



Efeito do selênio nas trocas gasosas de arroz submetido a estresse hídrico⁽¹⁾.

Geanderson Nascimento da Silva⁽²⁾; Fabrício Ribeiro Andrade⁽³⁾; Valdemar Faquin^{(4)*}; André Rodrigues dos Reis⁽⁵⁾; Herlon Bruno Ferreira Barreto⁽⁶⁾; Karina Carvalho Guimarães⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, CAPES e do CNPq.

⁽²⁾ Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras (UFLA); Lavras, Minas Gerais; gean.tecnologo@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Juína; fabricaoandradeagro@gmail.com; ⁽⁴⁾ Professor titular; UFLA; yafaquin@dcs.ufla.br; *Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1C; ⁽⁵⁾ Professor Assistente; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Tupã; andrerreis@tupa.unesp.br; ⁽⁶⁾ Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas; UFLA; foboca@hotmail.com; ⁽⁷⁾ Graduanda em Engenharia de Alimentos; UFLA; kcg.itu@hotmail.com.

RESUMO: O estresse hídrico afeta processos fisiológicos na planta comprometendo a produção, e o selênio (Se) tem sido apontado como agente amenizador dos efeitos deste estresse. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de selênio (Se) nas trocas gasosas de arroz (*Oryza sativa* L. cultivar IAC 202) submetido ao estresse hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de 4 dm⁻³ com amostras de um Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados em arranjo fatorial 2 x 2, com e sem estresse hídrico (tensões de água no solo de -0,025 e -0,050 MPa, respectivamente) e com e sem aplicação de Se (0 e 0,5 mg dm⁻³). O estresse hídrico foi imposto no início do florescimento do arroz por 14 dias consecutivos. No último dia de estresse foi mensurado a taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) com o auxílio de analisador de gás a infravermelho (IRGA). O estresse hídrico reduziu todas as variáveis independente da aplicação ou não de Se. A aplicação de Se promoveu maior A, gs e E nas condições normais de irrigação. O Se afetou a A sob estresse hídrico, mas não houve efeito na gs e E nestas condições.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L., tensões de água no solo, taxa fotossintética.

INTRODUÇÃO

O arroz é o alimento básico em muitos países, entretanto a sua produtividade tem sido afetada pelo estresse hídrico, um grande problema para a agricultura atual (Yao et al., 2009; Terra et al., 2010). Uma das primeiras respostas da planta sob deficiência hídrica é o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente limitando a taxa de transpiração (Bota et al., 2004; Hajiboland et al., 2014). Porém, o

fechamento estomático reduz a taxa de absorção de CO₂, refletindo em menor taxa fotossintética e posteriormente afetando a produtividade (Bota et al., 2004; Chaves et al., 2009).

Práticas culturais de baixo custo financeiro objetivando aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico é de suma importância para reduzir as perdas de produção (Mauad et al., 2011). O selênio (Se) não é considerado essencial às plantas, mas quando fornecido em baixas concentrações promovem efeitos positivos no crescimento e rendimento das culturas (Chu et al., 2013; Habibi et al., 2013). Dessa forma, a literatura internacional tem relatado a melhoria dos efeitos adversos de vários estresses, dentre eles a deficiência hídrica, pela aplicação de selênio nas plantas (Seppänen et al., 2003; Yao et al., 2009; Feng et al., 2013; Hajiboland et al. 2014).

Não há relatos de trabalhos no Brasil relacionados a esta temática. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de selênio nas trocas gasosas de arroz submetido ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG. Utilizou-se amostras de um Latossolo Vermelho distroférico, de textura argilosa. Após seco ao ar, as amostras de solo foram peneiradas em malha de 4 mm e posteriormente analisadas para caracterização química e física de acordo com metodologia proposta pela Embrapa (2011): pH-H₂O = 5,1; M.O. = 4,6 dag kg⁻¹; P (Mehlich-1) = 0,84 mg dm⁻³; K = 66 mg dm⁻³; Ca = 1,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,4 cmol_c dm⁻³; Al = 0,5 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,3 cmol_c dm⁻³; P-remanescente = 11,37 mg L⁻¹; argila = 71 dag kg⁻¹; silte = 14 dag kg⁻¹ e areia = 15 dag kg⁻¹.



Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2, com e sem estresse hídrico (tensões de água no solo de -0,025 e -0,050 MPa, respectivamente), e com e sem aplicação de Se no solo (0 e 0,5 mg dm⁻³), cuja fonte de Se foi o selenato de sódio, com quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de três plantas cultivadas em vasos de 4 dm³. As tensões de água no solo utilizadas seguiram sugestões apresentadas em trabalhos de Stone et al. (1986).

