

RESTRIÇÃO LUMINOSA NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO ALTERA PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, ACÚMULO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE

NATAN DA SILVA FAGUNDES¹; STEFANIA NUNES PIRES²; BRUNA EVELYN PASCHOAL SILVA³; SIDNEI DEUNER⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – natanfagundes@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – stefanianunespires@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – brunabiologia89@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – sdeuner@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo, em uma área de aproximadamente 165,5 milhões de hectares (USDA, 2022). É o alimento básico e a principal fonte de carboidratos para a maioria da população. Fora do continente Asiático, o Brasil é o maior produtor do grão, com produção média de 9,0 milhões de toneladas na safra 2021/22 em uma área aproximada de 1,3 milhões de hectares (CONAB, 2022).

As plantas têm a capacidade de converter energia luminosa em energia química por meio da fixação fotossintética do dióxido de carbono em açúcares assimilados nos tecidos. Assim, como fonte de energia, a luz é crítica para a taxa fotossintética, além de seus papéis regulatórios no crescimento e produtividade (BAILEY-SERRES et al., 2018).

A radiação solar e os extremos de temperatura são as principais variáveis climáticas que impactam na produtividade da cultura do arroz irrigado. Em anos de ocorrência do fenômeno *El Niño*, caracterizado pelo aumento médio das precipitações, ocorre uma menor disponibilidade de luminosidade e, quando essa condição ambiental coincide com a fase reprodutiva da cultura, pode levar a redução da produtividade (CARMONA; BERLATO, 2002).

A clorofila é o principal pigmento envolvido na absorção, transferência e conversão da energia luminosa em energia química. O sombreamento altera a eficiência fotossintética, podendo alterar os índices de clorofila. Além disso, o conteúdo de nitrogênio nas folhas está intimamente ligado a capacidade fotossintética da planta. Baixos teores de nitrogênio podem estar associados a redução da fotossíntese em condições de baixa luminosidade (SINCLAIR et al., 2000).

Portanto, o presente estudo teve por objetivo quantificar os pigmentos fotossintéticos, acúmulo de nutrientes e produtividade de plantas de arroz irrigado cultivadas sob restrição luminosa no período reprodutivo.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo, no Centro Agropecuário da Palma, município do Capão do Leão/RS, no ano agrícola 2019/20. Foram preparadas parcelas com 4,0m x 1,53m, em blocos casualizados com quatro repetições. Foi utilizada a cultivar IRGA 424 RI em uma densidade de semeadura de 100 kg de sementes por hectare, sendo o solo corrigido de acordo com análise química realizada. Os tratamentos de sombreamento foram aplicados utilizando telas do tipo sombrite com restrição luminosa de 35%, em dois momentos do período reprodutivo: inicialmente ao atingirem o estágio fenológico R0 mantendo-se até R4, e posteriormente, outro grupo de plantas, entre os estádios R4 a R9. As plantas testemunha foram mantidas em condição ambiente. Coleta de tecidos vegetais para posteriores análises foram realizadas nos estádios R2, R4, R6 e R8.

Os pigmentos fotossintéticos foram extraídos a partir de discos foliares de 20 mg imersos em DMSO neutralizado com carbonato de cálcio (5%), incubados a 65°C por 1 hora (WELLBURN, 1994). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (SpectraMax M3) nas absorvâncias de 480 nm, 649 nm e 665 nm.

Para determinar o teor de nutrientes nas folhas, foram utilizados 200 mg de folhas secas em estufa seguido da digestão sulfúrica. Do material processado, foi realizada a leitura do teor de Nitrogênio (N) pelo método Kjeldhal (destilador de nitrogênio TE-0364); Fósforo (P) em espectrofotômetro UV a 660 nm; Potássio (K) em fotômetro de chama (Micronal B462); Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em espectrofotômetro de absorção atômica de chama (Modelo AA 990F - PG Instruments).

