

IMPRINT FISIOLÓGICO: SECA RECORRENTE REVELA RESPOSTAS DE MEMÓRIA EM DOIS GENÓTIPOS CONTRASTANTES DE ARROZ

JAQUELINE DA SILVA DOS SANTOS¹; PRISCILA ARIANE AULER²;
TATIANA ROSSATTO²; MARCELO NOGUEIRA DO AMARAL²; EUGENIA
JACIRA BOLACEL BRAGA³

¹Universidade Federal de Pelotas– silvassantos.jake@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – pri_auler@hotmail.com; theonamaral@gmail.com;
tatyrossato@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – jacirabraga@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A falta de água se tornou a principal razão para a redução da produção agrícola no mundo. Como uma das culturas alimentares mais importantes, o arroz também é a cultura que mais consome água (WANG et al., 2019). A busca pela diminuição do consumo de água pela agricultura está diretamente envolvida com a tolerância das plantas a períodos de seca, a qual pode gerar custos metabólicos significativos pois induz uma ampla gama de mudanças fisiológicas, morfológicas e moleculares (SIRCAR; PAREKH, 2019).

Os genótipos de arroz de terras altas (sequeiro) e baixas (várzea) são resultados de longos períodos de seleção natural e humana sob diferentes condições de água e diferem muito em sua tolerância à seca (XIA et al., 2019). O arroz de várzea é cultivado em campos alagados e o arroz de sequeiro é cultivado em condições aeróbicas de campo, como trigo ou milho. No entanto, a maioria dos estudos com essa temática se concentram em uma única exposição de curta duração ou em adaptação de longo prazo ao estresse, enquanto que, em seus habitats naturais, as plantas frequentemente encontram condições flutuantes de padrões de estresse, interrompidos por períodos de recuperação (HÖLL et al., 2019; XIA et al., 2019).

A falta de água nas plantas desencadeia uma série de modificações, em nível de sinalizações, que podem ser armazenadas e recuperadas como memórias por alterações nas concentrações de alguns metabólitos (MARCOS, 2017). Logo, quando submetidas a algum tipo de estresse, podem responder mais rápido e/ou mais forte a um estresse posterior (HILKER; SCHMÜLLING, 2019).

Portanto, a hipótese do presente estudo é que genótipos de arroz de várzea e de sequeiro apresentam respostas fisiológicas distintas em condições de seca recorrente, apresentando características que diferenciam os genótipos e respostas decorrentes de estresse prévio. Desse modo, este trabalho teve por objetivo avaliar as respostas fisiológicas dos dois genótipos de arroz em condição de seca recorrente.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido com dois genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.), BRS Querência (várzea) e AN Cambará (sequeiro). As sementes foram germinadas em rolos de papel Germitest, mantidas em câmara de crescimento, com temperatura média e UR em torno de 25°C e 80%, respectivamente, e fotoperíodo de 16 horas de luz, por 10 dias. Após este período as plântulas foram transferidas para vasos plásticos (8L), contendo solo, com pH e fertilidade ajustados conforme recomendações técnicas para a cultura do arroz

(SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO, 2016), irrigados diariamente até a capacidade do vaso ($\pm 40\%$) e mantidos em casa de vegetação até o estágio V5.

Em V5, as plantas de cada genótipo foram divididas em dois grupos. As plantas do primeiro grupo não foram submetidas à seca, enquanto as do segundo grupo foram submetidas à seca até a umidade do solo atingir 10% da capacidade do vaso, onde permaneceram por sete dias. Após esse período, os vasos foram rehidratados na capacidade do vaso de 40% e mantidos nesta condição até a próxima exposição ao estresse.

Na fase reprodutiva, antes da floração (R1-R2), a irrigação foi suspensa novamente em um grupo de plantas, que permaneceu por sete dias com baixa umidade do solo (10%) gerando assim quatro condições experimentais: C: capacidade do vaso em todo o ciclo (sempre irrigados), plantas controle; V: seca na fase vegetativa e sem seca na fase reprodutiva; R: sem seca na fase vegetativa e com seca na fase reprodutiva; V+R: com seca na fase vegetativa e seca recorrente na reprodutiva (“plantas submetidas a estresse recorrente”). Após as coletas ao final dos 7 dias de estresse, as plantas foram rehidratadas por 24h e uma nova coleta foi realizada. As coletas foram realizadas conforme demonstrado na Figura 1.

