

Avaliação da Limitação Estomática e Mesofílica da Assimilação de CO₂ em Girassol Ornamental Cultivado com Lodo de Esgoto

Lina Ikejiri¹, Leandro Camilli², Jeferson Klein³,
João Domingos Rodrigues⁴ e Carmen Sílvia Fernandes Boaro⁵

Introdução

O girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), pertencente à família Asteraceae, vem ganhando expressão no mercado de flores [1], setor de destaque e importância na economia nacional.

O destino final do lodo de esgoto representa importante desafio em todo o mundo e, se realizado de maneira inadequada, pode oferecer sérios riscos ao ambiente, degradando os recursos naturais e à saúde pública [2]. O cultivo de plantas ornamentais e flores, na presença de lodo de esgoto têm se destacado como uma das melhores alternativas para a sua disposição [3]. No entanto, deve-se assegurar de que não ocorram alterações de produtividade das espécies, como consequência de prejuízos que podem ser causados no seu metabolismo, incluindo a fotossíntese, que como outros processos, pode responder a fatores ligados ao ambiente. Uma técnica para a avaliação de efeitos de estresses bióticos ou abióticos sobre estômatos ou mesofilo *in vivo*, determina o efeito relativo da limitação estomática sobre a assimilação de CO₂ (índice S%), em um modelo de curva de resposta A/C_i , ou seja, taxa de assimilação de CO₂/concentração interna de CO₂ na folha [4]. Assim, pode-se definir se fechamento estomático ou processos metabólicos, ou ainda, a interação de ambos seriam responsáveis pela limitação da fotossíntese [5].

Com base no exposto, este trabalho objetivou estimar a limitação estomática e mesofílica da assimilação de CO₂ em plantas de girassol ornamental cultivadas em diferentes níveis de lodo de esgoto.

Material e métodos

Plantas de girassol ornamental foram cultivadas em casa de vegetação, localizada no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp, Campus de Botucatu – SP, localizado a 48°24'35'' W e 22°49'10'' S e altitude média de 800 metros, referente ao nível do mar.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições.

As diferentes doses de lodo de esgoto, em base seca, obtido na Estação de Tratamento de Esgoto da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Campus de Botucatu-SP, caracterizaram os tratamentos T1, tratamento testemunha, constituído por substrato comercial Plantmax[®], T2, constituído por substrato comercial + 2,3 g L⁻¹ de lodo (equivalente a 5 t ha⁻¹), T3, substrato comercial + 4,6 g L⁻¹ de lodo (equivalente a 10 t ha⁻¹), T4, substrato comercial + 7,0 g L⁻¹ de lodo (equivalente a 15 t ha⁻¹) e T5, substrato comercial + 9,3 g L⁻¹ de lodo (equivalente a 20 t ha⁻¹).

Quinze dias após a semeadura, momento em que as plântulas apresentavam dois pares de folhas, as mudas foram transplantadas para os vasos com capacidade igual a 1,5 L e contendo os tratamentos definitivos. Aos 36 dias após o transplante, as taxas de trocas gasosas (A e C_i) foram medidas por meio de sistema aberto portátil de fotossíntese (LI – 6400, Li-Cor Inc., USA) em uma folha completamente expandida de cada uma de três repetições de cada tratamento. Com a taxa de assimilação de CO₂ (A) em função da concentração interna de CO₂ (C_i) na folha foi realizada a curva A/C_i , a partir da qual estimou-se o efeito relativo da limitação estomática sobre a assimilação de CO₂ (índice S%), pela equação de Farquhar & Sharkey [4], $S\% = [(A C_i - A C_e)/A C_i] \times 100$, onde $A C_i$ é a taxa de fotossíntese quando a concentração interna de CO₂ na folha é de 380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, representando a ausência de limitação estomática para A , e $A C_e$, a taxa de fotossíntese quando a concentração externa de CO₂ na folha é de 380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. No momento em que a concentração interna de CO₂ equilibra-se com a concentração externa, a taxa de assimilação de CO₂ encontra-se num valor que representa a ausência dos estômatos limitando a entrada de CO₂ ambiente. Os dados de cada curva A/C_i foram plotados e ajustados por equação logarítmica ($y = a \ln(x) - b$; $y = A$; $x = C_i$). Os valores de $A C_e$, encontrados pela medida direta de trocas gasosas na folha e os valores de $A C_i$, ajustados pelas respectivas equações de cada curva, foram aplicados à equação acima registrada.

1. Aluna de graduação do curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica, Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu, SP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000. E-mail: lininha_ik@yahoo.com.br

2. Aluno de graduação do curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica, Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu, SP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000.

