

COMBINAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E ORTOFOSFATO COM *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO

Matheus Boetege Mota¹; Maria Laura Turino Mattos²

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., fixação biológica de nitrogênio, inoculante, terras baixas

Introdução

A inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz irrigado é uma alternativa para uma agricultura de baixo carbono e de alto rendimento, com sua capacidade de fixação de nitrogênio (FBN), possibilitando uma redução de adubações usuais que visam disponibilizar nitrogênio (N) para a planta. A FNB também promove melhorias morfológicas, com aumento da área radicular e de altura de plantas de arroz (VOGEL, 2023). O inoculante comercial contendo *A. brasilense* combinado com reduzida adubação nitrogenada eleva a renda líquida do produtor e proporciona maior desempenho produtivo da cultivar BRS Pampeira e, quando combinado com adubação nitrogenada padrão produtor, eleva a renda líquida do produtor e proporciona maior desempenho produtivo das cultivares BRS Pampa e IRGA 424RI (WANDER et al., 2019). Recentemente foi comprovada a eficiência agrônômica de *A. brasilense*, estirpes Ab-V5 e Ab-V6 na cultura do arroz irrigado por inundação (cultivar BRS Pampa CL), combinado com a redução de 30 kg de N ha⁻¹ da fertilização nitrogenada, quando houve um incremento na produção de grãos de arroz de 30% (MATTOS et al., 2022). Adicionalmente, o uso de ácidos húmicos pode favorecer a inoculação com microrganismos promotores de crescimento de plantas, bem como com os fixadores de nitrogênio, solubilizadores de fósforo e os produtores de auxinas (BALDOTTO; BALDOTO, 2014), como quando utilizada a bactéria diazotrófica *A. brasilense*. Os constituintes de maior relevância das frações húmicas são os ácidos húmicos e fúlvicos, com relação à reatividade e ocorrência nos ecossistemas (CARON, 2015). A capacidade das substâncias húmicas de estimular diversos processos fisiológicos que promovem o crescimento vegetal, principalmente o sistema radicular (AGUIAR et al., 2008), desperta o interesse de otimizar os benefícios do uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas tendo como referência a inoculação de sementes com *A. brasilense*. Neste contexto, o fósforo (P) é um dos principais nutrientes do arroz, e sua deficiência pode afetar a planta, provocando redução no crescimento, no perfilhamento, no sistema radicular e, consequentemente, na produtividade (FAGERIA, 1999), sendo limitante em solos alagados em função da alternância nas condições de oxidação e redução, a qual determina modificações intensas na fase sólida mineral do solo e na dinâmica de elementos altamente reativos, como o P (GUILHERME et al., 2000). A inundação do solo propicia um ambiente onde alguns nutrientes não se encontram em formas prontamente disponíveis como o fósforo, cuja resposta da planta de arroz à adubação é relativamente baixa (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Dessa forma, a utilização de ortofosfato, forma de fósforo que está diretamente disponível para plantas, torna-se uma alternativa para suprir a demanda desse nutriente para o arroz e para o crescimento de microrganismos no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a combinação de ácidos húmicos, fúlvicos e ortofosfato com o inoculante contendo *Azospirillum brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6), na tecnologia de tratamento de sementes de arroz irrigado, em terras baixas do Rio Grande do Sul.

¹Engenheiro Agrônomo, FAEM-UFPEL, Caixa Postal 354, CEP 96160-000, Capão do Leão-RS, mboetege@gmail.com

²Engenheira Agrônoma, Dra, Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, maria.laura@embrapa.br

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado em Capão do Leão, RS, sob Planossolo Háplico, na safra agrícola 2022/23. Anteriormente à implantação do experimento, procedeu-se à amostragem do solo, na profundidade de 0-20 cm, para avaliação da fertilidade. A semeadura do arroz, cultivar BRS Pampa CL, foi realizada no dia 11/11/2022, na densidade de 100 kg ha⁻¹ de sementes, e a emergência ocorreu em 23/11/2022. Os tratamentos foram dispostos em faixas com dimensões de 3,15 x 25 m (78,75 m²), constituindo-se nas unidades experimentais, sendo individualizadas por taipas. Na semeadura, utilizou-se semeadora de 9 linhas, sendo duas passadas de máquina, totalizando 18 linhas, espaçadas entre si em 17,5 cm. A lavoura foi implantada no sistema de cultivo convencional de preparo do solo.

