

INTERAÇÃO ENTRE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA E BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO ARROZ DE TERRAS ALTAS IRRIGADO POR ASPERSÃO

Bruna Miguel Cardoso¹, João Pedro da Silva Francisco², César Henrique Alves Seleguin³,
Nelson Câmara de Souza Júnior⁴, Orivaldo Arf⁵

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio, fitohormônios, produtividade, sustentabilidade.

Introdução

O arroz (*Oryza Sativa* L.) é um dos três cereais mais cultivados do mundo e o Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais (Silva e Wander, 2025). Um dos fatores limitantes da produtividade do arroz é o nitrogênio (N), em virtude do seu papel na constituição de compostos orgânicos como aminoácidos, amidas e proteínas, incluindo a clorofila (Taiz et al., 2017). Dessa forma, o suprimento adequado do N favorece a interceptação de luz e a eficiência fotossintética, influenciando na produtividade de grãos (Fageria e Stone, 2003). Dentre os métodos de fornecimento de N, os fertilizantes químicos são os mais comuns, principalmente na forma de ureia, uma vez que possui elevada concentração de N (44 - 46%) e baixo custo em comparação a outras fontes. No entanto, um dos entraves da utilização da ureia são as perdas de N através da volatilização da amônia (NH₃), lixiviação do nitrato (NO₃⁻) e emissão de óxido nitroso (N₂O), diminuindo a eficiência de absorção pelas plantas.

Dessa maneira, é imprescindível buscar técnicas mais eficientes e sustentáveis para o suprimento de N, como a utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). O *Azospirillum brasilense*, *Nitrospirillum amazonense* e *Methylobacterium symbioticum* são bactérias capazes de realizar a fixação biológica do N (FBN), a qual pode substituir parcialmente a adubação mineral nitrogenada (Baldani e Baldani, 2005; Vera et al., 2020). Segundo Cassán et al. (2020), essas bactérias também sintetizam fitohormônios, estimulando o desenvolvimento radicular e proporcionando maior absorção de água e nutrientes. Estudos evidenciam a importância desses microrganismos na obtenção de altas produtividades nas culturas do arroz, da cana-de-açúcar e do milho (Guimarães et al., 2020; Reis et al., 2020; Vera et al., 2020).

As bactérias do gênero *Bacillus* também contribuem para a absorção do N e são capazes de estimular a atividade da urease e a síntese de auxinas (Saeed et al., 2023). Nakatani et al. (2024) relatam aumento do teor de N nas folhas e nos grãos, assim como na produtividade do milho. Resultado semelhante foi observado por Knoll (2022) na cultura do arroz, com incrementos na produtividade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é verificar o efeito de doses de N, associadas a inoculação com BPCPs, em relação aos componentes de produção do arroz de terras altas.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), localizada em Selvíria (MS). O solo é classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico de textura argilosa (Santos, 2018). As características químicas do solo nas camadas de 0 - 0,20 m são: pH (CaCl₂) = 5,9; M.O (g dm⁻³) = 17; P (mg dm⁻³) = 37; S-SO₄ (mg dm⁻³) = 10; K (mmolc dm⁻³) = 1,6; Ca (mmolc dm⁻³) = 34; Mg (mmolc dm⁻³) = 22; Al (mmolc dm⁻³) = 0; H + Al (mmolc dm⁻³) = 15; SB

¹ Mestra em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, brunamiguel.agro@gmail.com

² Graduando em Agronomia Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, jp.francisco@unesp.br

³ Engenheiro Agrônomo, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, cesar.seleguin@unesp.br

⁴ Mestre em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", souza.jr@unesp.br

⁵ Doutor em Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, o.arf@unesp.br

(mmolc dm⁻³) = 57; CTC (mmolc dm⁻³) = 72; V (%) = 79; m (%) = 0; B (mg dm⁻³) = 0,17; Cu (mg dm⁻³) = 2; Fe (mg dm⁻³) = 20; Mn (mg dm⁻³) = 14 e Zn (mg dm⁻³) = 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em fatorial 4 x 6, com quatro doses de N em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) em função das seguintes bactérias promotoras de crescimento: *M. symbioticum*, *A. brasilense*, *N. amazonense*, *B. subtilis* e *B. aryabhattai* e a testemunha (sem aplicação de microrganismo). O sistema de manejo implementado foi o convencional, irrigado por pivô central. A cultivar utilizada foi a BRS A502 e as sementes foram tratadas com Standak Top na dose de 2 mL kg⁻¹ de semente, em conjunto com o cobalto (Co) e o molibdênio (Mo), na mesma dosagem.

A semeadura mecânica ocorreu no dia 9 de janeiro de 2025, utilizando 80 kg ha⁻¹ de sementes, com espaçamento de 0,35 m nas entrelinhas. A adubação nos sulcos de semeadura foi feita com 250 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada com metade das doses aos 15 dias após a emergência (DAE) e a outra metade aos 35 DAE, utilizando como fonte a ureia (46% de N). A dose de cada inoculante foi de 300 mL ha⁻¹, exceto para *M. symbioticum*, que foi 333 g ha⁻¹, divididas em duas aplicações, aos 16 DAE e 36 DAE. A aplicação foliar dos inoculantes ocorreu através de um pulverizador elétrico de pressão constante, vazão de 180 L ha⁻¹, utilizando bico cônico cheio. As pragas e as doenças foram controladas de acordo com a necessidade, com produtos registrados para a cultura.