3. Aluno de pós-graduação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica, Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu, SP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000.

4. Professor Titular do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica, Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu, SP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000.

5. Professora Adjunta do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. Departamento de Botânica, Distrito de Rubião Júnior, s/n, Botucatu, SP, Caixa Postal 510, CEP 18618-000.

Apoio financeiro: CNPq/PIBIC.

Os resultados de assimilação de CO₂ (A), limitação estomática (S%) e concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (Ci) foram submetidos à análise de regressão ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

O aumento das doses de lodo de esgoto até o equivalente a 10 t ha⁻¹ aumentou as taxas de assimilação de CO₂ em até 17%. Na maior dose, no entanto, as plantas apresentaram decréscimo de fotossíntese líquida (Fig. 1A).

Taiz & Zeiger [6] referem que o balanço nutricional adequado da planta pode manter sua capacidade fotossintética, o que sugere equilíbrio nutricional das plantas cultivadas com as diferentes concentrações de lodo de esgoto, exceto em sua maior dose, no presente estudo. Deve ser ressaltado que os níveis elevados de amônia [7] e de metais pesados [2] são, entre outras, causas de preocupação quando o destino do lodo de esgoto é agrícola, o que pode explicar o comportamento das plantas, na maior dose de lodo.

O aumento da assimilação de CO₂ está diretamente relacionado à diminuição da limitação estomática (S%), que diminuiu com o aumento da concentração de lodo até 4,6 g L⁻¹ de lodo (equivalente a 10 t ha⁻¹). A partir dessa dose, S% aumenta enquanto A diminui (Fig. 1A; B). A mínima limitação à difusão de CO₂ promovida pelos estômatos, nessas plantas, em relação àquelas cultivadas na ausência de biossólido, foi de aproximadamente 57% (Fig. 1B). Tal comportamento sugere que, nutrientes presentes no lodo de esgoto e incorporados às plantas, controlem seu potencial hídrico e dos estômatos, provocando sua abertura, constatada na figura 1B.

Tais resultados estão de acordo com a hipótese de Cornic [8], que afirma ser a diminuição da capacidade fotossintética um processo de restrição difusiva de CO₂ realizada pelos estômatos, não se tratando de restrição mesofílica. Esse comportamento pode ser comprovado observando-se a concentração interna de CO₂ (Fig. 1C) nas plantas cultivadas com diferentes concentrações de lodo de esgoto. Os valores de Ci, de maneira geral, aumentaram com o aumento das doses de lodo e, desta forma, a limitação estomática seria o fator limitante para o desempenho fotossintético, uma vez que quanto maior

a abertura estomática maior a difusão de dióxido de carbono para a câmara subestomática.

Os resultados do presente estudo são concordantes também com as observações de Pimentel [9], que assim como Cornic [8] estudou o comportamento dos estômatos e das regiões mesofílicas na variação do potencial hídrico em plantas. Os autores relacionaram a limitação da fotossíntese à menor difusão de CO₂ para o interior da folha, causada pelo aumento da restrição estomática. Registraram, ainda, que apenas mudanças mais bruscas desse potencial seriam associadas com comprometimento da região mesofílica.

Assim, a dose de lodo igual a 4,6 g L⁻¹ de lodo e equivalente a 10 t ha⁻¹ foi suficiente para aumentar em mais de 15% a assimilação de CO₂, diminuindo em mais de 57% a limitação estomática.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PIBIC/Reitoria - Unesp pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] ANEFALOS, L. & GUILHOTO, J. 2003. Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. *Agric. São Paulo*, 50 (2): 41-63.
- [2] BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A. 2000. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. Jaguariúna, Embrapa. 312p.
- [3] CONTE e CASTRO, A.M. 2004. *Desenvolvimento de crisântemo de corte com uso de resíduos orgânicos, como fornecedores de nutrientes e condicionadores físicos do solo*. Relatório final apresentado no curso de pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica, nível de pós-doutorado, Instituto de Biociências da Unesp, Botucatu.
- [4] FARQUHAR, G.D. & SHARKEY, T.D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, 33: 317-345.
- [5] HABERMANN, G. 1999. *Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira-doce (Citrus sinensis L. Osbeck cv. Pera) com clorose variegada dos citros (CVC)*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Botânica, Unesp, Botucatu.
- [6] TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2004. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre, Artmed. 719 p.
- [7] BUGBEE, J.G. 2002. Growth of ornamental plants in container media amended with biosolids compost. *Comp. Sci. Util.*, 10 (2): 92-98.
- [8] CORNIC, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture not by affecting ATP synthesis. *Trends Plant Sci.*, 5: 187 – 188.
- [9] PIMENTEL, C. 2004. *A relação da planta com a água*. Seropédica, Edur. 191 p.

