REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MANEJO DE NITROGÊNIO COM MINERAL E MICRORGANISMOS

NITROGEN MANAGEMENT WITH MINERALS AND MICRORGANISMS

MANEJO DEL NITRÓGENO COM MINERALES Y MICRORGANISMOS

Adilson de Oliveira[1], Erich dos Reis Duarte[2], Bruno Rafael Vasconcelos[3], Marcelo José Ragazzi[4], Aline Vanessa Sauer[5], Camila Ferreira Miyashiro[6]

e6117039
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i11.7039

PUBLICADO: 11/2025

RESUMO

A baixa eficiência de uso do nitrogênio (N) na cultura do milho representa um desafio econômico e ambiental, com perdas superiores a 50% do N aplicado. Bioinsumos contendo microrganismos promotores de crescimento surgem como alternativa sustentável para aumentar a absorção de N e reduzir a dependência de fertilizantes minerais. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agronômico de 15 combinações entre bioinsumos e ureia, sob hipótese de que a coinoculação microbiana associada ao N mineral aumenta a eficiência fisiológica e produtiva em relação à adubação convencional. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, safra 2025/2025, condições de campo no Paraná. A área padrão apresentou produtividade de 4.200 kg·ha⁻¹, enquanto as formulações combinadas com ureia promoveram incrementos superiores a 25%, destacando-se *Methylobacterium sp.* Code 1 + ureia (5.337 kg·ha⁻¹), Utrischa N + ureia (5.299 kg·ha⁻¹), *Methylobacterium sp.* Code 2 + ureia (5.295,4 kg·ha⁻¹) e Biolotto + ureia (5.265 kg·ha⁻¹). Microrganismos como *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6 também apresentaram incrementos consistentes. Os resultados sugerem que a integração entre microrganismos e N mineral constitui estratégia eficaz para elevar a produtividade e melhorar o manejo sustentável do nitrogênio. Os resultados indicam potencial agronômico da aplicação combinada de microrganismos, sugerindo a necessidade de novos ensaios em multiambientes e com análise econômica para validação em larga escala. A integração entre bioinsumos e fertilizantes minerais eleva o desempenho produtivo e representa uma estratégia eficiente para o manejo sustentável do nitrogênio na cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo sustentável. Eficiência de uso do nitrogênio. Fixação biológica N.

ABSTRACT

The low efficiency of nitrogen (N) use in corn cultivation represents an economic and environmental challenge, with losses exceeding 50% of the N applied. Bio-inputs containing growth-promoting microrganisms emerge as a sustainable alternative to increase N absorption and reduce dependence on mineral fertilizers. This study aimed to evaluate the agronomic performance

[1] Engenheiro Agrônomo pela Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel e Bacharel em Administração de Empresas e Rural pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Cornélio Procópio.
[2] Doutorado em Ciências Sociais e Empresariais pelo Universidade de Ciencias Empresariales y Sociales, Argentina. Professor Titular da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR. Graduação em Direito pela Universidade Norte do Paraná.
[3] Produtor Rural e Agrônomo pela Universidade Uningá de Maringá-PR. Estágio na Cropdecision, na área de pesquisa agrícola, e Bio Soluções.
[4] Discente do curso de Agronomia pela Faculdade Anhanguera – Campus Bandeirantes-PR Trabalhou como pesquisador no CTA – Centro Tecnológico AgroGalaxy.
[5] Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá-PR. Coordenadora da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes-PR.
[6] Engenheira agrônoma formada pela UENP - CLM (Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel). Doutora em Fitotecnia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Professora do curso de agronomia da UENP - CLM, professora e coordenadora do curso de agronomia da UNOPAR-Bandeirantes.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

of 15 combinations of bio-inputs and urea, under the hypothesis that microbial co-inoculation associated with mineral N increases physiological and productive efficiency compared to conventional fertilization. The experiment was conducted in a randomized block design with four replicates in the 2025/2025 crop season under field conditions in Paraná. The standard area showed a productivity of 4,200 kg·ha⁻¹, while the formulations combined with urea promoted increases of more than 25%, with Methylobacterium sp. Code 1 + urea (5,337 kg·ha⁻¹), Utrischa N + urea (5,299 kg·ha⁻¹), Methylobacterium sp. Code 2 + urea (5,295.4 kg·ha⁻¹), and Biolotto + urea (5,265 kg·ha⁻¹). Microrganisms such as Azospirillum brasilense ab-V5 and ab-V6 also showed consistent increases. The results suggest that the integration of microrganisms and mineral N is an effective strategy for increasing productivity and improving sustainable nitrogen management. The results indicate the agronomic potential of the combined application of microrganisms, suggesting the need for further trials in multiple environments and economic analysis for large-scale validation. The integration of bio-inputs and mineral fertilizers increases production performance and represents an efficient strategy for sustainable nitrogen management in corn cultivation.

KEYWORDS: *Sustainable management. Nitrogen use efficiency. Biological N fixation.*

RESUMEN
La baja eficiencia en el uso del nitrógeno (N) en el maíz genera costos e impactos ambientales, con pérdidas superiores al 50 % del N aplicado. Los bioinsumos con microrganismos promotores del crecimiento surgen como alternativa sostenible para aumentar la absorción de N y reducir la dependencia de fertilizantes minerales. Este estudio evaluó el rendimiento agronómico de 15 combinaciones entre bioinsumos y urea, bajo la hipótesis de que la coinoculación microbiana asociada al N mineral incrementa la eficiencia fisiológica y productiva frente a la fertilización convencional. El experimento se realizó en bloques aleatorios, con cuatro repeticiones, en la cosecha 2025/2025, en condiciones de campo en Paraná. El área estándar presentó una productividad de 4.200 kg·ha⁻¹, mientras que las formulaciones combinadas con urea promovieron incrementos superiores al 25 %, destacando Methylobacterium sp. Code 1 + urea (5337 kg·ha⁻¹), Utrischa N + urea (5299 kg·ha⁻¹), Methylobacterium sp. Code 2 + urea (5295,4 kg·ha⁻¹) y Biolotto + urea (5265 kg·ha⁻¹). Microrganismos Azospirillum brasilense ab-V5 y ab-V6 también mostraron incrementos consistentes. Resultados sugieren que integrar microrganismos con N mineral es una estrategia eficaz para elevar la productividad y mejorar el manejo sostenible del nitrógeno. Se evidencia el potencial agronómico de la aplicación combinada de microrganismos y la necesidad de ensayos en múltiples entornos, junto con análisis económicos, para su validación a gran escala. En conjunto, integración entre bioinsumos y fertilizantes minerales aumenta el rendimiento y representa una vía eficiente para el manejo sostenible del nitrógeno en el cultivo del maíz.

