

# Influência da Adubação Nitrogenada nas Características da Fluorescência da Clorofila em Arroz

Daniela Cassol<sup>1</sup>, Antelmo Ralph Falqueto<sup>2</sup> e Marcos Antonio Bacarin<sup>3</sup>

## Introdução

O crescimento, o desenvolvimento e a produção de grãos em cereais são fortemente influenciados pela disponibilidade de nitrogênio no solo [1]. Estudos mostram que o aumento no suprimento de fertilizantes à base de nitrogênio aumenta de forma significativa a produção de área foliar e, conseqüentemente, a taxa fotossintética das plantas. Em contraste, a deficiência de nitrogênio reduz a área foliar e resulta na redução da absorção da energia luminosa [2]. Portanto, o estudo da sensibilidade do vegetal à aplicação de nitrogênio é de fundamental importância para a agricultura [3].

A fluorescência da clorofila pode ser usada para estimar, rapidamente e de forma não-invasiva, a eficiência do transporte de elétrons através do fotossistema II (FSII). A eficiência de operação deste FSII está correlacionada à assimilação de CO<sub>2</sub> e tem levado à utilização de parâmetros da fluorescência da clorofila para examinar o desempenho fotossintético de plantas em resposta ao suprimento de nitrogênio no solo [4]. A análise do potencial fotossintético de uma planta e suas relações com o ambiente em que estão crescendo e se desenvolvendo permite a ampliação dos conhecimentos sobre sua adaptabilidade às condições de cultivo e à maximização do seu potencial produtivo.

Com base no contexto acima, este estudo teve por objetivo avaliar a influência da aplicação de nitrogênio nas características da fluorescência da clorofila em cinco cultivares de arroz.

## Material e métodos

Sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) cvs. BRS Pelota, BRS Firmeza, BRS 6 Chuí, BRS Atalanta e BRS 7 Taim, fornecidas pela EMBRAPA Clima Temperado, Pelotas/RS, foram semeadas em vasos plásticos com capacidade para 12 litros contendo solo (Planossolo Solódico), com níveis de nutrientes suficientes para a manutenção do seu crescimento e desenvolvimento. Após a emergência, as plântulas foram desbastadas, permanecendo cinco plantas/vaso. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. A primeira coleta de dados foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio vegetativo V3-V4. Imediatamente após as determinações foi aplicada a adubação nitrogenada (0,5 g

de uréia diluída em 0,5 L de água). As análises foram repetidas após dez dias.

A cinética de indução de fluorescência das clorofilas seguiu o modelo descrito por Roháček e Barkat [5]. As folhas foram mantidas no escuro por 15 minutos e em seguida foram determinados os parâmetros da fluorescência em estado adaptado ao escuro, caracterizado pelo estado em que todos os centros de reação do fotossistema II (FSII) e os aceptores de elétrons do FSII estão re-oxidados (abertos) ou, em outras palavras, em estado fotoquimicamente inativo. Nesta condição foram obtidos: F<sub>O</sub> (fluorescência inicial), F<sub>M</sub> (fluorescência máxima) e calculada a relação F<sub>V</sub>/F<sub>M</sub>, definida como a produção quântica potencial máxima do FSII ou rendimento potencial das reações fotoquímicas do FSII.

Determinados os parâmetros da fluorescência da clorofila do estado adaptado ao escuro, a mesma folha foi submetida à luz actínica associada à luz vermelha distante por um período de três minutos, permitindo a obtenção de informações relacionadas ao processo de síntese de ATP, NADPH e, conseqüentemente, à fixação de CO<sub>2</sub>. Foram obtidos: F<sub>S</sub> (fluorescência quando os processos de transporte de elétrons e as reações bioquímicas de redução do carbono acopladas estão equilibradas), F<sub>M</sub>' (fluorescência máxima em estado adaptado à luz) e F<sub>O</sub>' (fluorescência mínima em estado adaptado à luz). A partir dos parâmetros determinados foram calculados os coeficientes de extinção fotoquímico (q<sup>P</sup>), não-fotoquímico (q<sup>N</sup>) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) de acordo com Roháček & Bartak [5].

Os resultados foram avaliados de acordo com um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (5 x 2), em cinco repetições, representando cinco cultivares e duas épocas de análise (antes e após adubação nitrogenada). Os dados foram submetidos a uma análise de variância e, quando os valores de *F* foram significativos, comparações de médias foram realizadas usando-se o teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A Tab. 1 mostra os efeitos da adubação nitrogenada sobre parâmetros da fluorescência da clorofila em cinco cultivares de arroz, durante o seu crescimento vegetativo,

1. Laboratório de Metabolismo Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Estudante de Ciências Biológicas, Bolsista IC-CNPq, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP 96010-900. E-mail: daninhacassol@yahoo.com.br

2. Laboratório de Metabolismo Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Estudante de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP 96010-900. E-mail: antelmofalqueto@yahoo.com.br

3. Professor Adjunto, Laboratório de Metabolismo Vegetal, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil, 96010-900;

Apoio financeiro: CAPES, CNPq e FAPERGS.

mantidos em casa de vegetação. Houve interação significativa entre os fatores cultivar e aplicação de nitrogênio para  $F_V/F_M$ ,  $\Phi PSII$ , ETR e  $q^P$  (Tab. 1).