Os tratamentos compreenderam controles e doses de nitrogênio: (T1) ausência de fertilizante nitrogenado e inoculante; (T2) dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹); (T3) dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense*; (T4) dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense* e substância húmica. A adubação de base consistiu na aplicação das formulações 00-45-36 (150 kg ha⁻¹) e 05-20-20 (300 kg ha⁻¹) de forma localizada no sulco de plantio, nos tratamentos testemunha e nos demais com adubação nitrogenada (fonte: ureia), respectivamente. A adubação nitrogenada mineral foi com base na recomendação para o arroz irrigado indicado em REUNIÃO (2018). Em cobertura, a adubação foi parcelada em duas aplicações nos estádios V3/V4 (início do perfilhamento) e R0 (iniciação da panícula). As datas das adubações nitrogenadas em cobertura foram estimadas utilizando-se o método de graus-dia (STEINMETZ et al., 2004). Como complementação da dose prevista de potássio foi aplicado a lanço, antes da semeadura, 45 kg ha⁻¹ de KCl. Para a inoculação, foi utilizado o inoculante comercial (formulação líquida), fornecido pela empresa Biotrop, de Curitiba, PR, contendo *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6), com garantia de concentração mínima de 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹, na dose de 100 mL por 50 kg de sementes. A substância húmica, ácido húmico + ácido fúlvico (produto comercial), foi aplicada sobre o solo (4L ha⁻¹), em área total, no estágio V₃/V₄ de desenvolvimento do arroz, antes da inundação das faixas. Conjuntamente, foi aplicado fósforo líquido (ortofosfato) (produto comercial) na dose de 4L ha⁻¹. As práticas fitossanitárias foram de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para a cultura (REUNIÃO, 2018).

Os tratamentos foram avaliados pelas seguintes variáveis: 1) estatura de plantas; 2) comprimento de raiz; 3) massa e número de panículas; 4) massa seca da parte aérea (folhas + colmos); 5) massa de grãos; 6) peso de mil grãos; 7) esterilidade de espiguetas. No estágio de diferenciação da panícula (R1), em 04/01/2023, foi realizada a avaliação do comprimento de raiz por meio da medida de cinco plantas por repetição (05) de parcela, totalizando 25 plantas por tratamento. A variável massa de grãos foi medida na maturação de colheita (estádio R9). Para a produtividade de grãos do arroz, considerou-se uma parcela útil constituída por sete linhas de plantas com 5 m de comprimento e cinco repetições amostrais. Os dados de produtividade foram corrigidos para 130 g kg⁻¹ de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH(água): 5,0; 1,6% de MO; 42mg dm⁻³ de P; 70mg dm⁻³ de K; 0,4cmol_c dm⁻³ de Al; 3,5cmol_c dm⁻³ de Ca;

1,7cmolc dm⁻³ de Mg e saturação por bases de 60%. As variáveis estatura de plantas, comprimento de raiz, massa e número de panículas e massa seca da parte aérea foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 1). Os tratamentos com *Azospirillum brasilense* (T3 e T4) propiciaram plantas com estaturas mais altas, com raízes mais longas e com maior produção de massa seca, comparativamente aos tratamentos com ausência de adubação nitrogenada (T1) e inoculante e com a dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (T2). Ressalta-se que a estatura de plantas referência para a cultivar BRS Pampa CL é de 95 cm (MAGALHÃES JÚNIOR, et. al., 2018). Esses resultados demonstram o benefício do *A. brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) na promoção do crescimento de plantas em função da produção de fitormônios, principalmente no estímulo ao crescimento de raízes. Quanto à massa e número de panículas, destaca-se o desempenho superior da combinação de *A. brasilense* com a substância húmica e ortofosfato (T4) com mais de 700 panículas m⁻², superando o valor de referência preconizado para cultivares de arroz irrigado (REUNIÃO, 2018). Para a variável produtividade de grãos, os tratamentos com o uso de *A. brasilense* (T3) e substância húmica e ortofosfato (T4) promoveram maior produtividade de grãos, destacando-se os incrementos de 68% e 8% em relação aos tratamentos com omissão de N e inoculante (T1) e com a dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (T2), respectivamente. Com relação ao peso de mil grãos, não houve diferença significativa entre os tratamentos e o valor médio foi superior (27,7 g) ao valor preconizado para a cultivar (25,1 g) (MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2018). Para a variável esterilidade de espiguetas, os valores obtidos foram baixos e a diferença significativa foi em relação ao tratamento com ausência de nitrogênio e inoculante com menor valor percentual. De acordo com FAGERIA et al., (2007), a esterilidade de grãos, em arroz irrigado, é característica dos genótipos e pode ser modificada com o uso de N, sendo que maiores doses de nitrogênio proporcionam maior esterilidade de espiguetas.

