

TAXA FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE ARROZ EM RESPOSTA AO ESTRESSE TÉRMICO

Autores: Natan da Silva Fagundes¹; Luana Bueno Longaray²; Mirege Robaina Viviam³; Ana Carolina de Oliveira Alves⁴, Sidnei Deuner⁵.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., mudanças climáticas, temperatura, trocas gasosas.

Introdução

A temperatura ambiente é um dos principais fatores que regem o crescimento sazonal e a distribuição geográfica dos principais cultivos agrícolas (LI *et al.*, 2018), tornando-se, o aquecimento global, uma séria ameaça à produtividade das culturas em todo o mundo (JANNI *et al.*, 2020). Segundo dados da FAO (FAO, 2024), à medida que a população mundial aumenta, a produção agrícola deve aumentar para sustentar a segurança alimentar, e estima-se que um aumento de 70% na produção de alimentos será necessário para satisfazer a procura de uma população projetada em mais de 9 bilhões até 2050.

O arroz é uma das culturas mais importantes e consumidas mundialmente (CHOI *et al.*, 2021), servindo de alimento para mais de 3 bilhões de pessoas, sendo considerado como o principal alimento básico. Assim como qualquer cultura, possui uma temperatura ideal para cada fase do seu desenvolvimento (HE *et al.*, 2019), onde, de forma geral, acima de 32°C, todos os estádios de crescimento são afetados, ocorrendo aumento de esterilidade de espiguetas e, conseqüentemente, redução na produtividade (KILASI *et al.*, 2018). Entretanto, no estágio reprodutivo, as plantas são mais suscetíveis ao estresse térmico do que no vegetativo (ARSHAD *et al.*, 2017), podendo influenciar significativamente a assimilação de carbono e a eficiência fotossintética líquida, com implicações na fotorrespiração, no equilíbrio da relação carbono-nitrogênio e na translocação de assimilados (CHATURVEDI *et al.*, 2017), reduzindo assim a produção de assimilados com a redução da concentração de carboidratos foliares induzida pela fotorrespiração (DUSENGE *et al.*, 2019).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar o perfil diário das trocas gasosas em diferentes cultivares de arroz submetidas a condições de elevada temperatura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em duas casas de vegetação pertencentes ao Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Capão do Leão/RS, sendo uma climatizada e outra não climatizada (pequenas estufas sustentadas por tubos de PVC e cobertas com filme de polietileno transparente de 150 micras, com duas aberturas laterais a fim de garantir as trocas gasosas entre o ambiente interno e externo, com monitoramento da temperatura interna com Datalogger digital AKSO, modelo AK172).

Sementes das cultivares de arroz IRGA 424 RI, SCSBRS Dueto e Nagina 22 (classificada como tolerante ao estresse térmico, segundo Bahuguna *et al.*, 2017), foram semeadas em vasos plásticos com capacidade para oito litros, preenchidos com solo típico

¹ Engº Agrônomo, mestrando em Fisiologia Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia (IB), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Av. Eliseu Maciel, s/n – Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, natanfagundes@gmail.com

² Engª Agrônoma, mestranda no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), buenolongaray@gmail.com

³ Engª Agrônoma, mestranda no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), viviamirege@gmail.com

⁴ Engª Agrônoma, mestranda no PPG em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), aco.alves@outlook.com

⁵ Engº Agrônomo, Prof. Dr., Universidade Federal de Pelotas (UFPel), sdeuner@yahoo.com.br

para o cultivo do arroz irrigado e, após a germinação, três plantas foram mantidas em cada vaso, cultivadas em sistema de inundação do solo a partir do estágio fenológico V3. A adubação seguiu as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2022).

