

LINHAGENS DE ARROZ IRRIGADO RESPONSIVAS À FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO COM BASE EM INDICADORES DE NÍVEL DE NITROGÊNIO

Gabriel Sonda¹; Cícero Almeida Colvara¹; Hellen Rosa Barcelos¹; José Manoel Colombari Filho²; Ariano Martins de Magalhães Júnior³; Maria Laura Turino Mattos⁴

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., melhoramento genético, genótipos, *Azospirillum brasilense*

Introdução

A eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN), por meio de bactérias diazotróficas associativas, é dependente da interação com a planta hospedeira, sendo fundamental identificar cultivares e linhagens que apresentem maior resposta aos benefícios da inoculação. Cultivares de arroz podem obter até 30% do nitrogênio (N) via fixação biológica (PANKIEVICZ et al., 2015), o que evidencia o potencial agrônomo dessa tecnologia. A literatura indica que existe grande diferença entre as cultivares quanto à capacidade de absorção e utilização de nutrientes, inclusive N (SINGH et al., 1998), bem como que genótipos de arroz diferem quanto à eficiência no uso de N mineral (FAGERIA et al., 2007). FAGUNDES et al. (2022) verificaram que o arroz irrigado realiza o processo de FBN associado a bactérias diazotróficas endofíticas, ocasionando alterações no índice relativo de clorofila e no rendimento de grãos, sendo um indicativo de que esses microrganismos podem promover a FBN em genótipos de arroz irrigado. Por sua vez, quando plantas de arroz, como a cultivar BRS Pampa, são inoculadas com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) combinado com adubação nitrogenada reduzida, há aumento no acúmulo de N nos colmos e folhas (43%) e no teor de N exportado pelos grãos (27,5%) em relação a plantas de arroz com ausência de N e inoculante (MATTOS et al., 2022). Dessa forma, para a seleção de genótipos com características favoráveis a interação com bactérias diazotróficas e resposta à FBN, são requeridos o uso de parâmetros confiáveis que reflitam as condições fisiológicas e nutricionais da planta, destacando-se a obtenção do índice relativo de clorofila (IRC), por meio do uso do clorofilômetro. O IRC, com base na intensidade da coloração das folhas, se correlaciona com teores de clorofila e nitrogênio foliar levando em consideração que entre 50 e 70% do nitrogênio da folha está associada aos cloroplastos (ARGENTA et al., 2001; PENG et al., 1993). O teor de nitrogênio foliar se constitui em outra variável sensível para compreender o comportamento dos genótipos de arroz frente a inoculação com bactérias diazotróficas, sendo muito utilizado para avaliar o estado nutricional das plantas e orientativo para a correção de possíveis deficiências ou excessos e balizador do manejo da adubação (REUNIÃO, 2023).

O objetivo desse trabalho foi selecionar linhagens de arroz irrigado com maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio, por meio de indicadores de nível de nitrogênio foliar.

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 2023/24.

¹ Graduando em Agronomia, FAEM-UFPEL, Caixa Postal 354, CEP 96160-000, Capão do Leão-RS, gabrielsonda43@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, jose.colombari@embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, ariano.martins@embrapa.br

