

AVALIAÇÃO ESPECTRAL, FOTOQUÍMICA E CARBOXILATIVA EM PLANTAS DE CAFÉ SUBMETIDAS À VARIAÇÃO DE NITROGÊNIO

João Pedro Mori Visioli (PIBIC/CNPq-UEM), Marina Ellen Giacomelli, Victor Hugo Boldrim Bernardes, Werner Camargos
Antunes (Orientador). e-mail: joaomorivisioli@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá /Departamento de Biologia /Maringá, PR.

Área e subárea: Fisiologia Vegetal, Fisiologia das Plantas Cultivadas.

Palavras-chave: clorofila; fotossíntese; absorção de luz.

RESUMO

A luz é a principal fonte de energia da fotossíntese, mas deve ser previamente absorvida. Este trabalho avalia como a variação dos teores de clorofila e a deficiência induzida por nitrogênio (N) afetam a fotossíntese em plantas de café. Com análises espectrais da folha, de pigmentos in vitro e de parâmetros fotossintéticos, verificou-se que a maior disponibilidade de N aumentou a capacidade fotossintética, associada a maiores teores de clorofila e maior captação de luz por unidade de área foliar.

INTRODUÇÃO

A fotossíntese inicia-se com a captura da energia luminosa por pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenoides), responsáveis pela conversão em energia química. Ao atingir a folha, parte da luz é absorvida, enquanto outra fração é refletida ou transmitida. Resultados preliminares de nosso grupo de trabalho, mostram que a absorvidade da fração da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (400 a 700nm) é dependente dos teores de pigmentos e sofre influência da espessura foliar. Ambos fatores, são fortemente relacionados aos teores de nitrogênio (N) disponíveis, uma vez que tal nutriente é responsável não só por compor estruturalmente a molécula de clorofila, mas também é fundamental na formação de diversas outras moléculas, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos etc. Na folha, grande quantidade de N é alocado na formação de Rubisco e outras enzimas do ciclo de Calvin-Benson, na formação dos complexos fotossintéticos e no complexo-antena. Ao avaliarmos em plantas de café, expandimos algumas conclusões do trabalho de Moriwaki *et al.* (2019). O café, além de sua importância agrônômica, é uma planta lenhosa com características foliares distintas das herbáceas. Assim, buscou-se avaliar como a adubação nitrogenada, por meio da variação nos teores de clorofila, influencia os padrões ópticos foliares e as reações fotoquímicas e carboxilativas da fotossíntese sob deficiência de N.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material vegetal: Plantas de café (*Coffea arabica* L. var. Catuaí) foram cultivadas no Jardim Didático pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Estadual

de Maringá (UEM). As mudas foram compradas no mercado local e selecionadas pela uniformidade, sanidade e vigor. Após crescimento inicial satisfatório (cerca de 2 meses), as mudas foram transferidas para vasos de 20 L, contendo solo de horizonte B. Para as adubações nitrogenadas com nitrato de cálcio, foram utilizadas as doses de 0, 100, 300 kg N ha⁻¹. Os outros nutrientes essenciais foram fornecidos de forma não limitante de acordo com as exigências da cultura. A adubação nitrogenada foi feita em três parcelas, espaçadas de 40 dias cada uma. As plantas foram avaliadas quando atingiram às condições experimentais esperadas mediante avaliação visual de porte e coloração foliar, com aproximadamente 6 meses de cultivo total.

Propriedades ópticas foliares: A reflectância (R) e transmitância (T) foram avaliadas diretamente por meio de acoplamento de dois espectrorradiômetros calibrados e colimados. Considerou-se a absorbância (A) como sendo a fração calculada pela equação $A = 1 - (R+T)$.

Determinação dos teores de pigmentos foliares: Segmentos de 2 cm² de limbo foliar foram utilizados para quantificação dos teores de clorofila-a (Chl a), clorofila-b (Chl b), clorofilas totais (Chl a+b) e carotenoides totais, com extração no escuro e em temperatura ambiente, por 24 horas em solução de acetona:água 80:20 (v/v) saturada com CaCO₃, utilizando um espectrofotômetro para as leituras. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Análises fotossintéticas: As curvas de resposta à luz e ao CO₂ foram obtidas em sistema de trocas gasosas por infravermelho (IRGA; Li-6800, LiCor, Nebraska, USA). Utilizou-se a 4ª ou 5ª folha, a partir do ápice, para as medições. A partir das curvas estimaram-se a respiração no escuro (Rd), o ponto de saturação (PS), o ponto de compensação (PC) e o rendimento quântico da fotossíntese (α).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento na disponibilidade de N promoveu o incremento nos teores foliares de Chl a, Chl b, Chl a+b e carotenoides totais nas plantas de café. De modo geral, considerando a variação gradual nos teores de clorofilas totais, houve uma composição experimental de plantas que apresentaram teores de 140 mg.m⁻² até 435 mg.m⁻² (Fig. 1A), o que possibilitou uma avaliação ampla sobre o papel das clorofilas sobre as diferentes análises efetuadas.

