

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE ARROZ IRRIGADO AO USO DE MICROORGANISMOS BIODISPONIBILIZADORES DE NUTRIENTES

ALISSON MEIRELES COSTA¹; PEDRO NOGUEIRA²; LUANA BUENO LONGARAY²; LUIS DILÉO LIMBERGER JÚNIOR²; LAURO BOTELHO FERREIRA²; SIDNEI DEUNER³.

¹Universidade Federal de Pelotas – alissonmc2002@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – pedronogueira414@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – buenolongaray@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – luislimberger62@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – ferreirabotelholauro@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – sdeuner@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O arroz serve de base alimentar para diferentes países, suprimindo a alimentação de pessoas de diferentes níveis socioeconômicos (SOSBAI, 2022). O Brasil contribui significativamente na produção deste cereal, tendo, na safra 2023/24, alcançado uma produção total de 10,58 milhões de toneladas de arroz com casca, produzidas em 1,6 milhões de hectares, com uma produtividade média de 6,58 t ha⁻¹. O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, com 7,16 milhões de toneladas, totalizando 67,6 % da produção (CONAB, 2024).

A cultura do arroz depende de elementos nutricionais para seu desenvolvimento, e excepcionalmente do nitrogênio (N), principalmente por ser uma gramínea (ANGHINONI; CARLOS, 2018). O nitrogênio é um componente estrutural de proteínas, aminoácidos e da molécula de clorofila, além de enzimas que estão presentes nas plantas, o que faz desse nutriente um dos mais importantes para o desenvolvimento e a produtividade de grãos da maioria das culturas, em destaque para o arroz (SOSBAI, 2022).

Entretanto, o nitrogênio tem sua eficiência bastante variável devido a uma complexa interação de fatores bióticos e abióticos, como a disponibilidade de água, perdas por volatilização, entre outros, que podem interferir no seu aproveitamento pelas culturas (SCIVITTARO; MACHADO, 2004). Desde modo, visando a redução de custos com adubações nitrogenadas, uma das alternativas possíveis é a inoculação de sementes com rizobactérias que promovem o crescimento da planta, aumentando o suprimento deste nutriente (ORHAN et al., 2006). A coinoculação de *Azospirillum brasilense* com *Pseudomonas fluorescens* pode aumentar a eficiência do uso de nitrogênio em 37%, demonstrando melhor desempenho agrônomo em arroz irrigado (MATTOS et al., 2023).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento, em destaque *Azospirillum brasilense*, na melhoria da disponibilidade de nitrogênio e desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, através de análises fisiológicas das plantas.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido durante o ano agrícola de 2023/2024, em casa de vegetação no Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Foi utilizada a cultivar de arroz IRGA 424 RI, reconhecida como uma variedade apropriada para a região especificada. A semeadura foi realizada em baldes com capacidade para oito litros, contendo oito quilos de solo

proveniente do Centro Agropecuário da Palma. A adubação do solo foi manejada de acordo com a recomendação para a cultura (SOSBAI, 2022). No experimento foram semeadas cinco sementes por balde, sendo mantidas as três plantas mais vigorosas em cada repetição até o final do ciclo da cultura.

Quatro tratamentos compuseram o experimento, sendo: T1 - Adubação de base + mais nitrogênio em cobertura; T2 - Adubação de base + cobertura associado ao tratamento das sementes com *Azospirillum brasilense*; T3 - Adubação de base + 50% da recomendação de nitrogênio em cobertura; T4 - Adubação de base + 50% da recomendação de nitrogênio em cobertura + *Azospirillum brasilense*. As aplicações de nitrogênio foram realizadas de acordo com a escala de desenvolvimento proposta por COUNCE (2000), nos momentos em que as plantas atingiam os estádios fenológicos V3 (vegetativo – final do perfilhamento e entrada da lâmina d'água) e R0 (reprodutivo – diferenciação da panícula).

Quando as plantas alcançaram os estádios fenológicos R1 e R4, foram quantificados os dados referentes à taxa de assimilação líquida de CO₂ e a eficiência do uso da água, utilizando um analisador de gases infravermelho (IRGA), modelo LI6400, da marca LI-COR. O índice de clorofilas foi avaliado com o clorofilômetro Falker, modelo CFL1030 e, a condutância estomática, transpiração, a eficiência quântica efetiva do fotossistema II (FSII) e a taxa de transferência de elétrons (ETR), foram mensurados com porômetro e fluorômetro, modelo Li-600 (Lincoln, NE, EUA).

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, e a análise de variância (ANOVA) foi realizada utilizando o software Rbio (BHERING, 2017). Em seguida, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para comparação das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados apresentados na Tabela 1 demonstra que no estágio fenológico R1, o tratamento T3 destacou-se com a maior taxa de assimilação líquida de CO₂, enquanto o tratamento T4 apresentou o menor valor, entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos T3, T2 e T1, assim como T4, T2 e T1. No entanto, no estágio R4, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Quanto à condutância estomática, não houve diferença significativa entre os tratamentos em R1, entretanto, em R4, os tratamentos T1 e T2 obtiveram valores significativamente superiores quando comparados aos tratamentos T3 e T4. A taxa de transpiração seguiu um padrão semelhante, com T1 e T2 mostrando maiores valores em ambos os estádios, enquanto T3 e T4 registraram menores taxas. Para a eficiência do uso da água, não houve diferença significativa em R1, porém, em R4, os tratamentos T1 e T2 apresentaram melhor desempenho, sendo mais eficientes do que T3 e T4.

