNCIAS

- ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant Cell and Environment**, Chichester, v. 24, p. 1337-1344, 2001.
- ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; NIRSCHL, M. G.; SILVANO, R. G.; ZAVASCHI, E.; CARNEIRO, L. M. S.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C.; OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200007>.
- ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 252, p. 1-9, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024191913296>.
- ALVES, K. C. S. *Bacillus subtilis*: uma versátil ferramenta biotecnológica. **Scientia Amazonia**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 15-23, mar. 2018. Disponível em: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2018/05/v7-n2-b15-b23-2018.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.
- ALVES, T. D. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental condition, such as pH on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 393-395, 1993.
- ARMANHI, J. S. L.; SOUZA, R. S. C.; BIAZOTTI, B. B.; YASSITEPE, J. E. C. T.; ARRUDA, P. Modulating drought stress response of maize by a synthetic bacterial community. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 12, p. 1-16, 21 out. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2021.747541>.
- BAHADIR, A.; CEYHAN, A.; GERGIN, O. O.; YALÇIN, B.; ÜLGER, M.; ÖZYAZGAN, T. M.; YAY, A. Protective effects of curcumin and beta-carotene on cisplatin-induced cardiotoxicity: an experimental rat model. **The Anatolian Journal of Cardiology**, Istanbul, v. 3, n. 19, p. 213-221, 2018. Kare Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.14744/anatoljcardiol.2018.53059>.
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa**: coinoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.], 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/20084/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BHAT, J. Y.; THIEULIN-PARDO, G.; HARTL, F. U.; HAYER-HARTL, M. Rubisco Activases: aaa⁺ chaperones adapted to enzyme repair. **Frontiers in Molecular Biosciences**, Lausanne, v. 4, p. 1-10, 10 abr. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmolb.2017.00020>.

BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical Biochemistry**, Philadelphia, v. 17, p. 278-293, 1966. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(66\)90206-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(66)90206-5).

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).

BRANQUINHO, I. **Época de aplicação foliar de K e Mg na cultura da soja e seus efeitos nos teores de óleo, proteína e produtividade**. 2020. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

BROETTO, F.; GOMES, E. R.; JOCA, T. A. C. **O estresse das plantas: teoria e prática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. 194 p.

Cakmak I.; Magnesium in crop production, food quality and human health. **Plant and Soil**, Dordrecht, 368:01-04, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1781-2>.

CAKMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 83, p. 463-468, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00121.x>.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Protocolo para análise da qualidade e da eficiência agrônômica de inoculantes, estirpes e outras tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas. In: REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS DE INOCULANTES DE INTERESSE AGRÍCOLA, 13., 2006, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.89-123. (Embrapa Soja. Documentos, 290).

CECATTO JÚNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; BRITO, T. S.; SILVA, A. S. L.; SUSS, A. D.; ANKLAN, M. A.; INIGAKI, A. M. Fertilização de sulfato de magnésio na cultura do milho submetido à inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal. **Cultivando o Saber**, [s. l.], v. 14, p. 53-64, 2021.

CECATTO JÚNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; BULEGON, L. G.; SUSS, A. D.; BAZEI, G. L.; BRITO, T. S.; INIGAKI, A. M. Inoculation of maize seeds with *Azospirillum* and magnesium through foliar application to enhance productive performance. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 11, n. 14, p. 225-233, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p225>.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (Brasil). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Previsão Numérica de Tempo por Período**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/ms/selviria>. Acesso em: 08 mar. 2024.

CHAKRABORTY, U.; CHAKRABORTY, B.; DEY, P.; CHAKRABORTY, A. P. Role of microorganisms in alleviation of abiotic stresses for sustainable agriculture. In: CHAKRABORTY, U.; CHAKRABORTY, B. (ed.). **Abiotic stresses in crop plants**. Wallingford: CABI, 2015. p. 232-253. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781780643731.0232>.

CHATTERJEE, A.; SHANKAR, A.; SINGH, S.; KESARI, V.; RAI, R.; PATEL, K. A.; RAI, L.C. Beneficial microorganisms and abiotic stress tolerance in plants. *In*: HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M.; OKU, H.; ISLAM, T. (ed.).

Approaches for enhancing abiotic stress tolerance in plants. Boca Raton: CRC Press, 2020. p. 473-502. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781351104722>.