⁴ Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, maria.laura@embrapa.br

Anteriormente à implantação do experimento, procedeu-se à amostragem do solo, na profundidade de 0-20 cm, para avaliação da fertilidade e, na profundidade de 0-10 cm, para avaliação da população de bactérias diazotróficas. A semeadura das linhagens de arroz foi realizada no dia 30/11/2023, na densidade de 100 kg ha⁻¹ de sementes, e a emergência ocorreu em 09/12/2023. O experimento foi delineado em faixas contendo 9 linhas de plantas, espaçadas em 17,5 cm m, com cerca de 27 m de comprimento, constituindo-se nas unidades experimentais, sendo individualizadas por taipas. Cada repetição amostral foi constituída de 9 linhas de plantas com 3 m de comprimento (parcela útil), totalizando três repetições por tratamento. A lavoura foi implantada no sistema de cultivo convencional de preparo do solo. Os níveis de nitrogênio usados para avaliação da eficiência das linhagens foram: 150 e 90 kg de N ha⁻¹, fonte uréia. 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 (150 kg de N ha⁻¹); (T3) inoculação com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); (T4) dose reduzida de N (90 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense*. 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 completa e reduzida, respectivamente. A adubação nitrogenada mineral em cobertura 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. Os tratamentos com sementes inoculadas (TS) foram definidos com base no ANEXO da Instrução Normativa N° 13 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 25/03/2011. As práticas fitossanitárias foram de acordo com as recomendações técnicas da pesquisa para a cultura (REUNIÃO, 2022). Foram avaliadas onze linhagens e duas cultivares (controles), oriundas do programa de melhoramento genético de arroz da Embrapa para o Sul do Brasil (MelhorArroz Irrigado), selecionando-se os genótipos mais eficientes e responsivos à menor dose de N-mineral e ao N-biológico fixado por bactéria diazotrófica, por meio das variáveis: índice relativo de clorofila (IRC) e teor de nitrogênio na folha bandeira no florescimento pleno (R4). O IRC foi medido com clorofilômetro SPAD 502 - Minolta, realizando-se medida na porção mediana da folha bandeira do arroz de dez plantas por parcela. A determinação do teor de N foi realizada em amostras constituídas pela folha bandeira, coletada de 48 plantas de arroz, escolhidas ao acaso, em cada parcela experimental. A interpretação das concentrações de N nas folhas-bandeira do arroz irrigado foi realizada conforme preconizado por Reunião (2022). Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Resultados e Discussão

O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH(água): 5,1; 1,4% de MO; 20mg dm⁻³ de P; 52mg dm⁻³ de K; 1,8cmol_c dm⁻³ de Al; 2,3cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,2cmol_c dm⁻³ de Mg e saturação por bases de 56%. Na Tabela 1 estão apresentados os valores do índice relativo da clorofila e do teor de N na folha bandeira. A variável IRC apresentou diferença significativa entre os tratamentos e esteve associada às linhagens AB201117, AB201157, CL223, AB181047 e AB181053 que apresentaram maior IRC na presença do *A. brasilense* e na

dose reduzida de N combinado com *A. brasilense* em relação à omissão do nitrogênio e do inoculante (T1) (Tabela 1). A cultivar BRS Pampa CL apresentou IRC superior para todos os tratamentos, indicando a capacidade de absorção de N mineral, provido pela adubação nitrogenada e disponível no solo, bem como da associação com *A. brasilense*. Os valores médios de nitrogênio na folha índice das linhagens de arroz (folha bandeira) foram significativamente influenciados pelos tratamentos (Tabela 1). A concentração de N deficiente ($<23 \text{ g kg}^{-1}$) foi verificada na ausência de N e de inoculante (T1) (linhagens AB201157 e AB181089), na dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada (T2) (linhagens AB201157 e ACL706), na inoculação com *A. brasilense* (T3) e na dose reduzida de N combinada com *A. brasilense* (T4) (linhagem AB181089). As demais linhagens foram agrupadas na faixa adequada ($23\text{-}28 \text{ g kg}^{-1}$) em todos os tratamentos. Ressaltam-se as respostas da cultivar BRS Pampa CL com a dose reduzida de N combinado com *A. brasilense* (T4) e da linhagem ACL706 inoculada com *A. brasilense* (T3) que apresentaram alta eficiência no uso de N mineral e fixado biologicamente, respectivamente, com excessivo nutriente para a cultura. O N absorvido pela linhagem ACL706 foi similar na ausência de adubação nitrogenada e inoculante, demonstrando possuir alta capacidade de absorção de baixos níveis de nitrogênio.

Tabela 1. Índice relativo da clorofila e teor de N na folha bandeira em função dos tratamentos. Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS. Safra agrícola 2023/24. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2025.

