

Influência da concentração de CO₂ atmosférico nas trocas gasosas e atividade de enzimas antioxidantes em plantas de soja submetidas a dois regimes hídricos

Roberta Bartz Kneib¹; Jessica Blank Volz²; Kezia Aparecida Guidorizi²
Gustavo Maia Souza³

¹Universidade Federal de Pelotas – robertakneib@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Pelotas – jessicabvols@gmail.com kezia_guidorizi@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma importante “commodity” no mercado nacional e uma das mais cultivadas do mundo, devido suas várias formas de utilização, desde consumo humano a alimentação animal. Esta é sensível às condições ambientais, principalmente disponibilidade de água, (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005) que gera preocupações por afetar a produção da cultura.

Considerando o cenário de mudanças climáticas, espera-se aumentos de eventos como falta de água e aumento na concentração de CO₂. Estudos indicam que a exposição por longos períodos ao CO₂ elevado pode gerar um efeito de regulação negativa na fotossíntese reduzindo atividade das enzimas fotossintéticas, acarretando na diminuição na taxa de assimilação de CO₂ (POLLEY, 2002). Além disso, as plantas quando submetidas a condições de estresse, como a deficiência hídrica, têm os processos oxidativos intensificados, pois ocorre aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (SMIRNOFF, 1993). As plantas conseguem reduzir a formação de EROs e os danos causados pelo estresse através das enzimas ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) entre outras, que removem enzimaticamente o H₂O₂ (PURVIS e SHEWFELT, 1993).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das concentrações de CO₂ atmosférico nas trocas gasosas e atividade de enzimas antioxidantes em plantas de soja submetidas a níveis diferentes de disponibilidade de água no solo.

2. METODOLOGIA

As plantas de soja foram crescidas em vasos de 8 L preenchidos com terra em câmaras de topo aberto (OTCs) em duas concentrações de CO₂ atmosférico (400 e 700 ppm) e dois regimes hídricos, com 100% da capacidade do vaso e suspensão da irrigação. Quando as plantas atingiram 25% de condutância estomática, avaliada com porômetro foliar (MODELO SC-1, DECAGON DEVICES), houve a reidratação.

Foram realizadas as análises de trocas gasosas e coletas de tecido vegetal para análise da atividade enzimática em dois momentos: quando as plantas de soja com suspensão da irrigação atingiram 25% de condutância estomática comparadas com as plantas irrigadas, e quando as plantas foram reidratadas.

Na análise de trocas gasosas foram avaliados os seguintes atributos: assimilação máxima líquida de CO₂ (A_{max} , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) utilizando analisador portátil infravermelho de CO₂, modelo LI-6400XT (LICOR, Inc., Lincoln, NE, EUA).

Atividade enzimática foi determinada a partir da maceração de 200 mg de tecido vegetal e homogeneizado em tampão de extração. O extrato obtido fez-se a quantificação das proteínas pelo método de Bradford (1976) e a determinação da atividade das enzimas antioxidantes foi realizada para a SOD conforme descrito por Giannopolitis e Ries (1977), APX foi determinada segundo Nakano e Asada (1981), e CAT foi determinada conforme descrito por Beers e Sizer (1952).

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e os valores médios comparados através do teste Tukey ($p > 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que plantas submetidas a suspensão da irrigação tiveram uma redução significativa nos valores de A_{max} , g_s , E e aumento em C_i em ambas as concentrações de CO_2 atmosférico. Na avaliação feita quando as plantas foram reidratadas, em ambas concentrações de CO_2 , houve recuperação dos parâmetros de trocas gasosas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da assimilação máxima líquida de CO_2 (A , $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), da condutância estomática (g_s , $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$), da concentração intercelular de CO_2 (C_i , $\mu mol\ CO_2\ mol^{-1}$) e transpiração (E , $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)