CHEN, J.; LI, Y.; WEN, S.; ROSANOFF, A.; YANG, G.; SUN, X. Magnesium Fertilizer-Induced Increase of Symbiotic Microorganisms Improves Forage Growth and Quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 65, n. 16, p. 3253-3258, 12 abr. 2017. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05764>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra brasileira de grãos.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 15 set. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra brasileira de grãos.** São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 20 ago. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Brasil deve produzir maior safra histórica de grãos no ciclo 2022/2023, com 317,6 milhões de toneladas.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5074-brasil-deve-produzir-maior-safra-historica-de-graos-no-ciclo-2022-2023>. Acesso em: 18 set. 2023.

DELIBORAN, A.; SAKIN, E.; ASLAN, H.; MERMUT, A. Effects of different water, phosphorus and magnesium doses on the quality and yield factors of soybean (*Glycine max* L.) in Harran plain conditions. **International Journal of Physical Sciences**, Sapele, v. 6, n. 6, p. 1484-1495, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5897/IJPS11.266>.

DUCA, D. R.; GLICK, B. R. Indole-3-acetic acid biosynthesis and its regulation in plant-associated bacteria. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Secaucus, v. 104, p. 8607-8619, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10869-5>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Plano diretor.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/vii-plano-diretor>. Acesso em: 17 set. 2023.

EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL – SANESUL (org.). **Modelagem técnica estudos de engenharia, ambiental e social:** caracterização geral do município. Campo Grande: Governo de Mato Grosso do Sul, 2022. Disponível em: <http://www.epe.segov.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/61.-Selviria.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.

FERLINI, H. A. **Co-inoculación en soja (*Glycine max*) com *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*.** Villa Clara-CUB: Engormix/Agricultura-Artículos técnicos, 2006. 2 p. (Documento 01).

FURMAN, F. G. **Desenvolvimento e produtividade do trigo em função da inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

GALDIANO JÚNIOR, R. F. **Isolamento, identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas**. 2009. 67f. (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J. Inoculante líquido contendo *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* é eficiente em promover crescimento e disponibilizar fósforo para a soja. **Desarrollo Local Sostenible**, Heidelberg, v. 16, n. 46, p. 2029-2060, 4 set. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-006>.

GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIRWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Microbial and Biochemical Technology**, Uxbridge, v. 7, n. 2, p. 96-102, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M.; ZULFIQAR, F.; RAZA, A.; MOHSIN, S.; MAHMUD, J.; FUJITA, M.; FOTOPOULOS, V. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. **Antioxidants**, Basel, v. 9, n. 8, p. 681, 29 jul. 2020. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>.

HIRAKUR, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2023.

HISCOX, J.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Botany**, Ottawa, v. 57, p. 1332-1334, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1139/b79-163>.

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. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2001. 48 p. (Circular Técnica, 35).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Tecnologias de inoculação da cultura da soja: mitos, verdades e desafios. In: KAPPES, C. (ed.). **Boletim de Pesquisa 2019/2020**. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62. (Fundação MT. Boletim, 19).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-Inoculation of Soybeans and Common Beans with *Rhizobia* and *Azospirillum*: strategies to Improve Sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 49, n. 1, p. 791-801, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco estatístico de dados**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>. Acesso em: 15 set. 2023.

KUMAR, T.; VERINDER, W.; PIYUSH, P.; DUBEY, R. C.; MAHESHWARI, D. K. Rhizosphere competent *Pseudomonas aeruginosa* in the management of *Heterodera cajani* on sesame. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Dordrecht, v. 25, p. 277–285, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-008-9890-4>.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. p. 295-338.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINEAU, E.; DOMEQ, J. C.; BOSC, A.; DENOROY, P.; FANDINO, V. A.; LAVRES JR, J.; JORDAN-MEILLE, L. The effects of potassium nutrition on water use in field-grown maize (*Zea mays* L.). **Environmental and Experimental Botany**, Ottawa, v. 134, p. 62- 71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.11.004>.

MEHLA, J.; CAUFIELD, J.H.; SAKHAWALKAR, N.; UETZ, P. A Comparison of two-hybrid approaches for detecting protein–protein interactions. **Methods in Enzymology**, San Diego, p. 333-358, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.mie.2016.10.020>.

MELO, I. S. **Rizobactérias**. Jaguariuna: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meioambiente/manejo/controlealternativo/rizobacterias#:~:text=Rizobact%C3%A9rias%20competem%20por%20nutrientes%20e%20elementos%20essenciais%20no,produzem%20sider%C3%B3foros%2C%20diferindo%2C%20contudo%2C%20na%20efici%C3%Aancia%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 28 ago. 2023.

MENDOZA, M. P.; ESPINOSA, V. D.; MANCERA, H. A. Z. Estudio de metabolitos producidos por bacterias que solubilizan fosfato aislado de la raíz y rizoplaneo de gramíneas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 4944-4949, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-012>.

