

PARTIÇÃO DE CARBOIDRATOS E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE PLANTAS DE ARROZ IRRIGADO CULTIVADAS SOB ELEVADO CO₂

Stefânia Nunes Pires¹; Caroline Hernke Thiel²; Gabriele Espinel Ávila³; Sheila Bigolin Teixeira⁴; Angelita Celente Martins⁵; Roberta Jeske Kunde⁶; Beatriz Timm Rutz⁷; Victoria Novo Schmitz⁸; Sidnei Deuner⁹

Palavras-chave: OTC, bioquímica, mudanças climáticas, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas de maior importância mundial, com um grande volume de produção e extensas áreas de cultivo, sendo um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana (WANG, 2013). O Brasil é o nono produtor mundial, sendo o Estado do Rio Grande do Sul responsável por aproximadamente 70% da produção nacional. O cultivo irrigado é uma das principais atividades econômicas do Estado, onde, na safra 2018/2019 foram colhidos aproximadamente 8,6 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2019). Entretanto, para atender a demanda crescente da população a produção deve ser aumentada nos próximos anos (FAO, 2017).

A concentração atmosférica de CO₂ cresceu aproximadamente 40% entre os anos 1750 e 2005, principalmente em função do uso de combustíveis fósseis, e as previsões mostram que em 2050 esse valor será próximo de 700 ppm (NOAA, 2017). Muitos estudos relatam que a elevação do CO₂ atmosférico pode ter um efeito benéfico para as plantas C3 como o arroz, devido ao aumento do substrato para ocorrência da fotossíntese. Durante o processo fotossintético, o carbono assimilado é armazenado na forma de carboidratos e, das trioses-fosfato produzidas no ciclo de Calvin-Benson, 1/6 delas são direcionadas para produção de sacarose e amido (LEEGOOD et al., 2000; LAMBERS, 2006, YANG et al., 2006).

As plantas podem mitigar estas mudanças através da conversão fotossintética do CO₂ atmosférico em carboidratos ou outros compostos orgânicos, porém, o potencial para esta conversão e as respostas das plantas às mudanças climáticas ainda continua incerto (BLOOM et al., 2010). Frente a este cenário desafiador, têm-se buscado estudar a importância do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o metabolismo e a produção das culturas.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o conteúdo de amido e sacarose em folhas e raízes e os componentes de rendimento de grãos de arroz irrigado cultivado sob duas concentrações atmosféricas de CO₂.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2017/2018 em Câmaras de Topo Aberto (OTC'S), pertencentes ao Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM)/UFPEL, no município de Capão do Leão/RS.

As plantas foram cultivadas em sistema irrigado, com lâmina de água estabelecida após estádio V4 (COUNCE et al., 2000). Foram utilizadas sementes do cultivar IRGA 424 RI, semeadas

¹Engenheira agrônoma, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - Departamento de Botânica, Instituto de Biologia – Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão – RS. CEP: 96010–900, Brasil, stefanianunespires@gmail.com

²Engenheira agrônoma, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, carol_thiel24@hotmail.com

³Engenheira agrônoma, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, gabriele.esp@gmail.com

⁴Engenheira agrônoma, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes – UFPEL, sheila_bigoli@hotmail.com

⁵Bióloga, Doutora em Fisiologia Vegetal, angel-celente@hotmail.com

⁶Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, roberta_kunde@hotmail.com

⁷Graduanda em Biologia, Universidade Federal de Pelotas, beatriztimrutz@gmail.com

⁸Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, victorianschmitz@gmail.com

⁹Engenheiro Agrônomo, Professor do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - UFPEL, sdeuner@yahoo.com.br

em vasos com capacidade para 6 litros preenchidos com solo, corrigido conforme recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2016). Os vasos foram acondicionados no interior de duas OTC'S, com injeção controlada de CO₂, sendo uma mantida na concentração de 400 ppm (condição ambiente) e outra a 700 ppm (elevado CO₂) de CO₂. As avaliações ocorreram em quatro estádios fenológicos da cultura: V5, V11, R2 e R7. Para as análises bioquímicas, foram utilizadas folhas completamente expandidas e raízes, com quatro repetições por tratamento. A extração e quantificação de amido e sacarose seguiu metodologia proposta por GRAHAM & SMYDZUK, 1965 e HANDEL, 1968.