As avaliações realizadas foram: altura de plantas, número de panículas por m², número de grãos cheios, chochos e totais, massa hectolétrica e produtividade. Os dados foram analisados com o auxílio do software R versão 4.3.2 (R Core Team, 2024). Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk. Quando verificado significância nos resultados, para comparação das médias foi realizado o teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$). Para análise de variância no software R foi utilizado o pacote "ExpeDes.pt".

Resultados e Discussão

Os valores médios de altura de plantas, número de panículas por m², número de grãos cheios, chochos e totais, massa hectolétrica e produtividade estão descritos na Tabela 1. A interação entre os microrganismos e as doses de N não foram significativas para nenhum dos atributos avaliados, no entanto, houve efeito para os tratamentos de forma isolada.

Tabela 1. Valores médios de altura de plantas (H), número de panículas por m² (P), número de grãos cheios (G. cheios), chochos (G. chochos) e totais (G. totais), massa hectolétrica (MH) e produtividade do arroz. Selvíria (MS), 2025.

	H	P	G. cheios	G. chochos	G. totais	MH	Produtividade
	cm	un.	unidade	unidade	unidade		kg ha ⁻¹
Microrganismos (M)							
Testemunha	96,48	356,43	89,05 a	24,27 a	113,32 a	49,93 b	6370 b
<i>B. subtilis</i>	96,18	383,95	80,12 b	17,01 c	97,13 c	51,88 a ⁴	7031 a ⁵
<i>B. aryabhattai</i>	98,56	371,62	78,68 b	19,59 c	98,27 c	52,18 a	6722 a
<i>N. amazonense</i>	97,81	382,52	89,38 a ²	16,82 c	106,20 b	53,12 a	6632 a
<i>M. symbioticum</i>	98,54	381,45	84,58 a	20,90 b	105,48 b	49,63 b	6111 b
<i>A. brasilense</i>	98,89	377,52	85,26 a	18,74 c	103,99 b	52,98 a	7054 a
Doses de N (D)							
0	90,2	354,54	87,84	17,96	104,81	53,8	6580
40	97,47	368,57	85,62	17,7 ³	104,32	52,35	6824
80	101,38	382,59	83,4	19,43	103,81	50,9	6776
120	101,93 ¹	396,62	81,18	23,12	103,32	49,44	6446

	Valores de Pr > Fc						
Microrganismos	0,45 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,02*	0,002*	0,0006*	0,0009*	0,001*
Doses de N	0,001*	0,0025*	0,11 ^{ns}	0,004*	0,94 ^{ns}	0,0001*	0,25 ^{ns}
M x D	0,93 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Média Geral	97,75	375,58	84,51	19,57	104,07	51,63	6653,74
CV (%)	4,83	12,5	12,71	23,78	10,16	5,35	12,36

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,05$); ^{ns}não significativo e *significativo ($p \leq 0,05$); M: Microrganismos; D: Doses; CV: Coeficiente de variação; ¹ $Y = 90,20 + 0,2236x - 0,00104x^2$ ($R^2 = 0,99$); ² $Y = 354,54 + 0,35x$ ($R^2 = 0,68$); ³ $Y = 17,9578 - 0,0308x + 0,00062x^2$ ($R^2 = 0,99$); ⁴ $Y = 53,8018 - 0,0363x$ ($R^2 = 0,94$).

A altura das plantas e o número de panículas aumentou conforme a elevação das doses de N. Pela regressão quadrática, foi constatado que a dose ótima para altura de plantas foi encontrada quando se aplicou 107 kg ha⁻¹ de N. Fabre et al. (2011) observaram valores de altura de plantas de arroz entre 90 e 100 cm, utilizando, em média, 133 kg ha⁻¹ de N. Valores de altura entre 85 e 100 cm são consideradas adequadas para a cultura, uma vez que possuem baixa tendência ao acamamento (Morais et al., 2006). Em relação ao número de panículas, o aumento foi linear ($Y = 354,5448 + 0,3506x$, $R^2 = 0,68$). De acordo com Goes et al. (2016), o suprimento de N aumenta o número de colmos m⁻² devido às suas funções estruturais, visto que esse nutriente está relacionado a diferenciação e multiplicação celular, as quais, consequentemente, influenciam no número de panículas por unidade de área.