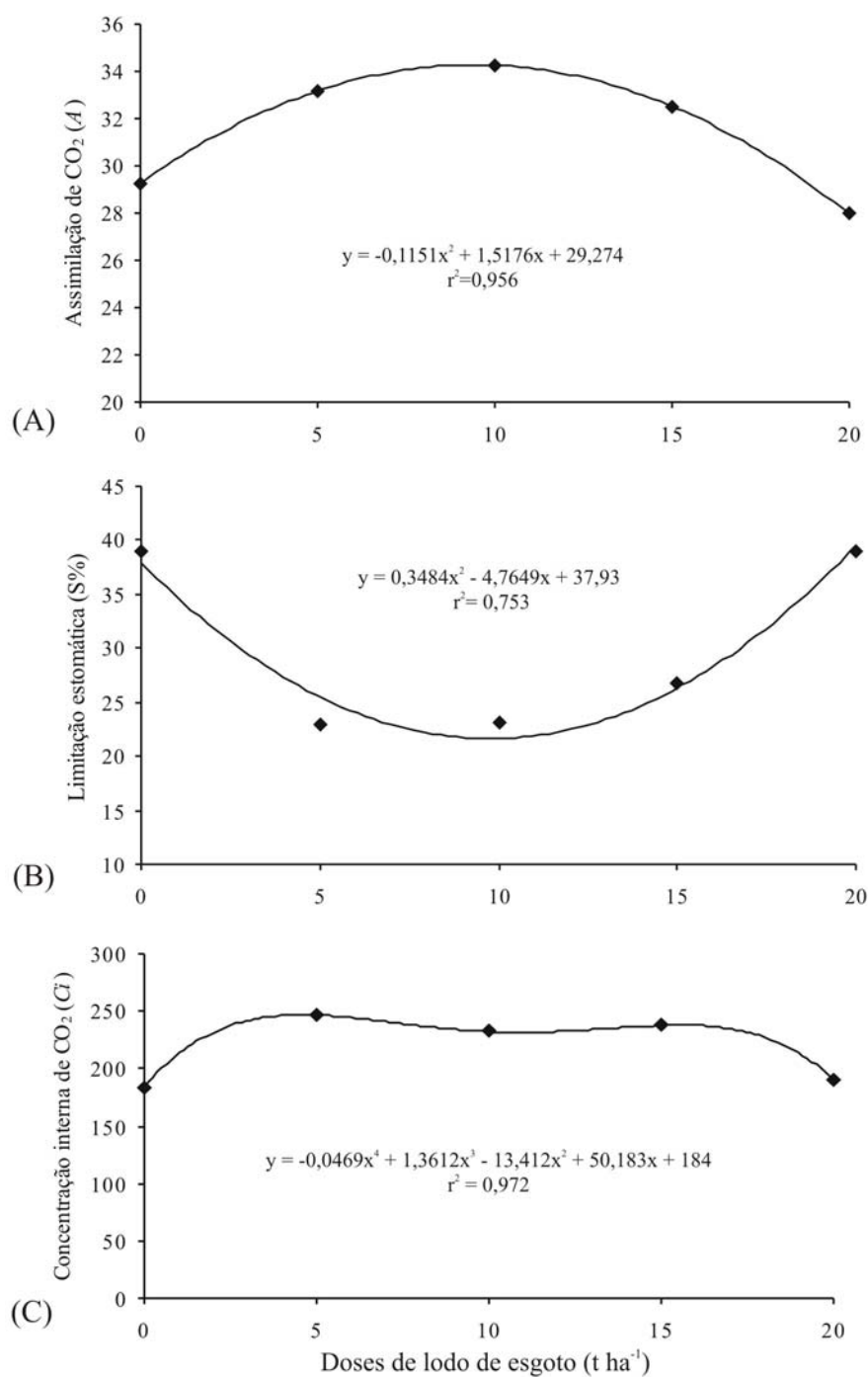


Figura 1. Assimilação de CO₂ (A), $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, limitação estomática (B), em porcentagem, e concentração interna de CO₂ na folha (C), em $\mu\text{mol mol}^{-1}$, em plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) cultivadas com diferentes níveis de lodo de esgoto, aos 36 dias após o transplante das plantas jovens para os tratamentos definitivos.