O suprimento de nitrogênio causou um incremento significativo na eficiência quântica ( $\Phi PSII$ ) e no coeficiente de extinção fotoquímico ( $q^P$ ) nas cultivares testadas, exceto em BRS Pelota (Tab. 1). Em relação à eficiência fotoquímica do fotossistema II ( $F_V/F_M$ ), apenas as cultivares BRS 6 Chuí e BRS Atalanta foram sensíveis à adição de nitrogênio, as quais mostraram aumento em  $F_V/F_M$  em resposta à adubação com nitrogênio. Entretanto, a magnitude da diferença nos valores de  $F_V/F_M$  entre estas cultivares e até mesmo naquelas onde não houve variação significativa foi pequena, em comparação à magnitude das variações dos valores de  $\Phi PSII$  nas respectivas cultivares. Normalmente, durante o crescimento vegetativo de uma planta, a distribuição do nitrogênio é direcionada para a síntese de clorofila e dos componentes da cadeia de transporte de elétrons das membranas dos tilacóides [6]. Esta afirmativa pode justificar os resultados de  $F_V/F_M$  obtidos neste estudo. Mesmo em ausência de um suprimento adicional de nitrogênio, as cultivares BRS Pelota, BRS Firmeza e BRS 7 Taim mantiveram uma elevada eficiência de absorção da energia luminosa.

Por outro lado, a taxa de transporte de elétrons no FSII (ETR) foi significativamente reduzida nas plantas supridas com nitrogênio (Tab. 1). ETR indica numericamente o valor absoluto de elétrons transportados por  $m^2$  no intervalo de um segundo e está diretamente correlacionado à radiação fotossintética ativa (RFA) incidente sobre a folha. Durante a segunda coleta de dados (após a aplicação do nitrogênio) RFA permaneceu em torno de  $120 \mu mol m^2 s^{-1}$ , em comparação ao valor médio de RFA na primeira coleta ( $200 \mu mol m^2 s^{-1}$ ). Esta variação da radiação incidente

pode ter sido responsável pelas variações em ETR nas cultivares.

Com respeito ao coeficiente de extinção não-fotoquímico ( $q^N$ ), foi observado efeito significativo apenas das cultivares, sem nenhuma interferência do suprimento adicional de nitrogênio (Tab. 2). A cultivar BRS 6 Chuí apresentou maior  $q^N$  em detrimento ao menor valor obtido para BRS Firmeza.

Os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que a adição de nitrogênio causou um aumento na eficiência de captação da energia luminosa, na eficiência quântica do fotossistema II e na extinção da fluorescência da clorofila devida ao transporte de elétrons e que as cultivares de arroz mostraram diferenças nas respostas fotossintéticas na presença de nitrogênio adicional.

## Referências

- [1] CECHIN, I.; FUMIS, T.F. 2004. Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Plant Science*, 166:1379–1385.
- [2] TOTH, V.R.; MESZKAROS, I.; VERES, S.; NAGY, J. 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field, *Journal of Plant Physiology*, 159: 627–634.
- [3] LAWLOR, D.W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems, *Journal of Experimental Botany*, 53: 773–787.
- [4] BAKER, N., ROSENQVIST, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 55: 1607-1621.
- [5] ROHACEK, K.; BARTAK, M. 1999. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters, and some applications. *Photosynthetica*, 37: 339-363.
- [6] MAKINO, A.; SATO, T.; NAKANO, H.; MAE, T. 1997. Leaf photosynthesis, plant growth and nitrogen allocation in rice under different irradiances. *Planta*, 203: 390-398.

**Tabela 1.** Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), eficiência quântica fotoquímica máxima ( $\Phi_{PSII}$ ), taxa de transporte de elétrons (ETR) e coeficiente de extinção fotoquímico ( $q^P$ ) obtidos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*; estágio V3-V4) antes e após adubação nitrogenada (UFPEL, Pelotas- RS, 2006).

Cultivar	$F_v/F_m$		$\Phi_{PSII}$		ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		$q^P$	
	- N	+ N	- N	+ N	- N	+ N	- N	+ N
BRS Pelota	0,830 aA	0,839 aA	0,717 aA	0,753 aA	51,01 aA	37,37 aA	0,969 aA	0,981 aA
BRS Firmeza	0,833 aA	0,852 aA	0,684 aB	0,748 aA	55,15 aA	40,30 aA	0,948 aB	0,972 aA
BRS 6 Chuí	0,828 aB	0,855 aA	0,712 aB	0,756 aA	64,05 aA	37,19 aB	0,965 aB	0,975 aA
BRS Atalanta	0,824 aB	0,849 aA	0,695 aB	0,757 aA	70,36 aA	36,50 aB	0,959 aB	0,960 aA
BRS 7 Taim	0,825 aA	0,847 aA	0,705 aB	0,766 aA	60,32 aA	41,55 aA	0,950 aB	0,945 aA
<i>Média</i>	<i>0,828 B</i>	<i>0,848 A</i>	<i>0,703 B</i>	<i>0,756 A</i>	<i>60,17 A</i>	<i>38,58 B</i>	<i>0,958</i>	<i>0,967</i>

Médias seguidas por letras maiúsculas comparam as médias de cada parâmetro em relação ao suprimento de nitrogênio; médias seguidas por letras minúsculas comparam as médias entre cultivares (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 2.** Coeficiente de extinção não-fotoquímico ( $q^N$ ) obtido em cultivares de arroz (*Oryza sativa*; estágio V3-V4) antes e após adubação nitrogenada (UFPEL, Pelotas- RS, 2006).

Cultivar	$q^N$		<i>Média</i>
	-N	+N	
BRS Pelota	0,604	0,596	<i>0,599 ab</i>
BRS Firmeza	0,547	0,573	<i>0,561 b</i>
BRS 6 Chuí	0,659	0,64	<i>0,649 a</i>
BRS Atalanta	0,614	0,578	<i>0,594 ab</i>
BRS 7 Taim	0,568	0,597	<i>0,582 ab</i>
<i>Média</i>	<i>0,597</i>	<i>0,596</i>	

Médias seguidas por letras minúsculas comparam as médias entre cultivares (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).