As três cultivares foram mantidas em ambas as casas de vegetação durante todo estágio vegetativo e, ao atingirem o estágio reprodutivo R1 (diferenciação da panícula) e R4 (antese), foram submetidas aos seguintes tratamentos: Controle – CT (plantas sempre mantidas em casa de vegetação climatizada com temperatura média de 27°C); Estresse Térmico Contínuo - ETC (plantas mantidas em estufa não climatizada para induzir estresse térmico, com monitoramento da temperatura realizado com auxílio de um Datalogger digital (AKSO, modelo AK172), sendo observado um incremento médio de 8°C em relação ao ambiente externo ao longo do dia, e de 3°C no período noturno); Estresse Térmico em R1 – ET/R1 (plantas cultivadas em casa de vegetação climatizada e transferidas para estufa não climatizada ao atingirem o estágio R1); e, Estresse Térmico em R4 - ET/R4 (plantas cultivadas em casa de vegetação climatizada e transferidas para estufa não climatizada ao atingirem o estágio R4).

Após sete dias de submissão aos tratamentos, em cada estágio, as plantas das três cultivares de arroz foram avaliadas quanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) e taxa transpiratória (Tr) com auxílio de analisador portátil de gases infravermelho (LI6400, Licor). As avaliações foram realizadas em intervalos de três horas, a partir das 06:00 horas da manhã, seguindo até meia noite (00:00hs) do mesmo dia, para caracterizar o perfil diário das trocas gasosas das cultivares.

Resultados e Discussão

O perfil diário da assimilação líquida de CO₂ (A) para as plantas controle (CT) da cultivar IRGA 424 RI no estágio R1, apresentou maior incremento no período das 09:00hs às 12:00hs, seguido de queda até o final do dia (Figura 1A). Para as plantas dos tratamentos estresse térmico contínuo (ECT) e estresse térmico em R1 (ET/R1), foi observada redução constante ao longo do dia. Para o período noturno foram observados valores negativos, o que representa a taxa respiratória das plantas, caracterizada pela liberação de CO₂, com valores próximos a -2,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Quando a avaliação foi realizada no estágio R4, nos três tratamentos a maior taxa fotossintética foi observada entre 09:00hs e 15:00hs, seguido de acentuada redução ao final do dia. No período noturno, os valores negativos foram mais expressivos já nas primeiras horas de escuro (21:00hs), estabilizando até o período final de avaliação (00:00hs) (Figura 1B).

Para a cultivar SCSBRS Dueto, na avaliação realizada no estágio R1, plantas do tratamento CT apresentaram maior assimilação de CO₂ às 09:00hs da manhã (Figura 1C). No tratamento ECT a fotossíntese se manteve elevada até as 15:00hs e no tratamento ET/R1, a partir das 09:00hs a atividade fotossintética começou a reduzir. Para esta cultivar, a liberação de CO₂ no período noturno (taxa respiratória), para as plantas CT alcançou valores de -5,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e nos tratamentos ECT e ET/R1, valores próximos a -4,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Para a avaliação realizada no estágio R4, a assimilação líquida de CO₂ ao longo do dia seguiu tendência observada em R1, entretanto, a liberação noturna de CO₂ foi expressivamente mais acentuada, com valores de -9,6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no tratamento CT e próximos a -12,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nos tratamentos ECT e ET/R1 (Figura 1D).

A cultivar Nagina 22 é utilizada em programas de melhoramento e caracterizada como tolerante ao estresse térmico. No presente estudo, foi observado em ambos os estágios de avaliação que as plantas submetidas ao estresse térmico apresentaram taxa fotossintética superior as plantas controle em todos os períodos diurnos (Figura 1E e F). Outro fator distinto

observado na cultivar Nagina 22, foi a liberação noturna de CO_2 , apresentados valores próximos a zero nos dois períodos, caracterizando a menor taxa respiratória noturna.