Para determinar a esterilidade de espiguetas foram coletadas panículas em uma área de 0,25 cm² e a porcentagem calculada pela relação entre o número de grãos vazios e o total de grãos. O peso de mil grãos (PMG) foi determinado a partir de oito repetições de 100 grãos, estimando-se o peso (BRASIL, 2009). Para avaliar a produtividade, foi realizada a colheita manual da área útil de cada parcela (4,76 m²), submetendo o material à trilha, pesagem e determinação da umidade de colheita dos grãos, corrigida para 13%, para estimativa da produtividade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de clorofila *a*, *b* e total diferiram entre os tratamentos na maioria dos estádios reprodutivos avaliados, com maiores valores para os tratamentos sombreados, a exceção da clorofila *a* em R6 onde, não houve diferença significativa (Figuras 1A, 1B e 1C). Uma característica das plantas que ficam sob sol é apresentarem menores teores de clorofila por cloroplasto, principalmente a clorofila *b*, uma vez que tais plantas não precisam investir na produção de pigmentos que coletam a energia luminosa, em um ambiente que é intensamente iluminado (SALISBURY e ROSS, 1991).

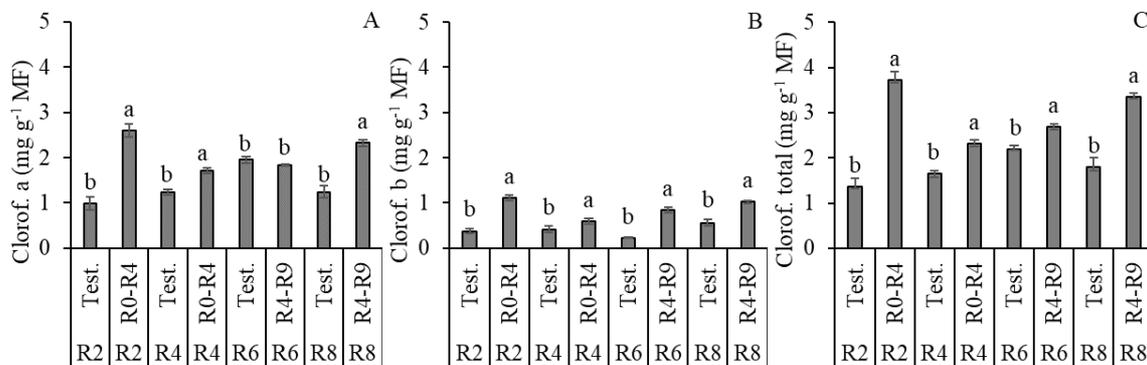


Figura 1. Efeito do sombreamento nos pigmentos fotossintéticos (A) Clo.a; (B) Clo.b; (C) Clo.total no período reprodutivo. R2, R4, R6 e R8 representam estádios fenológicos avaliados dentro de cada período de restrição de radiação solar (R0-R4) e (R4-R9). As barras de erro correspondem ao erro padrão da média. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) e comparam os tratamentos (testemunha e sombreamento) dentro de cada período de avaliação.

Para o conteúdo de nitrogênio (N) nas folhas, a submissão das plantas a restrição luminosa resultou em menor acúmulo deste nutriente em relação as plantas testemunha nos estádios R2, R4 e R6. Por outro lado, no estádio R8, foi observado comportamento contrário, o que está associado ao maior teor de clorofilas neste mesmo período. Para o teor de fósforo (P), houve acúmulo significativo nas folhas em decorrência da restrição luminosa em R2 e R8 e, para o potássio (K), em todos os estádios analisados, a restrição luminosa afetou negativamente os teores deste nutriente. Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), tiveram in-

cremento significativo nos estádios R2 e R8 em resposta ao sombreamento. (Tabela 1).

Com exceção do N, os macronutrientes aumentaram, em pelo menos um dos períodos de sombreamento. As concentrações de N nos tecidos vegetais variam em função da disponibilidade de recursos como a luz. Geralmente, a concentração de N nas plantas diminui em condições de pouca luz (SINGH et al., 2020) corroborando com os resultados encontrados nesse estudo nos primeiros estádios analisados.

O P e K são macronutrientes essenciais que afetam os processos fisiológicos e influenciam o crescimento e o metabolismo das plantas. NCISE et al. (2020) observaram incremento dos teores desses nutrientes em folhas de *Tulbaghia violacea* cultivadas com 40% de sombreamento.

Tabela 1. Teor de macronutrientes em folhas de arroz irrigado submetidas ao sombreamento no período reprodutivo.