Tabela 1. Estatura de plantas, comprimento de raiz, número e massa de panículas, massa seca da parte aérea, produtividade, peso de mil grãos e esterilidade de espiguetas em função dos tratamentos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. Safra 2022/23.

Tratamento	Estatura	Raiz	Panículas		Parte Aérea	Produtividade	Peso mil grãos	Esterilidade
	cm	cm	Nº m ²	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g	%
T1	91,2 b	16,0 b	499 c	10000 c	7800 c	8204	27,0 ^{ns}	2,0 b
T2	96,9 ab	17,2 b	698 b	13900 b	10300 b	12728	28,48	4,4 a
T3	98,6 a	20,0 a	690 b	14600 b	11700 a	13284	27,56	4,6 a
T4	98,3 a	20,3 a	766 a	15900 a	11900 a	13779	27,76	4,7 a
Média	96,2	19,9	658,5	1,367	1,005	11999	27,70	3,9
CV (%)	1,9	14,9	9,7	10,8	9,0	4,1	5,65	3,8

*T1 - ausência de fertilizante nitrogenado e inoculante; T2 - dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹); T3 - dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense*; T4 - dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (120 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense* e substância húmica. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Conclusões

O uso combinado de substâncias húmicas (ácido húmico + ácido fúlvico) e ortofosfato com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 + Ab-V6) possibilitam incremento de produção de grãos da cultivar BRS Pampa CL em terras baixas no Rio Grande do Sul.

Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Clima Temperado pelo apoio técnico e à empresa Omnia pelo apoio financeiro.

Referências

- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, p. 856-881, 2014.
- CARON, V. C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos / Vanessa Cristina Caron, Jonathas Pereira Graças e Paulo Roberto de Camargo e Castro. - Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p. : il. (Série Produtor Rural, nº 58)
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. DOS; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.7, p.1029-1034, jul. 2007
- FAGERIA, N. K. Nutrição mineral. In: Vieira NRA, Santos AB & Sant'Ana EP (Eds.) *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, p.173-196. 1999.
- GUILHERME, L. R. G., CURTI, N., SILVA, M. L. N., RENÓ, N. B.; MACHADO, R. A. F. Adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 24:27-34. 2000
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; RANGEL, P. H. N.; FAGUNDES, P. R. R.; COLOMBARI FILHO, J. M.; FRANCO, D. F.; CASTRO, A. P. de; ANDRES, A.; NEVES, P. de C. F.; NUNES, C. D. M.; BRESEGHELLO, F.; PETRINI, J. A.; TORGA, P. P.; MARTINS, J. F. da S.; ABREU, A. G. de; FERREIRA, M. E.; MOURA NETO, F. de. 'BRS Pampa CL': cultivar de arroz irrigado de grãos nobres para o sistema Clearfield® no RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 12 p. (Comunicado técnico, 364).
- MATTOS, M.L.T.; VALGAS, R.A.; MARTINS, J.F.S. Evaluation of the agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6 in flood irrigated rice. *Agronomy* 2022, 12, 3047. <https://doi.org/10.3390/agronomy1212304>
- REUNIÃO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (32. : 2018 : Farroupilha, RS) Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / 32. Reunião Técnica da Cultura do /arroz irrigado, 08 a 10 de agosto de 2018, Farroupilha, RS – Cachoeirinha : Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018. 205p.
- SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Eds.). *Arroz irrigado no Sul do Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 259-303.
- SINGH, U.; LADHA, J.K.; CASTILLO, E.G.; PUNZALAN, G.; TIROL-PADRE, A.; DUQUEZA, M. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium- and long-duration rice. *Field Crops Research*, v.58, p.35-53, 1998.
- STEINMETZ, S.; INFELD, J. A.; ASSIS, F. N. de; WREGE, M. S.; FERREIRA, J. S. A. Uso do método de graus-dia para estimar a data de diferenciação da panícula de cultivares de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 36 p.(Embrapa Clima Temperado. Documentos, 126).
- VOGEL, G. F.; BICHEL, A.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J. Desempenho agrônomo de *Azospirillum brasilense* na cultura do arroz: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, [S. l.]*, v. 6, n. 3, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2707>. Acesso em: 17 jun. 2025.
- WANDER, A. E.; MATTOS, M. L. T.; BRUM, M. S. Viabilidade econômica do uso de inoculante em lavouras comerciais de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 11., 2019. Balneário Camboriú, SC. Inovação e desenvolvimento na orizicultura: anais eletrônico. Itajaí: Epagri: Sосbai, 2019.