PALABRAS CLAVE*: Manejo sostenible. Eficiencia en el uso del nitrógeno. Fijación biológica de N.*

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelo milho (*Zea mays L.*) e, simultaneamente, o mais sujeito a perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação, o que limita a eficiência do uso do nitrogênio (EUN) e eleva custos de produção (Hungria *et al.,* 2021). A eficiência típica do N aplicado por fertilizantes minerais raramente supera 50%, resultando em desperdício, impactos ambientais e redução da rentabilidade agrícola (Cunha-Zeri *et al.,* 2022; Galindo *et al.,* 2024).

Nos últimos anos, microrganismos promotores de crescimento vegetal (PGPR) ganharam relevância no manejo sustentável do N, destacando-se *Azospirillum brasilense*, *Methylobacterium*

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

symbioticum, *Bacillus subtilis* e outros organismos capazes de estimular o crescimento vegetal por meio da síntese de fitormônios, fixação biológica de nitrogênio (FBN), solubilização de nutrientes e mitigação de estresses abióticos (Ferreira; Nogueira; Hungria, 2024; Zakavi *et al.,* 2022).

A integração de microrganismos com fertilizantes nitrogenados visa sincronizar a liberação do N com a demanda fisiológica da planta, reduzindo perdas e potencializando a produtividade (Díaz-Rodríguez *et al.,* 2025). Estudos recentes indicam que coinoculações microbianas podem elevar significativamente a absorção de N, melhorar a fisiologia vegetal e aumentar a eficiência agronômica quando associadas a fontes minerais (Fukami *et al.,* 2018; Santos *et al.,* 2020).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta agronômica do milho submetido a diferentes combinações de bioinsumos e uréia, visando identificar formulações capazes de aumentar a EUN e maximizar a produtividade sob condições de campo no Paraná.

Objetivo

Avaliar o desempenho agronômico do milho sob diferentes combinações de bioinsumos e uréia, identificando os tratamentos com maior eficiência no uso do nitrogênio e maior produtividade de grãos**.**

Objetivos Específicos

1. Quantificar o efeito isolado e combinado de bioinsumos e uréia sobre os parâmetros de crescimento, teor foliar de N e produtividade de grãos da cultura do milho.
2. Avaliar a compatibilidade por contato em solução do produto à base de *Methylobacterium symbioticum* e fontes minerais de N em calda de pulverização.
3. Determinar o desempenho agronômico e fisiológico das plantas submetidas a 15 combinações de tratamentos, com aplicações realizadas no estádio V4, combinando bioinsumos e uréia, com o objetivo de identificar os tratamentos que proporcionam maior eficiência de uso do nitrogênio e produtividade de grãos**.**
4. Comparar as respostas produtivas entre os tratamentos contendo *Methylobacterium symbioticum*, *Bacillus subtilis*, *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6 e outros microrganismos promotores de crescimento, a fim de quantificar o aumento relativo de produtividade em relação à área padrão.
5. Validar a integração entre bioinsumos e adubação nitrogenada mineral como estratégia sustentável de manejo do milho, enfatizando a redução de perdas de nitrogênio, o uso racional de fertilizantes sintéticos e a adoção de práticas agrícolas de menor impacto ambiental e maior eficiência produtiva.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MATERIAIS E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido em área agrícola localizada no norte do Paraná. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura média, com histórico de cultivo sob sistema de plantio direto e adequada fertilidade química. Para este experimento o solo não teve análise química para a safra 2025/2025. As condições climáticas da região são caracterizadas por temperatura média anual de 21 °C e precipitação média anual de 109 mm (últimos 30 anos), favorecendo o desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.).

Delineamento experimental

Adotou-se delineamento em blocos ao acaso (DBC), composto por 15 tratamentos e 4 repetições, totalizando 60 parcelas. Cada parcela foi constituída por 4 linhas com 5,0 metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m, cada parcela apresentou 17,5 m², com área útil de 9,0 m² para as avaliações agronômicas.

Aplicação dos produtos

As aplicações dos tratamentos foram realizadas no estádio fenológico V4 da cultura, utilizando volume de calda de 100 L ha^{-1}, conforme as recomendações técnicas. No caso do produto à base de *Methylobacterium symbioticum*, teve sua compatibilidade por contato em solução avaliada previamente em laboratório, utilizando amostra composta proporcionalmente retirada de cada embalagem, para garantir sua estabilidade físico-química e viabilidade biológica em mistura com as fontes de nitrogênio.

Tratamentos

Os tratamentos consistiram em aplicações isoladas e combinadas de ureia 46 % e diferentes bioinsumos no estádio fenológico V4 do milho. A dose de uréia aplicada nos tratamentos com fertilizante mineral (isolado ou combinado) foi de 100 kg ha^{-1} do produto, o que equivale a uma dose de 46 kg de N ha^{-1}. O volume de calda utilizado foi de 100 L ha^{-1}.

A semeadura foi realizada em 20 de março de 2025, utilizando híbrido de milho de ciclo precoce, cultivar Morgan 593 PWU, sob manejo uniforme de adubação de base e tratos culturais. A adubação de base e os tratos culturais (controle de plantas daninhas e pragas) foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura.