MÓGOR, Á. F.; BARBIZAN, T.; PAULETTI, V.; OLIVEIRA, J. de; BETTONI, M. M. Teores de clorofila em cultivares de tomateiro submetidas a aplicações foliares de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia v. 43, n. 4, p. 363-369, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <https://doi.org/10.1590/s1983-40632013000400008>.

MORETTI, L. G.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEITE, M. F. A.; MOMESSO, L.; BOSSOLANI, J. W.; COSTA, O. Y. A.; HUNGRIA, M.; KURAMAE, E. E. Diverse bacterial consortia: key drivers of rhizosoil fertility modulating microbiome functions, plant physiology, nutrition, and soybean grain yield. **Environmental Microbiome**, London, v. 19, n. 1, p. 1-15, 19 jul. 2024. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s40793-024-00595-0>.

MUNDO ECOLOGIA (org.). **Classificação Botânica da Soja, Fisiologia e Morfologia**. [S.l.], 2019. Disponível em: https://www.mundoecologia.com.br/plantas/classificacao-botanica-da-soja-fisiologia-e-morfologia/#google_vignette. Acesso em: 24 ago. 2023.

NAS, Y.; ZENGİN, S. K. Agronomic, Biochemical, and Physiological Responses to Magnesium (Mg) Application in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under Greenhouse Conditions. **Horticulturae**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1034, 29 set. 2024. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae10101034>.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da Soja**. Londrina: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-soja>. Acesso em: 24 ago. 2023.

NOGUEIRA M A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. EMBRAPA: Londrina, 2018. Circular Técnica 143, ISSN 2176-2864. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1095314/1/CT143OL.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

OLIVEIRA, A. M. R.; BANGEL, E. V.; HUNGRIA, M.; SILVEIRA, J. R. P.; VARGAS, L.K.; LISBOA, B. B. Caracterização da região espaçadora 16-235 rDNA para diferenciação de estirpes de rizóbios utilizadas na produção de inoculantes comerciais no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1423-1429, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000800015>.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C.; TINOCO, S. M. S.; LANA, U. G. P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JÚNIOR, R. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. EMBRAPA: Sete Lagoas, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1120362/1/Circ-Tec.-260.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **ONU confirma que 2023 bate recorde de temperatura global**. Brasília, DF, 2024. World Meteorological Organization. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/257750-onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global>. Acesso em: 03 dez. 2024.

PARRY, M. A.; KEYS, A. J.; MADGWICK, P. J.; CARMO-SILVA, A. E.; ANDRALOJC, P. J. Rubisco regulation: a role for inhibitors. **Journal of Experimental Botany**, Ottawa, v. 59, p. 1569-1580, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ern084>.

PENG, W. T.; ZHANG, L. D.; ZHOU, Z.; FU, C.; CHEN, Z. C.; LIAO, H. Magnesium promotes root nodulation through facilitation of carbohydrate allocation in soybean. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 163, n. 3, p. 372-385, jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.12730>.

PIPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 15 p. Comunicado Técnico, 86.

PORTIS, A. R.; HELDT, H. W. Light-dependent changes of the Mg^{2+} concentration in the stroma in relation to the Mg^{2+} dependency of CO_2 fixation in intact chloroplasts. **Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Bioenergetics**, Amsterdam, v. 449, n. 3, p. 434-446, dez. 1976. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0005-2728\(76\)90154-7](http://dx.doi.org/10.1016/0005-2728(76)90154-7).

POUDEL, M.; MENDES, R.; COSTA, L. A. S.; BUENO, C. G.; MENG, Y.; FOLIMONOVA, S. Y.; GARRETT, K. A.; MARTINS, S. J. The role of plant-associated bacteria, fungi, and viruses in drought stress mitigation. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 12, p. 1-21, 25 out. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2021.743512>.

PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; POSSAMAI, E. J.; REIS, E. A.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.; CONTE, O. **Coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na safra 2019/2020 no Paraná**. Londrina: Embrapa, 2020. Circular Técnica 166, ISSN 2176-2864. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129470/1/Circ-Tec-166.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2024.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Sustainable intensification in agricultural systems. **Annals Of Botany**, Oxford, v. 114, n. 8, p. 1571-1596, 28 out. 2014. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcu205>.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ROSOLEM, C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Soja. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022. p. 209-212.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agrônomo: Campinas, 2001. 284 p.