Tratamento	Índice Relativo de Clorofila												
	BRS Pampa CL	BRS Pampeira	AB201106	AB201117	AB201152	AB201157	CL223	CL 225	ACL706	AB181047	AB181053	AB181089	AB191129RH
T1	41,7 ^{ns}	37,2 ^{ns}	38,0 ^{ns}	36,7b	36,8 ^{ns}	33,2b	38,3b	38,1 ^{ns}	36,7 ^{ns}	36,1 ^{ns}	37,9b	31,6 ^{ns}	36,9 ^{ns}
T2	43,8	38,7	37,9	39,6b	35,8	32,3b	47,9a	38,5	38,2	35,5	36,1b	33,0	37,3
T3	43,6	38,4	39,5	40,2a	36,5	33,9b	43,8a	37,0	38,8	36,6	40,1a	33,3	36,8
T4	42,4	39,7	38,9	40,1a	37,9	42,6a	42,5a	37,6	37,3	38,6	37,7b	32,7	37,9
Média	42,8	38,5	38,5	39,1	36,7	35,5	43,2	37,8	37,7	36,7	37,9	32,6	37,2
CV (%)	2,3	2,6	1,9	4,2	2,3	3,4	9,1	1,7	2,4	3,6	4,3	2,2	1,3
	Teor foliar de N (g kg^{-1})												
T1	28b	25b	26 ^{ns}	26 ^{ns}	25 ^{ns}	22b	26 ^{ns}	23b	29a	25 ^{ns}	25 ^{ns}	22b	24 ^{ns}
T2	30a	28a	25	27	25	22b	26	26a	20c	25	25	24a	26
T3	27b	26b	27	26	25	24a	26	24a	30a	24	25	22b	25
T4	30a	27b	25	27	25	23a	25	24a	25b	24	25	21b	25
Média	28,7	26,5	25,7	26,5	25,0	22,7	25,7	24,2	26,0	24,5	25,0	22,2	25,0
CV (%)	5,2	4,8	3,7	2,1	0,0	4,2	1,9	5,1	7,4	2,3	0,0	5,6	3,2

T1- Testemunha com ausência da adubação nitrogenada e inoculante; T2- Dose de N recomendada para alta expectativa de resposta à adubação nitrogenada ($150 \text{ kg de N ha}^{-1}$); T3- Inoculação com *Azospirillum brasilense*; T4- Inoculação com *Azospirillum*

brasilense (estirpes Ab-V5 e Ab-V6); (T4) Dose reduzida de N (90 kg de N ha⁻¹) combinada com *A. brasilense*. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Conclusões

As linhagens AB201106, AB201117, AB201152 CL225 e AB191129RH tem potencial para fixação biológica de nitrogênio, destacando-se as linhagens AB201157, CL223, e ACL706 com maior eficácia na absorção de nitrogênio.

Agradecimentos

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

Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.,
- 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, 2007.
- FAGUNDES, P.; MATTOS, M. T.; de MAGALHAES JUNIOR, A. M.; MOTA, M.; LOPES, H. Linhagens de arroz irrigado interativas com bactérias diazotróficas para fixação biológica de nitrogênio. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022. 10 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 232).
- 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/agronomy12123047>
- PANKIEVICZ, V.C.S.; DO AMARAL, F.P.; SANTOS, K.F.D.N.; AGTUCA, B., XU, Y.; SCHUELLER, M.J.; ARISI, A.C.M.; STEFFENS, M.B.R.; DE SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O.; STACEY, G.; FERRIERI, R.A. Robust biological nitrogen fixation in a model grass–bacterial association. *Plant Journal*, v, 81, p. 907-919. 2015.
- PENG, S.; GARCÍA, F. V.; LAZA, R. C.; CASSMAN, K. G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agronomy Journal*, Madison, v. 85, n. 5, p. 987-990, 1993.
- REUNIÃO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (7. : 2022 : Restinga Seca, RS) Arroz irrigado (livro eletrônico) : recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil – 33. Ed. – Restinga Seca , RS : (SOSBAI) : Porto Alegre , RS: Epagri, Embrapa, Irga, UFPel, UFRGS, UFSM, 2023. – (Reunião técnica da cultura do arroz irrigado : 33).
- 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).