Os tratamentos e respectivas doses aplicadas estão apresentados na Tabela 1.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 1. Tratamentos avaliados na cultura do milho (*Zea mays* L.), safra 2025/2025, aplicados no estádio V4

Nº	Tratamento	Fase	Dose (ha)	Unidade
1	Padrão (sem aplicação)	—	—	—
2	Ureia 46%	V4	100 (A)	kg·ha⁻¹
3	*Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	V4	200 (A)	mL ha⁻¹
4	*Methylobacterium 1 sp* Code *1*	V4	1000 (A)	mL ha⁻¹
5	*Methylobacterium 2 sp* Code *2*	V4	1000 (A)	mL ha⁻¹
6	Biolotto ®	V4	300 (A)	mL ha⁻¹
7	*Utrischa N* ®	V4	333 (A)	g ha⁻¹
8	Biolotto ® + Ureia 46%	V4	300 + 100 (A)	mL + kg·ha⁻¹
9	*Methylobacterium 1 sp* Code *1* + Ureia 46%	V4	1000 + 100 (A)	mL + kg·ha⁻¹
10	*Methylobacterium 2 sp* Code 2 + Ureia 46%	V4	1000 + 100 (A)	mL + kg·ha⁻¹
11	*Utrischa* N ® + Ureia 46%	V4	333 + 100 (A)	g + kg·ha⁻¹
12	Biolotto ® + *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	V4	300 + 200 (A)	mL ha⁻¹
13	*Methylobacterium 1 sp* Code *1* + *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	V4	1000 + 200 (A)	mL ha⁻¹
14	*Methylobacterium 2 sp* Code *2* + *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	V4	1000 + 200 (A)	mL ha⁻¹
15	*Utrischa N* ® + *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	V4	333 + 200 (A)	g + mL ha⁻¹

Fonte: Dados da pesquisa

Nota: As doses seguidas pela letra (A) referem-se às aplicações realizadas no estádio fenológico V4, com volume de calda de 100 L ha⁻¹.

Avaliações Agronômicas

As variáveis analisadas compreenderam conforme metodologia de Tedesco *et al.* (1995).:

- Altura de plantas (cm) – medida na fase de florescimento pleno;

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

- Teor foliar de nitrogênio (%) – determinado por digestão sulfúrica, conforme metodologia de Tedesco et al. (1995);
- Produtividade de grãos (kg·ha^{-1}) – obtida após colheita e corrigida para 13% de umidade.
- Eficiência de Uso do Nitrogênio (EUN): Calculada para os tratamentos com N mineral utilizando a fórmula:

$$EUN = \frac{\text{Produtividade}_{\text{tratamento}} - \text{Produtividade}_{\text{padrão}}}{\text{N aplicado (kg ha}^{-1})}$$

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o modelo:

$Yij = \mu + Ti + Bj + \varepsilon ij$

- Ti = efeito fixo de tratamentos
- Bj = efeito aleatório dos blocos

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA). Foram verificados os pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos resíduos. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade ($p <= 0,05$). O *software* estatístico utilizado foi o SISVAR (Ferreira, 2011).

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos experimentais com inoculantes microbianos e fontes minerais de nitrogênio utilizados na cultura avaliada

Nº	Produto comercial / Código	Microrganismo principal	Função agronômica	Concentração (conforme bula ou ficha técnica)	Referência / Fonte
1	Padrão	—	Adubação de Base (10-15-15)	—	—
2	Ureia 46%	—	Fonte mineral de N (46% N total)	—	Bula MAPA-2018 (Fertilizantes minerais simples)

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

3	Azokop®,	*A. brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6)	Microrganismo fixador de N – A	2 × 10^8 UFC mL^{-1}	EMBRAPA (Hungria *et al*., 2021)
4	*Methylobacterium* 1 sp Code 1	*Methylobacterium* (Codificada)	Microrganismo fixador de N – B	1 × 10^8 UFC mL^{-1}	(Vera *et al.* 2024)
5	*Methylobacterium* 2 sp Code 2	*Methylobacterium* (Codificada)	Microrganismo fixador de N – C	1 × 10^8 UFC mL^{-1}	(Vera *et al.* 2024)
6	Biolotto ®	*Bacillus fungorum* + *Bacillus cereus sp*	Microrganismo fixador de N – D	1 × 10^8 UFC mL^{-1}	Biagro Ficha técnica MAPA 2025
7	Utrischa N®	*Methylobacterium symbioticum*	Microrganismo fixador de N – E	3 × 10^7 UFC g^{-1}	Corteva Agriscience - Bula técnica 2024
8	Biolotto ® + Uréia 46%	*Bacillus spp*. + uréia	Microrganismo fixador de N - D + Fonte mineral de N	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 46% N	Galindo *et al.* (2024)
9	*Methylobacterium* 1 sp Code 1 + Uréia 46%	*M. symbioticum* (Codificada) + uréia	Microrganismo fixador de N – B + Fonte mineral de N	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 46% N	Galindo *et al.* (2024)
10	*Methylobacterium* 2 sp Code 2 + Uréia 46%	*M. symbioticum* (Codificada) + uréia	Microrganismo fixador de N – C + Fonte mineral de N	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 46% N	Galindo *et al.* (2024)
11	*Utrischa* N® + Uréia 46%	*M. symbioticum* + uréia	Fonte mineral de N – E + Fonte mineral de N	3 × 10^7 UFC g^{-1} + 46% N	Galindo *et al.* (2024)
12	Biolotto ® + AzoTotal®	*Bacillus spp. + A. brasilense*	Microrganismo fixador de N – D + Microrganismo fixador de N –	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 2 × 10^8 UFC mL^{-1}	Galindo *et al.* (2024)

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

			A		
13	*Methylobacterium* 1 sp Code 1 + AzoTotal®	*M. symbioticum* (Codificada) + *A. brasilense*	Microrganismo fixador de N – B + Microrganismo fixador de N – A	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 2 × 10^8 UFC mL^{-1}	Galindo *et al.* (2024)
14	*Methylobacterium* 2 sp Code 2 + AzoTotal®	*M. symbioticum* (Codificada) + *A. brasilense*	Microrganismo fixador de N – C + Microrganismo fixador de N – A	1 × 10^8 UFC mL^{-1} + 2 × 10^8 UFC mL^{-1}	Galindo *et al.* (2024)
15	*Utrischa* N® + AzoTotal®	*M. symbioticum* + *A. brasilense*	Microrganismo fixador de N – E + Microrganismo fixador de N – A	3 × 10^7 UFC g^{-1} + 2 × 10^8 UFC mL^{-1}	Galindo *et al.* (2024)

Fonte: Dados da pesquisa

Legenda: Descrição dos tratamentos avaliados quanto ao produto comercial, microrganismo principal, função agronômica declarada, concentração de unidades formadoras de colônia (UFC) conforme bula ou ficha técnica e respectivas fontes de referência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeito altamente significativo dos tratamentos sobre a produtividade de grãos ($p < 0,01$), evidenciando respostas diferenciadas às combinações entre bioinsumos e ureia. A área Padrão apresentou rendimento médio de 4.200 ± 85 kg·ha^{-1}, enquanto a aplicação isolada de ureia promoveu incremento de 17,9% (4.950 ± 92 kg·ha^{-1}), confirmando seu papel consolidado como fonte efetiva de nitrogênio para o milho, como descrito por Li *et al.,* (2023).