Para os componentes de rendimento de grãos foram utilizadas 11 repetições por tratamento, onde cada vaso com cinco plantas foi considerado uma repetição. Foram determinados o número de panículas vaso⁻¹, número de grãos panícula⁻¹, esterilidade de espiguetas, peso de grãos vaso⁻¹ e peso de mil grãos (SOSBAI, 2016).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os dados obtidos foram analisados quanto à homocedasticidade, pelo teste de Bartlett e à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk, e atendendo aos pressupostos, procedeu-se a análise da variância (ANOVA) utilizando o software Rbio (BHERING, 2017). Posteriormente, foi calculado o intervalo de confiança a 95% de probabilidade de erro, sendo que os tratamentos onde não há sobreposição dos intervalos de confiança considera-se diferença significativa em 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de amido nas folhas do cv. de arroz irrigado IRGA 424 RI foi maior para o tratamento elevado CO₂ no estádio V5. Em contrapartida, nas raízes foram observados os menores teores de amido com 700 ppm de CO₂, em três dos quatro períodos avaliados (Figura 1 A e B). Sob elevado CO₂ espera-se que ocorra um acúmulo de amido nas folhas, uma vez que ele é o principal carboidrato de reserva das plantas. Esse acúmulo ocorre em resposta ao aumento da taxa fotossintética nessa condição, que pode atingir um ponto em que não é possível integrar os carboidratos recém-fixados ao crescimento, sendo esses acumulados como carboidratos não-estruturais nas folhas (POORTER & PÉREZ-SOBA, 2002), além disso, a cultura tem uma grande capacidade de armazená-los nos colmos. Nesse estudo foi observado uma tendência de diminuição no teor de amido ao longo do ciclo da cultura, para ambos os órgãos avaliados, possivelmente pela exportação deste aos grãos.

Para a análise do teor de sacarose, ocorreu diferença entre os tratamentos apenas no estádio fenológico R7, sendo superior em folhas cultivadas sob condição de CO₂ ambiente. Nas raízes, ocorreu o oposto, maiores teores de sacarose foram encontrados no tratamento com 700 ppm de CO₂ (Figura 1 C e D). A sacarose é o principal produto da fotossíntese, e a forma principal de carbono translocado via floema para outras partes da planta, além disso, a síntese de amido e sacarose está fortemente ligada às taxas de assimilação de CO₂, pela troca de trioses-fosfato e fosfato inorgânico através da membrana do cloroplasto (FOYER et al., 2000). Estudos mostram que a elevação do CO₂ estimula a fotossíntese, podendo acarretar em mudanças químicas na composição das folhas, aumentando a concentração total de carboidratos, o que pode refletir no conteúdo de sacarose nos tecidos, porém, essa resposta não foi observada no presente estudo (POORTER & PÉREZ-SOBA, 2002).

Os componentes de rendimento de grãos nas duas concentrações de CO₂ estudadas estão descritos na Tabela 1. O tratamento com elevado CO₂ resultou em maior esterilidade de espiguetas, menor número de grãos panícula⁻¹ e reduziu o peso de mil grãos. As condições climáticas, como alterações na [CO₂] e episódios prolongados de seca e calor nos últimos dois séculos, impactam diretamente no rendimento das culturas (MITTLER & BLUMWALD, 2010). Em estudos simulando mudanças climáticas na China, Yao et al. (2007) observaram um decréscimo na

produção de grãos de arroz com a elevação de CO₂, corroborando com os resultados encontrados nesse estudo.