Tabela 1: Assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA).

Estádios:	Trat.	A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	g _s ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	E ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	EUA ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$)
R1	T1	22,81 ab*	0,41 a	3,80 a	2,03 a
	T2	24,24 ab	0,40 a	3,24 ab	2,34 a
	T3	25,81 a	0,31 a	2,16 b	2,20 a
	T4	21,22 b	0,26 a	1,96 b	1,86 a
CV:		9,12	23,87	28,82	34,05
R4	T1	19,03 a	0,81 a	5,54 a	2,28 a
	T2	20,96 a	0,85 a	4,78 a	2,23 a
	T3	20,63 a	0,35 b	2,16 b	1,83 b
	T4	19,38 a	0,26 b	1,61 b	1,74 b
CV:		10,1	28,05	17,41	8,31

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Letras maiúsculas compram os tratamentos dentro de cada período de avaliação. CV: coeficiente de variação.

Na análise dos dados da Tabela 2, pode-se observar que, tanto no estádio R1 quanto em R4, não houve diferença significativa no índice de clorofila entre os tratamentos. Apesar disso, a eficiência quântica efetiva (FSII), no estádio R1, o tratamento T2 apresentou um valor significativamente menor, enquanto no estádio R4, apenas os tratamentos T1 e 4 apresentam diferença significativa. Para a taxa de transporte de elétrons (ETR), o T1 se destacou com a maior taxa em ambos os estádios, seguido por T2, os tratamentos T3 e T4 não obtiverem diferença significativa, no estádio R1. Já em R4, o tratamento T1 manteve-se com a maior taxa, com T2 e T4 semelhantes, enquanto T3 apresentou a menor taxa, entretanto, não diferindo do tratamento T4.

Tabela 2: Índice de clorofila (IC), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (FSII) e a taxa de transferência de elétrons (ETR).

Estádios:	Trat.	IC	FSII	ETR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
R1	T1	61,16 a*	0,63 a	153,0 a
	T2	62,75 a	0,55 b	118,7 b
	T3	68,08 a	0,70 a	84,9 c
	T4	70,62 a	0,66 a	90,5 c
CV:		19,65	6,38	13,35
R4	T1	43,71 a	0,71 ab	200,9 a
	T2	44,56 a	0,69 ab	168,7 ab
	T3	43,41 a	0,74 a	129,7 c
	T4	43,61 a	0,67 b	150,8 bc
CV:		5,98	4,08	12,07

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Letras maiúsculas compram os tratamentos dentro de cada período de avaliação. CV: coeficiente de variação.

4. CONCLUSÕES

Os tratamentos com adubação de base junto a adubação em cobertura, foram significativamente melhores para condutância estomática, taxa de transpiração e eficiência do uso da água, especialmente no estádio R4, enquanto os tratamentos com redução da adubação em 50% apresentaram desempenhos significativamente inferiores. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas no índice de clorofila entre os tratamentos, o rendimento quântico efetivo e a taxa de transporte de elétrons se mostraram significativamente

melhores no tratamento T1 em ambos os estádios de desenvolvimento. Entretanto, baseado principalmente no índice de clorofilas, é possível concluir que a inoculação com *Azospirillum brasilense*, tem efeito positivo sobre a disponibilidade e absorção de nitrogênio na cultura do arroz irrigado, possibilitando aplicar doses menores deste nutriente mineral.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I. & CARLOS, F. S. O cenário para a diversificação. Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas. 1ed. Porto Alegre: Departamento de Solos - UFRGS, 2018, v. 1, p. 25-30.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187–190, jun. 2017.

Conab - Arroz. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/900-arroz>>. Acesso em: 08 ago. 2024.

LAURA, M.; RICARDO ALEXANDRE VALGAS; FRANCISCO. Coinoculation with Growth-Promoting Bacteria Increases the Efficiency of Nitrogen Use by Irrigated Rice. **ACS Omega**, v. 8, n. 51, p. 48719–48727, 13 dez. 2023.

ORHAN, E.; ESITKEN, A.; ERCISLI, S.; TURAN, M.; SAHIN, F. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Growth and Nutrient Contents in Organically Growing Raspberry. **Scientia Horticulturae**, v. 111, n. 1, p. 38–43, dez. 2006.

SCIVITTARO, W. B.; MACHADO, M. O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (ed.). Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.259-303.

SOSBAI (ed.). **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil: XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado**. 33. ed. Restinga Seca, RS: Sosbai, 2022.

SOUZA, R. O. et al. Solos alagados. In: MEURER, E. J. (org.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: **GENESIS**, 2000. p. 126-149.