Nas curvas de resposta fotossintéticas observa-se diferenças no formato das curvas entre os tratamentos avaliados (Fig. 1B), tanto na faixa relacionada à limitação fotoquímica da fotossíntese como na faixa de limitação carboxilativa. Na porção referente à estabilização das taxas fotossintéticas à luz, aumentos nas taxas de saturação (taxa estimada sob 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO₂) da assimilação líquida (A) foram positivamente associadas com o aumento na adubação nitrogenada. Já na porção referente à limitação fotoquímica, um dos componentes mais relevantes é o rendimento quântico da fotossíntese (α), o qual refere-se entre a quantidade de CO₂ fixado pela quantidade de luz absorvida (A/PAR). A deficiência nutricional nas plantas de café (0N), foram acompanhadas de redução de 60% do α em relação aos

demais tratamentos. As taxas de respiração no escuro (R_d) aumentaram com a adição de N e, de forma similar, os dados de ponto de compensação (PC), mostram aumento da quantidade de luz necessária para iniciar a fotossíntese líquida positiva de acordo com o aumento de N ($p < 0,05$). O ponto de saturação luminoso (PS) também teve um aumento com o incremento na disponibilidade de N, variando de $238 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para o tratamento 0N a $394 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para o tratamento 300N. Contudo, não houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre o PS dos tratamentos 100N e 0N, indicando que, apesar de possuir um aparato fotossintético robusto, característica de plantas lenhosas como o café, a captura de energia luminosa não chega totalmente ao centro de reação, não desencadeando todo o potencial processo fotossintético da planta. Logo, apenas altas doses de N, como no tratamento 300N, foram capazes de alterar solidamente o PS das plantas, através do investimento do excedente de N na construção de um aparato fotossintético ainda mais robusto e com grande quantidade de pigmentos (Tab. 1, Fig. 1B).

Observa-se que menores concentrações internas de CO_2 (C_i), são necessárias para a saturação da fotossíntese em alto N (Fig. 1C), indicando uma limitação difusiva ao CO_2 , influenciada principalmente pela baixa condutância mesofílica, que é uma característica intrínseca de plantas lenhosas. As altas taxas fotossintéticas observadas na curva A/C_i , demonstram alta capacidade de fixação do CO_2 desde que seja disponível em altas concentrações, uma vez que, dados medidos em $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz e $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 a planta de café não é capaz de responder plenamente (Fig. 1B), mantendo parte de sua maquinaria fotossintética desocupada, mostrando forte limitação difusiva à fotossíntese e baixa limitação fotoquímica devido alta capacidade absorptiva da luz.

O aumento da capacidade de absorção da luz associada ao aumento na disponibilidade de N está correlacionado com o aumento da capacidade fotossintética das plantas. A capacidade fotossintética máxima (A_{max}) teve aumento diretamente proporcional ao aumento da quantidade de clorofilas presentes nas plantas (Tab. 1, Fig 1A e 1B). A taxa de incremento na absorção na faixa de luz verde variou de 48% de absorção para o tratamento 0N, a 69% para 100N, e 84% para 300N. Ainda, salienta-se que em comprimentos de onda no azul (435nm) e vermelho (674nm), ambos picos de absorção das clorofilas, houve a saturação nos índices de absorção (aproximadamente em 92% da luz incidente), mesmo com menores teores de clorofila (Fig. 1D). Com base nesses resultados, reforça-se o conceito de Moriwaki *et al.* (2019), de que folhas com maior teor de clorofila, induzido pelo aumento de nitrogênio, apresentam maior absorção da luz verde, mas não da azul e vermelha.