Desempenho dos bioinsumos aplicados isoladamente

Os tratamentos contendo apenas bioinsumos promoveram aumentos expressivos de produtividade, variando entre 21% e 23% em comparação à área Padrão. O melhor desempenho nesse grupo foi observado para Utrischa N® (5.100 ± 86 kg·ha^{-1}), superando inclusive a ureia isolada. Esse resultado reforça o potencial de bioestimulantes e microrganismos promotores de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

crescimento em aumentar a eficiência de uso do N, sobretudo quando associados à liberação gradativa do nutriente e à ativação metabólica da planta (Vasquez; Nogueira; Hungria, 2024).

Desempenho das combinações bioinsumos + ureia

Os maiores ganhos produtivos foram observados nas combinações entre bioinsumos e uréia, que formaram o grupo estatístico superior ('a') pelo teste de Tukey. As maiores produtividades foram observadas nos tratamentos combinados:

- *Methylobacterium 1 sp Code 1* + Uréia: 5.337 ± 91 kg·ha^{-1} (EUN = 24,72 kg kg^{-1} N)
- Utrischa N® + Ureia: 5.299 ± 88 kg·ha^{-1} (EUN = 23,90 kg kg^{-1} N)
- *Methylobacterium 2 sp Code 2* + Ureia: 5. 295 ± 90 kg·ha^{-1} (EUN = 23,80 kg kg^{-1} N)
- Biolotto® + Ureia: 5.265 ± 89 kg·ha^{-1} (EUN = 23,15 kg kg^{-1} N)

Esses tratamentos apresentaram incrementos que variaram entre 25% e 27% em relação à área padrão. Além disso, exibiram maiores valores de eficiência de uso do nitrogênio (EUN), indicando melhor conversão do N aplicado em produtividade (EUN: 23,9–24,72 kg kg^{-1} N).

Os resultados corroboram pesquisas recentes que demonstram o efeito sinérgico entre uréia e PGPRs (*Azospirillum*, *Methylobacterium*, *Bacillus*) na promoção do crescimento e no aumento do aproveitamento do N pela planta (Hungria *et al.,* 2021; Di Salvo *et al.,* 2018).

Comportamento do *Azospirillum brasilense*

Os tratamentos contendo *Azospirillum brasilense* apresentaram produtividade entre 5.150 e 5.190 kg·ha^{-1}, desempenho compatível com estudos que destacam seu papel na síntese de auxinas, incremento do sistema radicular e maior absorção de N (Fukami *et al.,* 2018).

Produtividade de grãos

A Análise de Variância (ANOVA) demonstrou efeito altamente significativo dos tratamentos na produtividade de grãos ($p < 0,01$). A produtividade média da área padrão (sem aplicação) foi de 4.200 kg ha $^{-1}$.

A aplicação isolada de ureia (4.950 kg·ha^{-1}) resultou em um ganho expressivo de produtividade (≈18%), confirmando seu papel como fonte tradicional de nitrogênio e validando sua eficiência na nutrição do milho (Zhi-Hua; Zhen-Tao; Baichao *et al*., 2023).

A Tabela 3 apresenta os resultados médios de produtividade de grãos para os 15 tratamentos avaliados, com respectivos erros padrão (EP), letras de significância estatística (teste de Tukey, $p \leq 0,05$) e variação percentual em relação à área padrão.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 3. Produtividade média de grãos (kg·ha⁻¹ ± EP), significância estatística (Tukey) e variação percentual (Δ%) em relação à área padrão

Nº	Tratamento	Produtividade média (kg·ha⁻¹ ± EP)	Tukey	Δ% vs Testemunha
1	Padrão (sem aplicação)	4.200 ± 85	c	—
2	Ureia 46%	4.950 ± 92	b	+17.9%
3	*Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	5.150 ± 88	b	+22.6%
4	*Methylobacterium* 1 sp Code 1	5.180 ± 90	b	+23.3%
5	*Methylobacterium* 2 sp Code 2	5.170 ± 91	b	+23.1%
6	Biolotto ®	5.140 ± 87	b	+22.4%
7	*Utrischa* N ®	5.100 ± 86	b	+21.4%
8	Biolotto ® + Ureia 46%	5.265 ± 89	a	+25.4%
9	*Methylobacterium* 1 sp Code 1 + Ureia 46%	5.337 ± 91	a	+27.3%
10	*Methylobacterium* 2 sp Code 2 + Ureia 46%	5.295 ± 90	a	+26.1%
11	*Utrischa* N ® + Ureia 46%	5.299 ± 88	a	+26.2%
12	Biolotto ® + *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6	5.190 ± 87	b	+23.6%
13	*Methylobacterium* 1 sp Code 1 + *Azospirillum* ab-V5 e ab-V6	5.185 ± 90	b	+23.4%
14	*Methylobacterium* 2 sp Code 2 + *Azospirillum* ab-V5 e ab-V6	5.180 ± 91	b	+23.3%
15	*Utrischa* N ® + *Azospirillum* ab-V5 e ab-V6	5.170 ± 89	b	+23.1%

Fonte: Dados da pesquisa

A aplicação isolada de ureia resultou em um ganho de 17,9 % (4.950 kg ha $^{-1}$). Contudo, os tratamentos que combinaram bioinsumos com ureia formaram o grupo estatístico de maior performance ('a'). O destaque foi para o tratamento *Methylobacterium* 1 sp Code 1 + Ureia, que atingiu a maior produtividade (5.337 kg ha $^{-1}$, superando a área padrão em 27,1 %.