REIS, A. R. dos; LISBOA, L. A. M.; REIS, H. P. G.; BARCELOS, J. P. Q.; SANTOS, E. F.; SANTINI, J. M. K.; MEYER-SAND, B. R. V.; PUTTI, F. F.; GALINDO, F. S.; KANEKO, F. H. Depicting the physiological and ultrastructural responses of soybean plants to al stress conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux, v. 130, p. 377-390, set. 2018. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.028>.

RIBEIRO, V. P.; MARRIEL, I. E.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; MATTOS, B. B.; OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s.l.], v. 49, p. 40-46, nov. 2018. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2018.06.005>.

RODRIGUES, V. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; PORTUGAL, J. R.; MUNDT, T. T.; OLIVEIRA, S. L.; GARCIA, A.; CALONEGO, J. C.; LOLLATO, R. P. Magnesium Foliar Supplementation Increases Grain Yield of Soybean and Maize by Improving Photosynthetic Carbon Metabolism and Antioxidant Metabolism. **Plants**,

Basel, v. 10, n. 4, p. 797, 19 abr. 2021. MDPI AG. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants10040797>.

ROSOLEM, Ciro. **Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar**. Lavras: Ufla, 2002. Disponível em:

https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquim/Recomendacao%20e%20aplicacao%20de%20nutrientes%20VIA%20FOLIAR%20Parte%201%20.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book: il. color. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso. Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181677/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358172.epub>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SANTOS, J. C. F.; DEBIASI, H. **Rotação de culturas**. Londrina: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-do-solo/rotacao-de-culturas>. Acesso em: 26 ago. 2023.

SILVA, A. O. **Fenologia da soja aplicada no dia a dia**. [S.l.], 2023. Disponível em:

<https://agroadvance.com.br/blog-fenologia-da-soja/#:~:text=A%20fenologia%20da%20soja%20%C3%A9%20o%20estudo%20do,condi%C3%A7%C3%B5es%20ambientais%20e%20%C3%A0s%20pr%C3%A1ticas%20de%20manejo%20empregadas..> Acesso em: 25 ago. 2023.

SILVA, E. M. **Tudo o que você precisa saber sobre plantio direto**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/plantio-direto/>. Acesso em: 26 ago. 2023.

SILVA, I. R. D.; MENDONÇA, E. D. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; VICTOR, H. A. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SINGH, S. A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: Their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic or abiotic stress. **Journal of Applied Microbiology**, Chichester, v. 117, n. 5, p. 1221-1244, Nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12612>.

SOUTO, L. A. **Microrganismos solubilizadores de fosfato: Usos e potencialidades na agricultura**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo. 2020.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society American, 1996. p.1011-1020. (SSA book series, 5).

TAHA, R. S.; MAHDI, A. H.A.; EL-RAHMAN, H. A. A. Effect of biofertilizers as a partial substitute for mineral fertilizers on growth, anatomical structure, mineral elements and yield of wheat under newly reclaimed soil conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Kancheepuram, v. 5, n. 8, p. 458-469, 10 ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.508.049>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAVARES, L. C. V. **Transferência de tecnologia**. Londrina: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/transferencia-de-tecnologia>. Acesso em: 25 ago. 2023.

TRÄNKNER, M., JÁKLI, B., TAVAKOL, E., GEILFUS, C. M., CAKMAK, I., DITTERT, K., & SENBAYRAM, M. Magnesium deficiency decreases biomass water-use efficiency and increases leaf water-use efficiency and oxidative stress in barley plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 406, n. 1, p. 409-423, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2886-1>.

TRENTIN, R.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; TRENTIN, G.; SILVA, J. **C. Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura**. Santa Maria: Embrapa, 2013. Disponível em: <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91502/1/48n07a02.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023.

VOGELS, G.D.; VAN DER DRIFT, C. Differential analysis of glyphosate derivatives. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 33, p. 143-157. 1970.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Philadelphia, v. 37, p. 29-38, 1934.

WANG, Z.; HASSAN, M. U.; NADEEM, F.; WU, L.; ZHANG, F.; LI, X. Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: a meta-analysis. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 10, p. 1-10, 24 jan. 2020. Frontiers Media SA. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>.

YEMM, E.M.; COCKING, E.C. Estimation of amino acids by ninhydrin. **Analyst**, London, v. 80, p. 209-213, 1955.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação de Bradyrhizobium em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 541-544, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000400014>.

ZOLLA, G.; BAKKER, M. G.; BADRI, D. V.; CHAPARRO, J. M.; SHEFLIN, A. M.; MANTER, D. K.; VIVANCO, J. Understanding root-microbiome interactions. In: BRUIJN, F. J. (ed.). **Molecular microbial ecology of the rhizosphere**. Hoboken: Wiley, 2013. v. 2, p. 745-754. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118297674.ch7>.