Houve correlação positiva entre o número de grãos chochos e a elevação das doses de N, com ajuste quadrático ($Y = 17,9578 - 0,0308x + 0,00062x^2$, $R^2 = 0,99$). Bahmanyar e Mashaei (2010), com resultados semelhantes, explicam uma possível competição por carboidratos, pois, o aumento da dose de N proporciona maior número de panículas, não havendo carboidratos suficientes para o enchimento dos grãos, o que também explica a redução da massa hectolétrica. No entanto, para a testemunha, da mesma maneira em que apresentou maior média de grãos totais, houve maior quantidade de grãos chochos e com menor massa hectolétrica, possivelmente devido a deficiência de N. Segundo Scivittaro et al. (2012), 70% do N absorvido pela cultura do arroz é exportado para os grãos, demonstrando a elevada demanda desse nutriente pela cultura. No entanto, o excesso ou a falta de N interfere na translocação de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, uma vez que o N possui relação direta na formação e translocação de carboidratos e enchimento de grãos (Fageria et al., 2011; Nascente et al., 2011).

Em contrapartida, os tratamentos com *N. amazonense*, *M. symbioticum* e *A. brasilense* produziram quantidades inferiores de grãos, no entanto, com maiores médias de grãos cheios e, portanto, menores valores de grãos chochos. Exceto o tratamento com *M. symbioticum*, as demais bactérias contribuíram para produção de grãos com maior massa hectolétrica. Em relação a produtividade, todos os microrganismos se destacaram, com exceção do *M. symbioticum*, o qual não diferiu da testemunha. Estes resultados possivelmente estão associados a capacidade dessas bactérias de realizarem a fixação biológica do N, além da síntese de fitohormônios, os quais estimulam o desenvolvimento radicular, permitindo maior absorção de água e nutrientes, o que refletiu na quantidade de grãos cheios, grãos com maior massa hectolétrica e ganhos na produtividade (Baldani e Baldani, 2005; Vera et al., 2020; Saeed et al., 2023).

Conclusões

O uso de BCPCs é uma técnica que auxilia na produção do arroz, com potencial para diminuir a adubação nitrogenada em cobertura e consequentemente os custos com fertilizantes. Para este estudo, indica-se o uso de *B. subtilis*, *B. aryabhattai*, *N. amazonense* e *A. brasilense*, em arroz irrigado em solo de Cerrado.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado à autora (88887.907744/2023-00) e a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP) por todo o apoio para a realização deste trabalho.

Referências

- BAHMANYAR, M. A.; MASHAEE, S. S. Influences of nitrogen and potassium top dressing on yield and yield components as well as their accumulation in rice (*Oryza sativa*). African Journal of Biotechnology, Nairobi, v.9, n.18, p.2648-2653, 2010.
- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.77, n.3, p. 549-579, 2005.
- CASSÁN, F. et al. Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. Biology and Fertility of Soils, v.56, p.461-479, 2020.
- FABRE, D. V. O. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.41, n.1, p.29-38, 2011.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A.; COELHO, A. M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. Journal of Plant Nutrition, v.34, n.3, p.361-370, 2011.
- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. In: FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos (ed.). Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.
- GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O. Manejo do nitrogênio em cobertura no arroz de terras altas em plantio direto. Agrarian, Dourados, n.31, v.9, p.11-18, 2016.
- GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FERREIRA, M. B.; KLEIN, D. K. Promotion of rice growth and productivity as a result of seed inoculation with *Azospirillum brasilense*. African Journal of Agricultural Research, Nairobi, v.16, n.6, p.765-776, 2020.
- HERNANDES, A. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.34, n.2, 2010.
- KNOLL, M. V. R. Efeito da inoculação foliar de bactérias promotoras de crescimento em arroz de terras altas irrigado por aspersão. 2022. 51f. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP), Ilha Solteira.
- MORAIS, O. P. de. et al. Melhoramento genético. In: SANTOS, A. B. dos.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A (2ed.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.289-358.
- NAKATANI, A. S.; GATO, I. M. B.; SANDINI, I. E. Uso de diferentes *Bacillus* spp. Promotores de crescimento vegetal associado com adubação nitrogenada na cultura do milho. Observatorio de La Economía Latinoamericana, Curitiba, v.22, n.3, 2024.
- NASCENTE, A. S. et al. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.41, n.1, p.60-65, 2011.
- R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REIS, V. M. et al. Agronomic performance of sugarcane inoculated with *Nitrospirillum amazonense* (br11145). Revista Caatinga, Mossoró, v.33, n.4, 2020.
- SAEED, S. W. Z. et al. *Bacillus* strains with catalase enzyme improve the physiology and growth of rice (*Oryza sativa* L.). Stresses, Basileia, v.3, n.4, p.736-748, 2023.
- SANTOS, H. G. dos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (5ed.). Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SCIVITTARO, W. B.; PARFITT, J. M. B.; SILVA, P. S. da.; SILVEIRA, A. D. Manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado por aspersão. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.
- SILVA, O. F. da.; WANDER, A. E. Arroz: estatística de produção. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/socioeconomia/estatistica-de-producao>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- TAIZ, et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. (6ed.). Porto Alegre, RS: Artmed, 2017.
- VERA, R. T. et al. Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize and strawberry crops. Folia Microbiologica, Praga, v.69, p.121-131, 2024.
- VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. (1ed.). Brasília, DF: Embrapa, 2017.