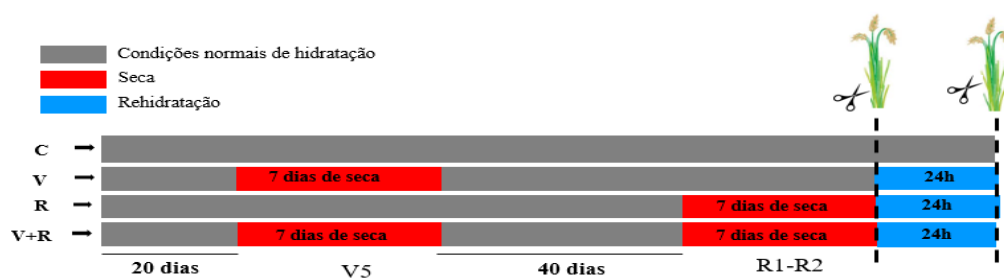


Figura 1- Tratamentos do experimento com os genótipos de arroz, BRS Querência e AN Cambará. C: Controle; V: Seca aplicada na fase vegetativa; R: Seca aplicada na fase reprodutiva; V + R: Seca aplicada nas fases vegetativa e reprodutiva. Após a primeira coleta (fase reprodutiva), todos os tratamentos foram irrigados novamente e uma nova coleta foi realizada 24 horas depois. V5: estágio fenológico com cinco folhas maduras; R1-R2: início da fase reprodutiva. A tesoura representa a época da coleta.

Os parâmetros de fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e uso eficiente de água (WUE) foram medidos usando o medidor de troca gasosa IRGA (LI-6400, Li-Cor Inc. USA) entre os horários de 10: 00 - 12:00 am. O IRGA foi ajustado para $1.000 \text{ mmol fóton m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 25°C , $380 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ de concentração de CO_2 e 50% de umidade relativa. As medições foram feitas em três plantas de cada tratamento e três réplicas para cada planta ($n = 9$). Os dados foram submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotossíntese geral (A) e a condutância estomática (gs) foram afetadas pela seca com diferenças entre os tratamentos e genótipos. A taxa de fotossíntese foi afetada de forma diferente pela seca nos genótipos, uma vez que o de várzea apresentou maior valor em relação ao de sequeiro, tanto no tratamento R quanto V+R. Por outro lado, não houve diferença dentro do mesmo

genótipo quando as plantas foram expostas a estresse na fase reprodutiva (R) ou estresse recorrente (V+R).

Os valores de condutância estomática foram reduzidos pela seca em ambos os genótipos nos tratamentos R e V+R em comparação com o tratamento C e V. Mesmo após a hidratação ideal ser reestabelecida (rehidratação), a fotossíntese geral e condutância estomática de ambos os genótipos nos tratamentos R e V+R não tiveram os valores aproximados ao das plantas controle (C), entretanto não foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos nesses tratamentos. Além disso, plantas de AN Cambará em estresse recorrente (V+R) apresentaram maiores taxas fotossintéticas em relação às plantas expostas ao evento de estresse apenas na fase reprodutiva (R).

Plantas do genótipo de várzea foram capazes de usar a água de forma mais eficiente (UEA) em situações de seca (R e V+R) do que o genótipo de sequeiro. Curiosamente, após a reidratação, as plantas V+R de ambos os genótipos, foram capazes de utilizar a água mais eficientemente do que as plantas do tratamento R, recuperando-se a valores semelhantes aos das plantas C (Tabela 1).

Tabela 1- Medidas de fotossíntese geral (A), condutância estomática (gs) e uso eficiente da água (UEA), realizadas com IRGA (LI-6400), em dois genótipos, BRS Querência (várzea) e AN Cambará (sequeiro), em estresse hídrico e após 24 horas de reidratação.

A $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$					
Tratamentos (Seca)	BRS Querência	AN Cambará	Tratamentos (Rehidratação)	BRS Querência	AN Cambará
C	28.99±1.79 Aa	28.58±1.9 Aa	C	27.57±0.55 Aa	26.14±0.81 Aa
V	26.27±1.51 Aa	25.71±1.8 Ab	V	21.58±0.6 Ab	20.01±0.57 Aa
R	3.091±0.31 Ab	0.74±0.07 Bc	R	8.63±0.9 Ac	7.131±0.99 Ac
V+R	1.951±0.56 Ab	0.56±0.02 Bc	V+R	8.04±0.47 Ac	10.28±1.25 Ab
gs $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$					
Tratamentos (Seca)	BRS Querência	AN Cambará	Tratamentos (Rehidratação)	BRS Querência	AN Cambará
C	0.77±0.03 Aa	0.97±0.05 Aa	C	0.91±0.03 Aa	0.81±0.07 Aa
V	0.81±0.02 Aa	0.72±0.03 Aa	V	0.73±0.06 Aa	0.73±0.01 Aa
R	0.09±0.01 Ab	0.15±0.08 Ab	R	0.11±0.01 Ab	0.23±0.06 Ab
V+R	0.13±0.01 Ab	0.14±0.01 Ab	V+R	0.18±0.02 Ab	0.21±0.01 Ab
UEA $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$					
Tratamentos (Seca)	BRS Querência	AN Cambará	Tratamentos (Rehidratação)	BRS Querência	AN Cambará
C	3.45±0.21 Aa	2.79±0.04 Aa	C	3.23±0.04 Aa	2.47±0.07 Bab
V	2.66±0.09 Ab	2.64±0.16 Aa	V	3.16±0.4 Aa	2.33±0.06 Ba
R	1.93±0.16 Ac	0.1±0.002 Bc	R	2.52±0.07 Ab	2.03±0.13 Ab
V+R	1.09±0.38 Ac	0.35±0.04 Bb	V+R	3.24±0.06 Aa	2.94±0.19 Aa