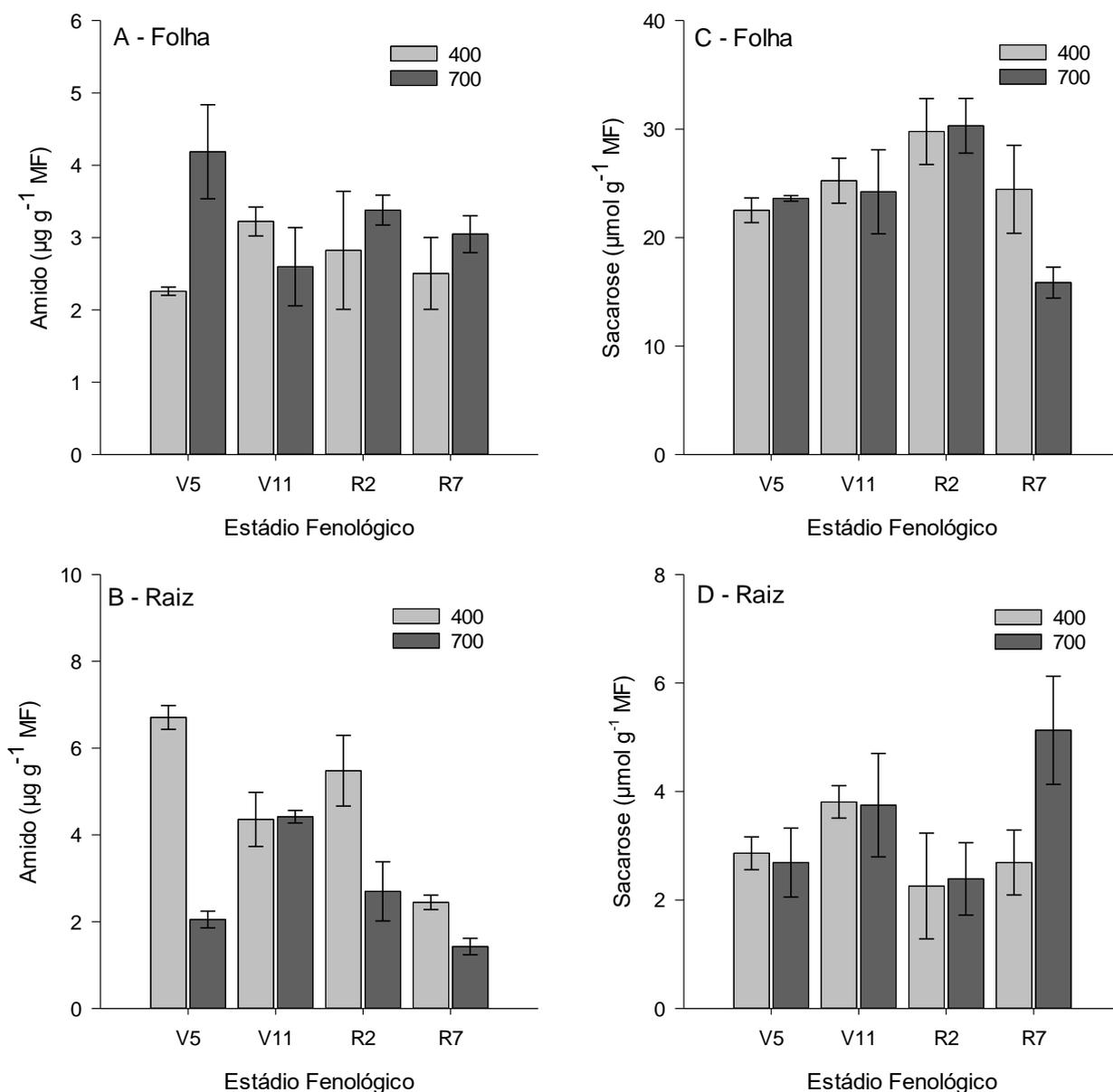


Figura 1. Teor de amido e sacarose em folhas (A e C) e raízes (B e D) de plantas de arroz irrigado (IRGA 424 RI) cultivadas sob CO₂ ambiente (400ppm) e elevado CO₂ (700 ppm). V5, V11, R2 e R7 representam estádios fenológicos da cultura avaliados. Barras de erro correspondem ao intervalo de confiança a 95%.

Tabela 1. Componentes de rendimento de arroz irrigado IRGA 424 RI cultivado em OTC's sob duas concentrações de CO₂ (400 e 700 ppm). Número de panículas vaso⁻¹, número de grãos panícula⁻¹, esterilidade de espiguetas, peso de grãos vaso⁻¹ e peso de mil grãos (PMG).