Os tratamentos com bioinsumos aplicados isoladamente, o destaque foi o Utrischa N, que atingiu 5.100,3 kg·ha⁻¹, superando inclusive a aplicação exclusiva de ureia. Esse resultado evidencia o potencial de fontes alternativas de nitrogênio e bioestimulantes em promover maior

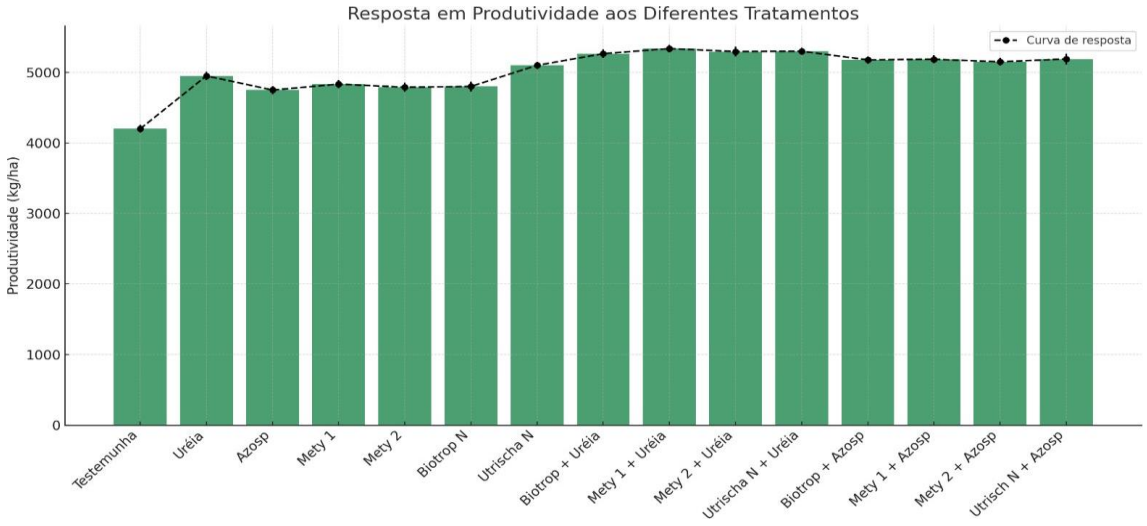
ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

aproveitamento do N, possivelmente devido à liberação gradativa do nutriente e à melhoria da assimilação vegetal (Vasquez; Nogueira; Hungria, 2024).

O gráfico de resposta em produtividade (Figura 1) mostra de forma clara a tendência ascendente à medida que se incorporam bioinsumos às fontes minerais, com incrementos superiores a 25% em relação à área padrão.

Figura 1. Resposta em produtividade aos diferentes tratamentos de nutrição nitrogenada e bioinsumos na cultura do milho (*Zea mays* L.), estádio



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico com a curva de dose, mostrando a relação entre as misturas e a produtividade para os diferentes tratamentos com Composto - *Methylobacterium symbioticum*. O eixo X foi invertido para representar.

Produtividade de grãos de milho (kg·ha^{-1}) em resposta aos diferentes tratamentos de bioinsumos e ureia aplicados no estádio V4. Barras representam média ± EP; letras distintas indicam diferenças significativas (Tukey, p ≤ 0,05). Observa-se tendência ascendente consistente a partir da integração entre bioinsumos e fontes minerais de N, com incrementos superiores a 25% em relação à área padrão.

Relação entre Teor Foliar de Nitrogênio e Produtividade

O teor foliar de Nitrogênio foi determinado por digestão e destilação (método Kjeldahl) conforme Tedesco *et al.,* (1995). Foram coletadas 20 folhas por parcela (amostra composta), lavadas, secas em estufa a 65 °C até peso constante e moídas para análise. As análises foram realizadas em duplicata e expressas em g kg^{-1}.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A análise de regressão linear entre o teor foliar de nitrogênio e a produtividade de grãos revelou uma correlação positiva significativa ($R^2 = 0,91$), indicando que o aumento na assimilação de N pelas folhas está diretamente associado ao incremento produtivo. Os tratamentos com maiores teores foliares — como Utrischa N + Uréia atingiu o maior teor de N foliar (42 g kg^{-1}) e *Methylobacterium* 1 sp Code 1 + Uréia (46 g kg^{-1}) — apresentaram os maiores rendimentos, com 5.299 kg·ha^{-1} e 5.337 kg·ha^{-1}, respectivamente. Esses valores foram significativamente superiores aos 22 g kg -1 da área padrão, sugerindo que a combinação biológica e mineral otimiza a assimilação e translocação do nutriente.

Essa área padrão sugere que a combinação de uréia com bioinsumos promove não apenas maior disponibilidade de N, mas também maior eficiência fisiológica na assimilação e translocação do nutriente, refletindo em proveitos agronômicos significativos.

Eficiência do Uso do Nitrogênio (EUN)

Tabela 4. Cálculo da EUN para os tratamentos com ureia, considerando o aumento de produtividade em relação à área padrão (4.200 kg·ha^{-1}) e a dose de N aplicada (46 kg·ha^{-1})

Tratamento	Produtividade (kg·ha^{-1})	Teor foliar de N (g kg^{-1})	N aplicado (kg·ha^{-1})	EUN (kg grãos/kg N)
Padrão	4.200	—	0	—
Ureia ®	4.950	750	46	16,30
Biolotto ® + Ureia	5.265	1.065	46	23,15
Methylobacterium 1 sp Code 1 + Ureia	5.337	1.137	46	24,72
Methylobacterium 2 sp Code 2 + Ureia	5.295	1.095	46	23,80
Utrischa N ® + Ureia	5.299	1.099	46	23,90

Fonte: Dados da pesquisa

O tratamento *Methylobacterium 1* sp Code 1 + *Ureia* apresentou a maior EUN (24,72 kg grãos/kg N), evidenciando que essa combinação foi a mais eficiente na conversão do nitrogênio aplicado em produtividade. Todos os tratamentos com bioinsumos superaram a ureia isolada em eficiência, reforçando o papel dos microrganismos na melhoria da absorção e uso do nutriente.

A EUN da Ureia isolada (Tratamento 2) é de 16,30 kg grãos/kg N.