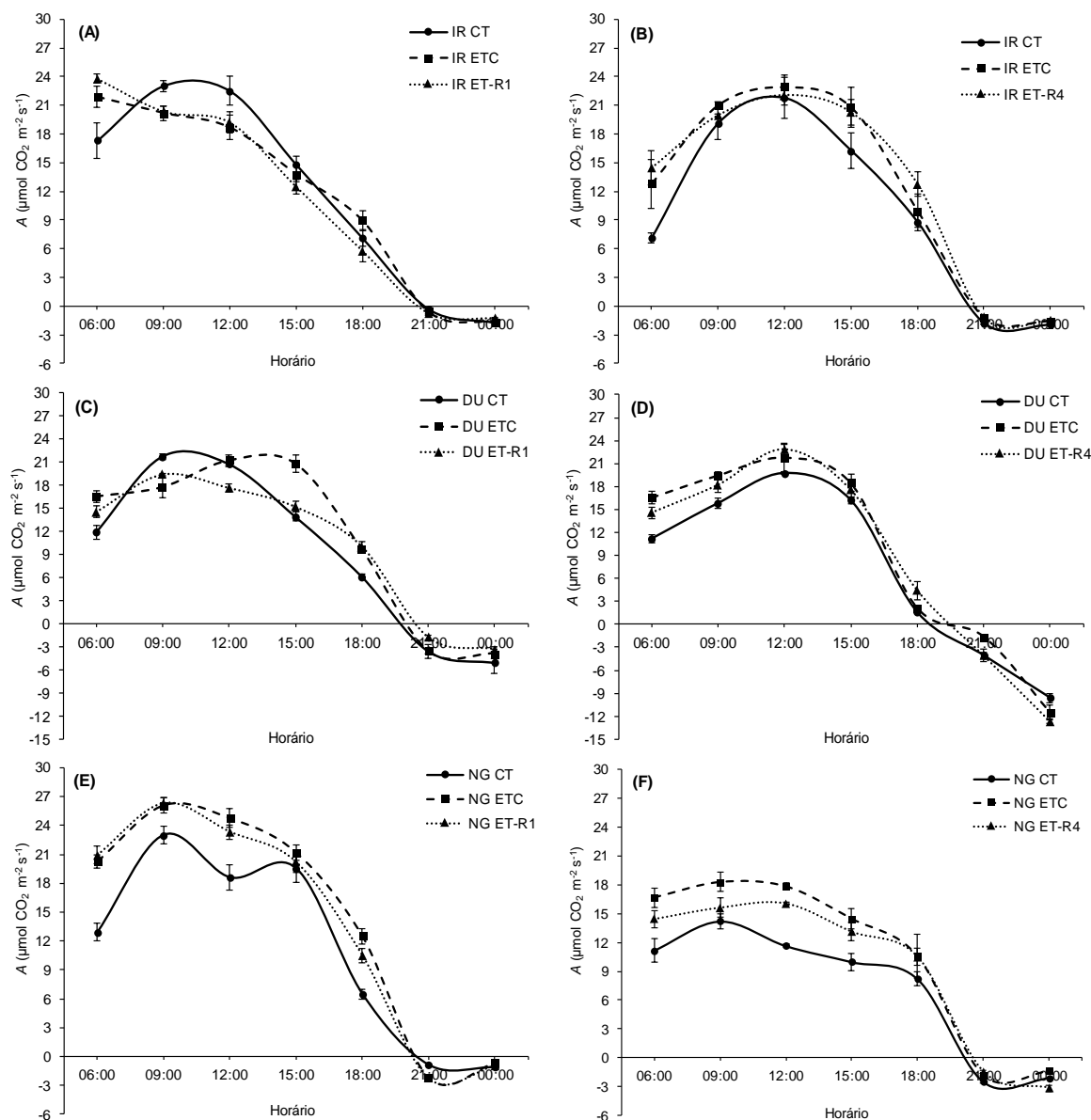


Figura 1. Assimilação líquida de CO_2 (A) das cultivares de arroz IRGA 424 RI (A e B), SCSBRS Dueto (C e D) e Nagina 22 (E e F) em resposta ao estresse térmico induzido em dois períodos do estágio reprodutivo (R1 e R4). Tratamentos: CT - Controle; ETC - Estresse Térmico Contínuo; ET-R1 Estresse Térmico em R1 e, ET/R4 - Estresse Térmico em R4. Barras representam o Erro Padrão da Média de seis repetições por tratamento.