Nutrientes (g kg ⁻¹)	Está- dio	Tratamentos				Tratamentos				
		Test.	R0-R4	Média	CV(%)	Estádio	Test.	R4-R9	Média	CV(%)
N	R2	38,05 a	26,40 b	32,23	3,50	R6	23,67 a	20,53 b	22,11	4,45
	R4	32,56 a	25,60 b	29,08		R8	15,56 b	19,39 a		
P	R2	2,05 b	3,26 a	2,66	4,71	R6	1,97 a	1,89 a	1,93	4,27
	R4	2,68 a	2,56 a	2,62		R8	1,24 b	1,79 a		
K	R2	31,63 a	26,56 b	29,10	6,53	R6	10,56 a	9,73 b	10,15	2,89
	R4	14,72 a	10,00 b	12,36		R8	11,21 a	6,04 b		
Ca	R2	3,93 b	4,29 a	4,01	5,19	R6	2,51 a	2,49 a	2,50	10,66
	R4	3,15 a	2,90 a	3,03		R8	2,73 b	3,56 a		
Mg	R2	2,00 b	2,48 a	2,24	3,40	R6	1,65 a	1,79 a	1,72	7,00
	R4	2,21 a	2,23 a	2,22		R8	1,69 b	2,49 a		

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) dentro de cada período de avaliação. CV: coeficiente de variação.

Quanto aos parâmetros relacionados a produtividade das plantas, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos (Tabela 2). Aumento significativo na esterilidade de espiguetas foi observado para as plantas sob restrição luminosa entre os estádios R4 a R9. Por outro lado, o peso de grãos foi negativamente afetado em ambos os períodos de sombreamento, o que refletiu na redução da produtividade de grãos, porém, os resultados demonstram que a restrição luminosa entre R0 e R4 tem efeito negativo mais pronunciado, sendo o período mais crítico para a cultura.

Wei et al. (2018) relataram que o sombreamento aplicado antes do estágio R3 (emborrachamento) na cultura do arroz reduz o rendimento em 21 a 26%. Quando aplicado após esse período, reduz o enchimento de grãos e o peso de mil grãos, causando perdas de rendimento entre 23% a 64%, possivelmente por interromper o progresso do enchimento de grãos.

Tabela 2. Esterilidade de espiguetas, peso de mil grãos (PMG) e produtividade de plantas de arroz irrigado submetidas ao sombreamento no período reprodutivo.

Tratamentos	Esterilidade de Espiguetas (%)	PMG (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)
Testemunha	14,26 b	25,55 a	13,91 a
R0 - R4	16,01 b	24,94 b	9,91 c
R4 - R9	22,18 a	24,45 b	11,39 b
Média	17,48	24,98	11,74
CV (%)	6,97	2,44	7,6

Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) dentro de cada período de avaliação. CV: coeficiente de variação.

4. CONCLUSÕES

O sombreamento é capaz de alterar o metabolismo das plantas. Promovendo aumento dos pigmentos fotossintéticos e acúmulo de alguns nutrientes. Entretanto, há redução na produtividade, com efeitos mais pronunciados no período sombreado após a antese, principalmente por reduzir o enchimento de grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY-SERRES, Julia et al. The dynamic plant: capture, transformation, and management of energy. *Plant physiology*, v. 176, n. 2, p. 961-966, 2018.
- CARMONA, L. C.; BERLATO, M. A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 147-152, 2002.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Previsão de safra por produto (safra 2021/2022). 8º Levantamento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 28 jul. 2022.
- 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.
- NCISE, Wanga; DANIELS, Chris W.; NCHU, Felix. Effects of light intensities and varying watering intervals on growth, tissue nutrient content and antifungal activity of hydroponic cultivated *Tulbaghia violacea* L. under greenhouse conditions. **Heliyon**, v. 6, n. 5, p. e03906, 2020.
- SINCLAIR, T. R. et al. Leaf nitrogen concentration of wheat subjected to elevated [CO₂] and either water or N deficits. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 79, n. 1, p. 53-60, 2000.
- SINGH, Sweta; MOHANTY, Sangita; BANWASI, Rakesh. Nitrogen distribution in plant parts of various rice cultivars under graded nitrogen application. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 3, p. 1576-1578, 2020.
- USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. World Agricultural Production. Online. 20122. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2022.
- WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. *Plant physiology*. 3. ed. Belmont: Wadsworth, 1991. 692 p.
- WEI, H. Y.; ZHU, Y.; QIU, S.; HAN, C.; HU, L.; XU, D.; ZHANG, H. C. Combined effect of shading time and nitrogen level on grain filling and grain quality in japonica super rice. **Journal of Integrative Agriculture**, 17, 2405–2417, 2018.