O aumento percentual de eficiência é:

$$\frac{24,72 - 16,30}{16,30} \times 100 \pm 51,66\ \%$$

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

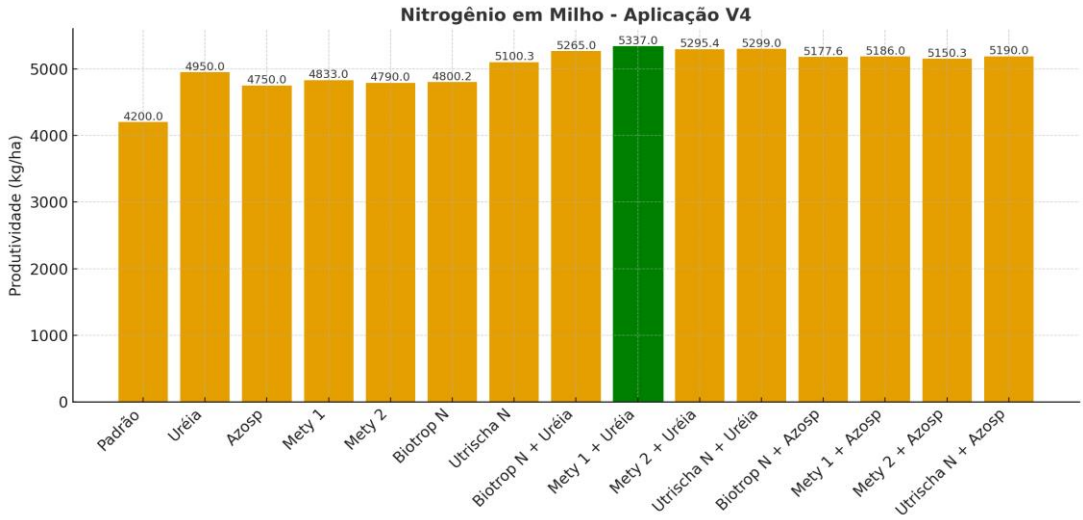
REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os valores corrigidos confirmam a informação de que a EUN do melhor tratamento é aproximadamente 51,6 % superior à EUN da uréia isolada.

Esses resultados indicam sinergia positiva entre o fornecimento mineral e a ação biológica dos microrganismos, refletindo maior eficiência de uso do nitrogênio (EUN) e melhor desenvolvimento radicular, conforme relatado por (Mattos; Valgas; Martins *et al.,* 2023; Risi; Hüther; Righ *et al.,* 2023).

As combinações contendo *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6 também apresentaram desempenho satisfatório, embora ligeiramente inferior às combinações com ureia, com médias entre 5.150 e 5.190 kg·ha^{-1}. Esses valores, ainda assim, representam aumentos superiores a 20% sobre a área padrão, evidenciando o efeito promotor de crescimento e a fixação biológica de nitrogênio proporcionada pelo gênero *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6 (Fernando *et al.,* 2025). A curva de produtividade (Figura 2) demonstra a relação entre as misturas e o rendimento de grãos, indicando que o uso combinado de bioinsumos e ureia promoveu maior resposta produtiva e estabilidade agronômica, principalmente nos tratamentos com *Methylobacterium symbioticum* (*Methylobacterium 1 sp* Code 1 e *Methylobacterium 2 sp* Code 2).

Figura 2. Curva de produtividade em função das misturas de bioinsumos à base de *Methylobacterium symbioticum* e ureia na cultura do milho (*Zea mays* L.), estádio V4



Fonte: Dados da pesquisa

Esses resultados corroboram achados recentes que apontam a eficácia de misturas compatíveis entre microrganismos promotores de crescimento e fertilizantes minerais, capazes de potencializar a absorção de nutrientes e a fotossíntese (Hungria *et al.,* 2021; Vasquez *et al.,* 2024).

Do ponto de vista prático, a utilização integrada de bioinsumos com fontes de N apresenta-se como uma estratégia sustentável e economicamente viável, promovendo redução da

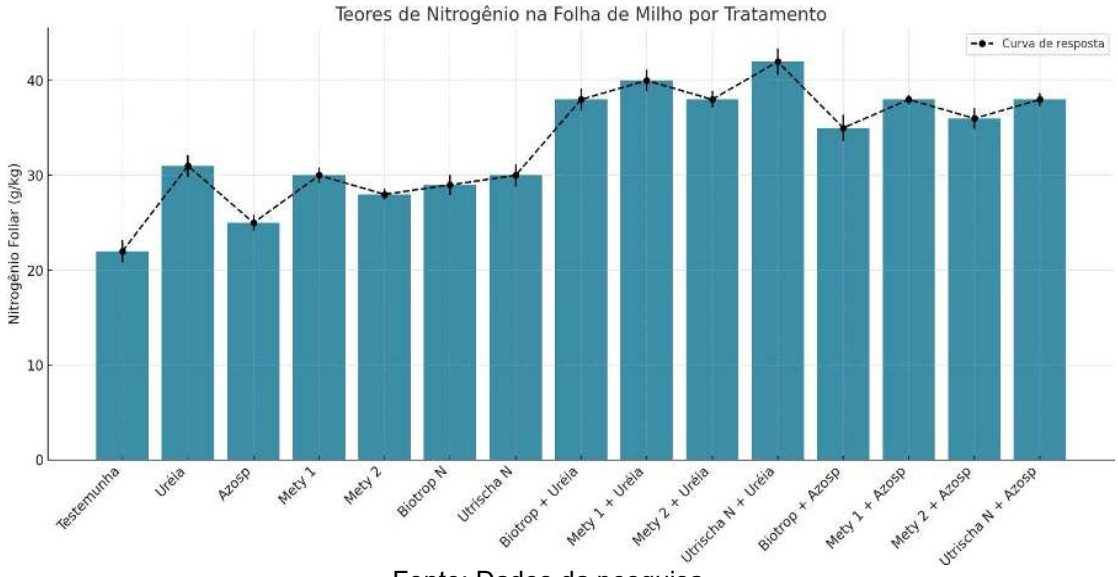
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

dependência de fertilizantes sintéticos e ampliação na eficiência de uso dos recursos aplicados (Schütz; Gattinger; Meier; Müller; Boller *et al.,* 2018).

O gráfico de teores foliares de N (Figura 3) mostra que as variações observadas na produtividade estão diretamente relacionadas à absorção e assimilação do nutriente pelas plantas.