O estresse térmico afeta a fotossíntese no arroz, reduzindo o crescimento e a produtividade. A elevação da temperatura pode diminuir a condutância estomática, reduzir a assimilação de CO_2 e aumentar a perda de água, impactando negativamente a fotossíntese. Além disso, o estresse térmico pode levar ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio e perturbar a homeostase proteica, afetando a síntese e o dobramento de proteínas

(MOORE *et al.*, 2021). Ainda, segundo Ferguson *et al.* (2020), a redução da taxa respiratória em plantas de arroz pode aumentar sua tolerância ao calor.

Conclusões

As cultivares de arroz IRGA 24 RI e SCSBRS Dueto apresentam maior sensibilidade a altas temperaturas para a assimilação líquida de CO₂. A cultivar Nagina 22 mantém elevada fotossíntese em condições de estresse térmico e menor efeito sobre a taxa respiratória.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPel.

Referências

- Arshad, M.S.; M. Farooq, F. Asch, J.S.V. Krishna, P.V.V. Prasad, K.H.M. Siddique, Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice, *Plant Physiol. Biochem.* 115 (2017) 57–72.
- Bahuguna, R. N., Solis, C. A., Shi, W., & Jagadish, K. S.. Post-flowering night respiration and altered sink activity account for high night temperature-induced grain yield and quality loss in rice (*Oryza sativa* L.). *Physiologia Plantarum*, (2017) 159(1), 59-73.
- Chaturvedi, A. K., Bahuguna, R. N., Shah, D., Pal, M., & Jagadish, K. S. V. High temperature stress during flowering and grain filling offsets beneficial impact of elevated CO₂ on assimilate partitioning and sink-strength in rice. *Scientific Reports*, (2017). 7, 8227.
- Dusenge, M. E., Duarte, A. G., & Way, D. A. Plant carbon metabolism and climate change: Elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration. *New Phytologist*, (2019) 221, 32–49.
- FAO. THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. State of food Insecurity in the World 2024. Disponível em: < <http://www.fao.org/publications> > Acesso em: 20 mai. 2025.
- Gourdji, S.M.; A.M. Sibley, D.B. Lobell, Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: historical trends and future projections, *Environ. Res. Lett.* 8 (2013) 024041.
- Janni, M.; M. Gulli, E. Maestri, M. Marmioli, B. Valliyodan, H.T. Nguyen, N. Marmioli, C. Foyer, Molecular and genetic bases of heat stress responses in crop plants and breeding for increased resilience and productivity, *J. Exp. Bot* 71 (2020) 3780–3802.
- Li, B.K. Gao, H. Ren, W. Tang, Molecular mechanisms governing plant responses to high temperatures, *J. Integr. Plant Biol.* 60 (2018) 757–779.
- Khan, S.; S. Anwar, M.Y. Ashraf, B. Khaliq, M. Sun, S. Hussain, Z. Gao, H. Noor, S. Alam, Mechanisms and adaptation strategies to improve heat tolerance in rice, a review, *Plants* 8 (2019) 508.
- Moore, C.E.; Meacham-Hensold, K.; Lemonnier, P.; Slattery, R.A.; Benjamin, C.; Bernacchi, C.J.; Lawson, T.; Cavanagh, A.P. The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: From enzymes to ecosystems. *J. Exp. Bot.* 2021, 72, 2822–2844.
- SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil: arroz irrigado – safra 2022/2023. Pelotas: SOSBAI, 2022. 332 p.
- Xu, J.; A. Henry, N. Sreenivasulu, Rice yield formation under high day and night temperatures-A prerequisite to ensure future food security, *Plant Cell Environ.* 43 (2020) 1595–1608.