Médias $\pm$ SE (n=9) seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$, teste de Tukey) entre os genótipos; as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre os tratamentos. C: Controle; V: Seca apenas na fase vegetativa; R: Seca apenas na fase reprodutiva; V+R: Seca na fase vegetativa e reprodutiva.

A forte redução na fotossíntese geral das plantas de arroz em ambos os genótipos submetidos à seca na fase reprodutiva (R) e em condição recorrente (V+R) foi amplamente dependente do fechamento estomático, que ocorre para evitar a perda de água através da transpiração e causa uma diminuição no CO_2 interno. Essa resposta está relacionada à prevenção de grandes reduções no uso eficiente da água das folhas.

A baixa recuperação das taxas de fotossíntese indica que o estresse afetou persistentemente o aparato fotoquímico, com menor impacto nas plantas V+R de AN Cambará. Segundo Ca (2000), um rápido aumento nas taxas fotossintéticas



de plantas estressadas pela seca, após a reidratação, indica que o mecanismo básico do processo fotoquímico não foi afetado por um longo tempo, concluindo que a baixa captação de CO₂ é apenas resultado de o fechamento estomático momentâneo. Isso sugere que para BRS Querência (R e V+R) e AN Cambará (R) a limitação fotossintética após a reidratação pode não estar relacionada ao fechamento estomático momentâneo, mas sim a algum dano ao aparato fotossintético.

4. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que o genótipo de várzea, principalmente plantas sem estresse recorrente (R), apresenta maior dano ao aparato fotossintético em condições de seca. Além disso, ambos os genótipos demonstram respostas fisiológicas modificadas pelo estresse prévio podendo ser respostas de memória.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CA, W. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v.5, p.187–188, 2000

HILKER, M.; SCHMÜLLING, T. Stress priming, memory, and signalling in plants. **Plant Cell Environment**, Oxford, v. 42, 753–761, 2019

HÖLL, J.; LINDNER, S.; WALTER, H.; JOSHI, D.; POSCHET, G.; PFLEGER, S.; ZIEGLER, T.; HELL, R.; BOGS, J.; RAUSCH, T. Impact of pulsed UV-B stress exposure on plant performance: How recovery periods stimulate secondary metabolism while reducing adaptive growth attenuation. **Plant Cell Environment**, Oxford, v.42, p.801–814, 2019

MARCOS, F.C.C. **MEMÓRIA PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR À SECA**. 2017. 82 f. Tese (Doutorado), Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017

SIRCAR, S.; PAREKH, N. Meta-analysis of drought-tolerant genotypes in *Oryza sativa*: A network-based approach, **PLoS ONE**, Califórnia, v.14, n.5, p.0216068, 2019

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. ARROZ IRRIGADO: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. **XXXI REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**, Sociedade Sul-Brasileira De Arroz Irrigado, 2016

WANG, X.; LIU, H.; YU, F.; HU, B.; JIA, Y.; SHA, H.; ZHAO, H. Differential activity of the antioxidant defence system and alterations in the accumulation of osmolyte and reactive oxygen species under drought stress and recovery in rice (*Oryza sativa* L.) tillering. **Scientific Reports**, Cambridge, v.9, p.1–11, 2019.

XIA, H.; LUO, Z.; XIONG, J.; MA, X.; LOU, Q.; WEI, H.; QIU, J.; YANG, H.; LIU, G.; FAN, L.; CHEN, L.; LUO, L. Bi-directional Selection in Upland Rice Leads to Its Adaptive Differentiation from Lowland Rice in Drought Resistance and Productivity. **Molecular Plant**, Pequim, v.12, p.170–184, 2019