| 700 ppm | | | | | |
|---------|-----------|----|-----------|----|-------------|
| | Irrigação | | Suspensão | | Reidratação |
| A | 27.82838 | Aa | -0.64303 | Ab | 21.54813 |
| g_s | 2.340525 | Aa | 0.00585 | Ab | 1.901475 |
| C_i | 611.7441 | Ab | 850.8109 | Aa | 623.7883 |
| E | 8.2254 | Aa | 0.1942 | Ab | 7.4951 |
| 400 ppm | | | | | |
| | Irrigação | | Suspensão | | Reidratação |
| A | 19.70405 | Ba | 0.9587 | Ab | 18.02373 |
| g_s | 0.621425 | Ba | 0.00945 | Ab | 0.77655 |
| C_i | 276.9769 | Ba | 207.2395 | Ba | 296.7943 |
| E | 5.35325 | Ba | 0.258775 | Ab | 4.956825 |

*Letras maiúsculas indicam diferença estatística ($p < 0,05$) na mesma condição hídrica entre as concentrações de CO_2 ; Letras minúsculas indicam diferença entre a condição hídrica na mesma concentração de CO_2 .

Análise da atividade das enzimas antioxidantes mostrou que a atividade da APX e CAT manteve-se constante ao longo do período analisado em ambas concentrações de CO_2 , já a SOD teve variação significativa durante o período analisado em ambas concentrações de CO_2 atmosférico (Figura 1).

A redução em A_{max} , g_s e E (Tabela 1) são resultados esperados, pois o déficit hídrico ocasiona redução na fotossíntese devido a redução da turgescência das células-guarda dos estômatos que leva ao fechamento estomático, reduzindo, também, a entrada por difusão de CO_2 (KAISER, 1987). As plantas cultivadas sob 700 ppm de CO_2 tiveram um aumento significativo no C_i durante a suspensão da irrigação, isso pode ser atribuído a uma regulação das trocas gasosas, que reduziu mais a g_s e E do que a entrada de CO_2 por difusão (HÄLLGREN; STRAND; LUNDMARK, 1991), assim, devido a falta de água, houve economia de moléculas de água para cada molécula de CO_2 , diminuindo A_{max} (LAWLOR; CORNIC, 2002).

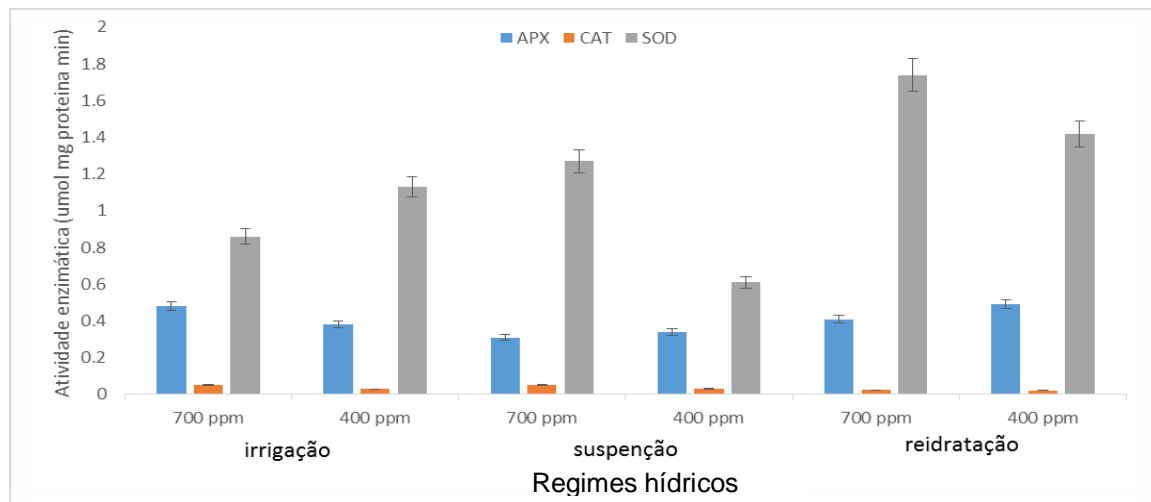


Figura 1. Atividade específica das enzimas: ascorbato peroxidase – APX, catalase – CAT e superóxido dismutase – SOD em plantas de soja cultivadas com concentração atmosférica de 700 e 400 ppm de CO_2 , em diferentes regimes hídricos