Treatamento (ppm de CO ₂)	Panículas vaso ⁻¹	Grãos panícula ⁻¹	Esterilidade %	Peso de grãos vaso ⁻¹ (g)	PMG (g)
400	55,09±(5,38) ^{ns}	94,89±(4,44)*	13,64±(1,66)	120,42±(5,47) ^{ns}	26,97±(0,33)*
700	61,55±(3,88) ^{ns}	84,61±(4,19)	18,56±(0,19)*	110,29±(6,77) ^{ns}	26,11±(0,19)
CV %	13,63	11,06	22,39	9,32	2,24

*significativo à 5% de probabilidade pelo Teste F. ^{ns} indica não significativo. CV: coeficiente de variação. Valores entre parênteses correspondem ao intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

CONCLUSÃO

O aumento de CO₂ para o cultivar de arroz IRGA 424 RI, eleva o teor de amido nas folhas e reduz em raízes. Na fase reprodutiva, promove aumento de sacarose em raízes e reduz em folhas sob elevado CO₂, condição em que também aumenta a esterilidade de espiguetas e reduz o peso de mil grãos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 187-190, 2017.
- BLOOM, A. J.; BURGER, M. J.; ASENSIO, S. R.; COUSINS, A. B. Carbon dioxide enrichment inhibits nitrate assimilation in wheat and arabidopsis. **Science**, v. 328, p. 899, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (safra 2018/2019)**. 4º Levantamento: janeiro/2019. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> > Acesso em: 27 mai. 2019.
- COUNCE, P.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- FAO. The food and agriculture organization of the united nations. **How to feed the world in 2050**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/publications> Acesso em: 20 mai. 2019.
- FOYER, C. H; FERRARIO-MÉRY, S.; HUBER, S. C. **Regulation of carbon fluxes in the cytosol: coordination of sucrose synthesis, nitrate reduction and organic acid and amino acid biosynthesis**. 95. ed. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. 177-206 p.
- GRAHAM, D.; SMYDZUK, J. Use of anthrone in the quantitative determination of hexose phosphates. **Analytical Biochemistry**, v. 11, p. 246-255, 1965.
- HANDEL, V. Direct microdetermination sucrose. **Analytical Biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 280-283, 1968.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**. 2. ed. Springer, 2006. 540 p.
- LEEGOOD, R. C.; SHARKEY, T., VON CAEMMERER, S. **Photosynthesis: Physiology and Metabolism**. 1. ed. Kluwer Academic Publishers, 2000. 1-8 p.
- MITTLER, R.; BLUMWALD, E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 443-462, 2010.
- NOAA. National oceanic and atmospheric administration. **Up-to-date weekly average CO₂ at Mauna Loa**. 2017. Disponível em: < <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html> >. Acesso em: 27 mai. 2019.
- POORTER, H.; PEREZ-SOBA, M. Plant growth at elevated CO₂. **Encyclopedia of Global Environmental Change**, v. 2, p. 489-496, 2002.
- SOSBAI. Sociedade sul-brasileira de arroz irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Bento Gonçalves-RS, 2016. 200 p. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/lista/552/outras-publicacoes>>. Acesso em: 29 mai. 2019.
- WANG, Y.; ZHANG, L.; NAFISAH, A.; ZHU, L.; XU, J.; LI, Z. Selection efficiencies for improving drought/salt tolerances and yield using introgression breeding in rice (*Oryza sativa* L.). **The Crop Journal**, v. 1, p. 134-142, 2013.
- YAO, F.; XU, Y.; LIN, E.; YOKOZAWA, M.; ZHANG, J. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. **Climatic Change**, v. 80, p. 395-409, 2007.
- YANG, L.; HUANG, J.; YANG, H.; DONG, G.; LIU, G.; ZHU, J. WANG, Y. Seasonal changes in the effects of free-air CO₂ enrichment (FACE) on dry matter production and distribution of rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, v. 98, p. 12-19, 2006.