Tabela 1 – Parâmetros fotossintéticos: Respiração no escuro (R_d), rendimento quântico da fotossíntese (α), Ponto de compensação luminoso (PC), Ponto de saturação luminoso (PS) e Fotossíntese máxima (A_{max}), em plantas de café cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio. Letras distintas da coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

TRAT	R_d	α	PC	PS	A_{max}
0N	-0.100 ± 0.014 c	0.018 ± 0.001 b	5.63 ± 0.98 c	238.4 ± 4.24 b	3.65 ± 0.09 c
100N	-0.468 ± 0.011 b	0.030 ± 0.001 a	15.58 ± 0.31 b	298.65 ± 9.91 b	5.32 ± 0.09 b
300N	-0.644 ± 0.033 a	0.031 ± 0.001 a	20.59 ± 0.92 a	394.86 ± 27.71 a	6.43 ± 0.17 a

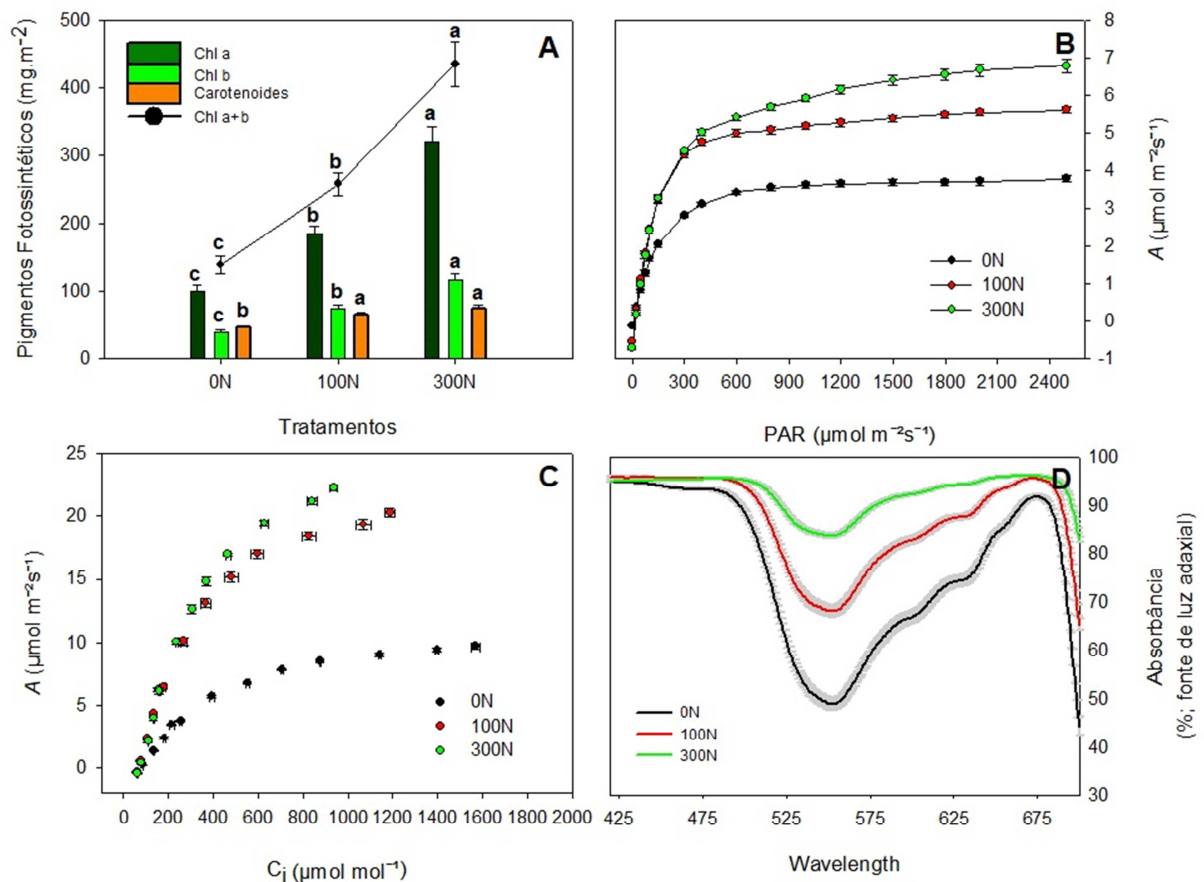


Figura 1 - Pigmentos fotossintéticos (A); taxas de assimilação líquida (A), radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (B); curva de resposta fotossintética ao CO₂ baseadas na concentrações internas de CO₂ (C_i) (C); e absorbância de luz em plantas de café cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio (D).

CONCLUSÕES

O aumento na disponibilidade de N para as plantas de café induziu maior capacidade fotossintética associada a maiores quantidades de clorofilas dispostas nas células, e maior capacidade de captação de luz por unidade de área foliar, em especial a luz verde, no entanto, fortes limitações difusivas foram evidenciadas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao PIBIC/CNPq-UEM, ao prof. Dr. Werner Camargos Antunes e a toda a equipe que me ajudou na realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

MORIWAKI, T. *et al.* Nitrogen-improved photosynthesis quantum yield is driven by increased thylakoid density, enhancing green light absorption. **Plant Science**, v. 278, p. 1–11, 2019.