A atividade de enzimas antioxidantes é estimulada pela deficiência hídrica (POLLE, 1996) e a elevada concentração do CO_2 pode amenizar os efeitos da falta de água na planta, assim plantas cultivadas em alta concentração de CO_2 podem apresentar atividade antioxidante estável e/ou mais baixa (ROGERS et al., 1983). Conforme observamos em nosso trabalho, a atividade das enzimas APX e CAT mantiveram-se estáveis ou reduziram sua atividade em ambas concentrações de CO_2 . Nossos resultados mostram que houve aumento significativo na atividade da SOD nas plantas cultivadas na concentração de 700 ppm de CO_2 , estes dados corroboram com estudo de Badiani et al. (1993) que também verificou aumento na atividade desta enzima em plantas cultivadas em ambiente com elevado CO_2 . Segundo Schwanz et al. (1996) o aumento na proporção de CO_2/O_2 no cloroplasto, diminui transporte de elétrons para fotossistema I, sendo estes destinados a produção de EROs, assim a SOD, que é a primeira enzima que atua no sistema antioxidante, realiza a dismutação do radical superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$) para peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Além disso, o elevado CO_2 dificulta a fixação de O_2 em plantas C3 em alta concentração de CO_2 (BOWES, 1991), prejudicando outros processos fisiológicos, como a fotossíntese, ocasionando aumento na atividade da SOD (POLLE, 1996).

4. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais testadas, o aumento na concentração de CO_2 atmosférico não influenciou as trocas gasosas nas plantas sob déficit hídrico e também não afetaram a capacidade de recuperação durante a reidratação. O aumento na concentração de CO_2 atmosférico teve efeito apenas na atividade da enzima SOD.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADIANI, M.; D'ANNIBALE, A.; PAOLACCI, A.R.; MIGLIETTA, F.; RASHCHI, A. The antioxidant status of soybean (*Glycine max*) leaves grown under nature CO_2 enrichment in the field. **Australian Journal of Plant Physiology** 20, 275–284, 1993.

BEERS Jr., R.F., SIZER, I.W., 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **Journal of Biological Chemistry**. 195, 133–140.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

GIANNOPOLITIS, C.N., RIES, S.K., 1977. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology** 59, 309–314.

HÄLLGREN, J. E.; STRAND, M.; LUNDMARK, T. Temperature stress. In: RAGHAVENDRA, A. S. (ed.). **Physiology of trees**. New York: John Wiley. 1991. V. 13, p. 301-335.

KAISER, W. M. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 71, p. 142-149, 1987.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 275-294, 2002.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. **Porto Alegre: Evangraf/Ufrgs**, 2005.

NAKANO, Y., ASADA, K., 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**. 22, 867–880.

POLLE, A. Protection from oxidative stress in trees as affected by elevated CO₂ and environmental stress. In 'Terrestrial ecosystem response to elevated carbon dioxide'. (Eds G Koch and H Mooney) pp. 299–315, 1996.

POLLEY, H. W. Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. **Crop Sciences**, 42:131-140, 2002.

PURVIS, A.C.; SHEWFELT, R.L. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in sensitive plant tissues? **Physiol. Plant.**, v.88, p.712-718. 1993.

ROGERS, H. H.; THOMAS, J. F.; BINGHAM, G. E. Response of agronomic and forest species to elevated atmospheric carbon dioxide. **Science** 220, 428–429, 1983.

SCHWANZ, P.; PICON, C.; VIVIN, P.; DREYER, E.; GUEHL, J. M.; POLLE, A. Responses of antioxidative systems to drought stress in pedunculate oak and maritime pine as modulated by elevated CO₂. **Plant Physiology** 110, 393–402, 1996.

SMIRNOFF, N. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and dessiccation. **New Phytol.** v.125, p.27-58, 1993.