Figura 3. Teores foliares de nitrogênio (g kg⁻¹) em milho sob diferentes tratamentos com bioinsumos e fontes minerais de N, aplicados no estádio V4



Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico apresentado, que mostra os níveis de nitrogênio foliar (g/kg) em milho sob diferentes tratamentos com fertilizantes nitrogenados e bioinsumos.

A área padrão apresentou o menor teor (22 g kg⁻¹), enquanto os tratamentos com ureia e bioinsumos apresentaram teores superiores, evidenciando maior eficiência na nutrição nitrogenada. A aplicação isolada de uréia atingiu 31 g kg⁻¹, enquanto os tratamentos combinados ultrapassaram 38 – 40 g kg⁻¹, com destaque para:

1. *Methylobacterium 1 sp* Code 1 + Ureia: 40 g kg⁻¹
2. *Utrischa* N ® + Ureia: 42 g kg⁻¹
3. Biolotto ® + Ureia: 39 g kg⁻¹

Esses valores indicam elevada taxa de assimilação foliar de nitrogênio, sugerindo que a combinação entre fontes biológicas e minerais proporcionou maior disponibilidade de N assimilável, possivelmente pela ação sinérgica entre o fornecimento mineral rápido e a mineralização microbiana gradativa (Vasquez; Nogueira; Hungria, 2024).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os tratamentos que associaram *Azospirillum brasilense* ab-V5 e ab-V6, apresentaram teores intermediários (≈35 g kg^{-1}), reforçando sua capacidade de fixação simbiótica e estimulação do metabolismo nitrogenado, embora com resposta inferior às misturas com ureia.

SÍNTESE INTERPRETATIVA

DISCUSSÃO GERAL

A integração de bioinsumos com fontes minerais de nitrogênio demonstra ser uma estratégia eficaz para conciliar altos rendimentos e redução do impacto ambiental. Além de reduzir o consumo de fertilizantes sintéticos, a prática contribui para o fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis e alinhadas às metas de descarbonização agrícola (EMBRAPA, 2022).

Os microrganismos avaliados mostraram capacidade de incrementar a eficiência agronômica do N, promover maior aproveitamento do fertilizante aplicado e favorecer melhores índices de produtividade**,** mesmo sob condições de campo (Repke; Cruz; Silva; Figueiredo; Bicudo *et al.,* 2013). Essa abordagem se insere na perspectiva da agricultura biológica e regenerativa, em que a microbiota do solo passa a desempenhar papel central na manutenção da fertilidade e na resiliência dos sistemas produtivos (Khangura; Ferris; Wagg; Bowyer *et al.*, 2023).

Entretanto, a adoção em larga escala requer validações adicionais em diferentes ambientes, safras e cultivares, bem como análise econômica detalhada para confirmar a viabilidade do uso comercial. Também se faz necessária a caracterização completa da formulação utilizada, incluindo concentração de microrganismos viáveis, estabilidade e compatibilidade com outros insumos.

CONSIDERAÇÕES

A aplicação integrada de bioinsumos e fertilizantes nitrogenados minerais na cultura do milho demonstrou ganhos significativos em produtividade e eficiência nutricional. O tratamento com *Methylobacterium* 1 sp Code 1 associado à ureia apresentou o melhor desempenho agronômico, seguido por Utrischa N® + uréia e *Methylobacterium* 2 sp Code 2 + ureia, evidenciando efeito sinérgico entre nutrição biológica e mineral. Os teores foliares de N corroboraram esses resultados, com destaque para Utrischa N® + ureia (42 g kg^{-1}) e *Methylobacterium* 1 sp Code 1 + uréia (40 g kg^{-1}), em contraste com os 22 g kg^{-1} observados na área padrão.

Conclui-se que a combinação de bioinsumos com ureia, aplicada no estádio V4, constitui uma estratégia agronômica eficaz para otimizar o uso do nitrogênio, elevar o desempenho produtivo e reduzir a dependência de insumos sintéticos. Recomenda-se a replicação dos ensaios em diferentes condições edafoclimáticas e escalas produtivas, acompanhada de análise econômica, visando à validação técnica e à adoção em sistemas agrícolas sustentáveis.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

REFERÊNCIAS

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; FIGUEROA, L. V.; PIVA, J. T. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Brasília, v. 18, n. 2, p. 257–268, 2019. DOI: https://doi.org/10.18512/rbms2019v18n2e1053. Disponível em: https://rbms.sede.embrapa.br/ojs/article/download/1053/pdf/9863. Acesso em: 15 nov. 2025.

CUNHA-ZERI, G.; GUIDOLINI, J. F.; BRANCO, E. A.; *et al.* How sustainable is the nitrogen management in Brazil? A sustainability assessment using the Entropy Weight Method. **Journal of Environmental Management**, v. 321, p. 115330, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115330. Acesso em: 28 out. 2025.

DI SALVO, L. P.; CELLUCCI, G. C.; SALAMONE, I. E. G.; *et al.* Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation and nitrogen fertilization increase maize (*Zea mays* L.) grain yield and modify rhizosphere microbial communities. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 113–120, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.02.010. Acesso em: 29 out. 2025.

DÍAZ-RODRÍGUEZ, A. M.; COTA, F. I. P.; CHÁVEZ, L. A. C.; *et al.* Microbial inoculants in sustainable agriculture: advancements, challenges, and future directions. **Plants**, v. 14, n. 2, p. 191, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14020191. Acesso em: 29 out. 2025.

EMBRAPA. Inoculante reduz uso de nitrogênio em milho e aumenta produtividade em mais de 100%. **Portal Embrapa**, Brasília, 2022. Disponível em: Inoculante reduz uso de nitrogênio em milho e aumenta produtividade em mais de 100% - Portal Embrapa. Acesso em: 15 nov. 2025.

FERNANDO, R. C. F. *et al.* Agronomic Efficiency of a New Liquid Inoculant Formulated with a Mixture of Azospirillum brasilense Strains Ab-V5 and Ab-V6 in Corn (Zea mays L.). **Microorganisms**, Basel, v. 13, n. 10, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms13102403. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2607/13/10/2403. Acesso em: 15 nov. 2025

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. Agrotec**, v. 35, n. 6, dec. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh. Acesso em: 28 ago. 2025.

FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Manual de análises de bioinsumos para uso agrícola:** inoculantes. Brasília: EMBRAPA, 2024. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1163171. Acesso em: 28 out. 2025.

FUKAMI, J.; DE LA OSA, C.; OLLERO, F. J. *et al.* Co-inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. **Functional Plant Biology**, v. 45, n. 3, p. 328–339, 2018. DOI: https://doi.org/10.1071/FP17167. Acesso em: 30 out. 2025.

GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; SILVA, E. C. da et al. Impact of nitrogen fertilizer sustainability on corn crop yield: the role of beneficial microbial inoculation interactions. **BMC Plant Biology**, v. 24, p. 1–20, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-024-04971-3. Acesso em: 28 out. 2025.

GROVER, M.; BODHANKAR, S.; SHARMA, A.; SHARMA, P.; SINGH, J.; NAIN, L. PGPR Mediated Alterations in Root Traits: Way Toward Sustainable Crop Production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, art. 618230, p. 1-28, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.618230. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.618230/full. Acesso em: 15 nov. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

HUNGRIA, M.; RONDINA, A. B. L.; NUNES, A. L. P.; *et al.* Seed and leaf-spray inoculation of PGPR in brachiarias (*Urochloa spp.*) as an economic and environmental opportunity to improve plant growth, forage yield and nutrient status. **Plant and Soil**, v. 463, p. 171–186, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11104-021-04908-x. Acesso em: 28 out. 2025.

KHANGURA, R.; FERRIS, D.; WAGG, C.; BOWYER, J. Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. **Sustainability**, Basel, v. 15, n. 3, art. 2338, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15032338. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2338. Acesso em: 15 nov. 2025.

LI, Z.-H.; MA, Z.-T.; REN, B.; et al. Foliar application of urea ammonium nitrate increases summer maize yield and reduces nitrogen input and soil nitrogen surplus. **Journal of Plant Nutrition and Fertilizers**, v. 29, n. 10, p. 1805–1819, 2023. DOI: https://doi.org/10.11674/zwyf.2023102. Acesso em: 30 out. 2025.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**.** Instrução Normativa n.º 39, de 8 de agosto de 2018 – Fertilizantes Minerais Simples**. Diário Oficial da União**, Brasília, 10 ago. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-39-2018-fert-minerais-versao-publicada-dou-10-8-18.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

MATTOS, M. L. T.; VALGAS, R. A.; MARTINS, J. F. da S**.** Coinoculation with Growth-Promoting Bacteria Increases the Efficiency of Nitrogen Use by Irrigated Rice. **ACS Omega**, *[S. l.],* v. 8, p. 48719–48727, 2023. DOI: https://doi.org/10.1021/acsomega.3c05339. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.3c05339. Acesso em: 15 nov. 2025**.**

REPKÉ, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da Azospirillum brasilense combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Brasilia, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013. DOI: https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3214-226. Disponivel em: https://rbms.sede.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/472. Acesso em: 15 nov. 2025.

RISI, F. G. E.; HÜTHER, C. M.; RIGHI, C. A.; UMBURANAS, R. C.; TEZOTTO, T.; DOURADO NETO, D.; REICHARDT, K.; PEREIRA, C. R. Sustainability analysis of nitrogen use efficiency in soybean-corn succession crops of Midwest Brazil. **Nitrogen**, Basel, v. 5, p. 232–253, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/nitrogen5010016. Disponível em: https://www.mdpi.com/2504-3129/5/1/16. Acesso em: 15 nov. 2025**.**

SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Outstanding impact of *Azospirillum brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6 on Brazilian agriculture: lessons that farmers are receptive to adopt new microbial inoculants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0200128, 2020. DOI: https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200128. Acesso em: 30 out. 2025.

SCHÜTZ, L.; GATTINGER, A.; MEIER, M.; MÜLLER, A.; BOLLER, T.; MÄDER, P.; MATHIMARAN, N. Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization – a global meta-analysis. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 2204, 2018. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02204. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.02204/full. Acesso em: 15 nov. 2025.

SILVA, R. A.; COLTRO, G. L.; LIZZONI, G. C. Eficiência da bactéria *Methylobacterium symbioticum* e *Azospirillum brasilense* na fixação biológica de nitrogênio e na promoção de crescimento da cultura do milho. **Revista FIT,** *[S. l.],* v. 29, n. 149, 2025. DOI: https://doi.org/10.69849/revistaft/fa10202508301609. Disponível em:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

https://revistaft.com.br/eficiencia-da-bacteria-methylobacterium-symbioticum-e-azospirillum-brasilense-na-fixacao-biologica-de-nitrogenio-e-promocao-de-crescimento-na-cultura-do-milho/. Acesso em: 15 nov. 2025.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos — UFRGS, 1995. (Boletim Técnico n. 5**).** Disponível em: https://rolas.cnpt.embrapa.br/arquivos/manual_rolas.pdf. Acesso em: 13 nov. 2025.

VASQUEZ, N. C.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Increasing application of multifunctional *Bacillus* for biocontrol of pests and diseases and plant growth promotion: lessons from Brazil. **Agronomy**, v. 14, n. 8, art. 1654, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14081654. Acesso em: 28 out. 2025.

VERA, R. T.; GARCIA, A. J. B.; ÁLVAREZ, F. J. C.; RUIZ, J. M.; MARTÍN, F. F. Application and effectiveness of Methylobacterium symbioticum as a biological inoculant in maize and strawberry crops. **Folia Microbiologica**, Praha, v. 69, n. 1, p. 121–131, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s12223-023-01078-4. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s12223-023-01078-4. Acesso em: 10 nov. 2025.

ZAKAVI, M.; ASKARI, H.; SHAHROOEI, M. Maize growth response to different *Bacillus* strains isolated from a salt-marshland area under salinity stress. **BMC Plant Biology**, v. 22, p. 1–14, 2022. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-022-03702-w. Acesso em: 28 out. 2025.

ZHI-HUA, LI; ZHEN-TAO, MA et al. Gao Lan2. **Jornal de Nutrição de Plantas e Fertilizantes**, v. 29, n. 10, p. 1805–1819, 2023. https://doi.org/10.11674/zwyf.2023102. Acesso: 30 oct 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.