Com base na análise química do solo foi aplicado CaCO₃ e MgCO₃ (fontes P.A) na proporção 4:1 (Ca:Mg) e, posteriormente as amostras de solo foram incubadas por 30 dias com umidade na capacidade de campo objetivando elevar a saturação por bases para 60%. A aplicação do Se foi feita juntamente com a adubação básica de plantio com 80 mg de N, 250 mg de P, 90 mg de K e 50 mg de S por dm⁻³ de solo, sendo as fontes o fosfato de amônio monobásico (NH₄H₂PO₄), fosfato monopotássico (KH₂PO₄) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O), respectivamente. A adubação básica com micronutrientes consistiu na aplicação de 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 0,1 mg de Mo e 5,0 mg de Zn por dm⁻³ de solo, fornecidos na forma de ácido bórico (H₃BO₃), sulfato de cobre (CuSO₄.5H₂O), molibdato de amônio [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O] e sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O), respectivamente.

Em seguida, foram semeadas 15 sementes de arroz (*Oryza sativa* L. cultivar IAC 202) por vaso e desbastadas para três plântulas por vasos 9 dias após a germinação. Realizou-se durante o período de cultivo do arroz adubações de cobertura de 473 mg de N e 436 mg de K por dm⁻³, divididas em 5 aplicações, usando o nitrato de amônio (NH₄NO₃) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente.

Foram instalados tensiômetros a 0,10 m de profundidade em cada parcela experimental para o monitoramento da tensão de água no solo. Até o período de aplicação do estresse hídrico, que ocorreu no início do florescimento do arroz, a irrigação foi conduzida normalmente (-0,025 MPa). Após esse período, a irrigação foi conduzida seguindo a tensão de água no solo de acordo com os tratamentos aplicados, ou seja, valores de -0,025 Mpa ou -0,050 MPa por 14 dias consecutivos.

Foram mensurados no 14^o dia de estresse hídrico, entre as 9:00 e 11:00 horas, em uma folha bandeira por planta de arroz por vaso a taxa de assimilação de CO₂ ou fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (gs) e a taxa de transpiração (E) em sistema aberto, sob condições

de luz saturante artificial (1000 mmol m⁻² s⁻¹), concentração de CO₂ e temperatura constante ambiente, com o auxílio de analisador de gás a infravermelho (IRGA) portátil (LICOR 6400, LiCOR, Nebraska, USA).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo realizou-se o teste Scott-Knott para comparar as médias com uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram que todas as variáveis (fotossíntese líquida, condutância estomática e taxa de transpiração) foram influenciadas estatisticamente (p<0,01) pelo selênio e estresse hídrico isoladamente, assim como a interação estresse hídrico x selênio (**Tabela 2**).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância em relação à fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), além dos fatores estresse hídrico (EH), selênio (Se) e sua interação obtidos na cultura do arroz 14 dias sob estresse hídrico.

FV	GL	Quadrados médios		
		A	gs	E
EH	1	164,8**	0,0068**	24,57**
Se	1	74,86**	0,0039**	31,71**
EH X Se	1	17,74**	0,0014**	6,56**
Resíduo	12	1,31	0,0001	0,51
CV (%)		13,51	11,75	14,68

** significativo a nível 1%.

O estresse hídrico reduziu significativamente a fotossíntese líquida independente da aplicação ou não selênio (**Figura 1 a**). A redução da fotossíntese líquida durante o estresse hídrico é atribuída a menor disponibilidade interna de CO₂ no interior da folha, resultante do fechamento estomático devido a restrição de água no solo (Rosa et al., 1991).

A aplicação do selênio ao solo aumentou a fotossíntese líquida em 75,82% e 53% nas plantas sem e com estresse hídrico, respectivamente. Resultados semelhantes foram reportados por Hajiboland et al. (2014) em plantas trigo (*Triticum durum* L.) submetidas a deficiência hídrica com aplicação de selênio. Isso demonstra que a aplicação de selênio no solo foi capaz de amenizar os efeitos do estresse deficiência hídrica, parcialmente, no presente estudo. Tal fato pode estar relacionado ao fato do selênio ser capaz de proteger o aparato fotossintético (Nawaz et al., 2015).



A deficiência hídrica reduziu significativamente a condutância estomática e a taxa de transpiração, como era esperado (**Figura 1 b,c**). A aplicação de selênio ao solo promoveu aumento ($p < 0,05$) na taxa de transpiração nas plantas sob condições normais de irrigação, fato não observado quando foi imposto o estresse hídrico. O mesmo comportamento foi apresentado para a condutância estomática. Estes resultados estão coerentes aos encontrados por Hajiboland et al. (2014) os quais abordam que o tratamento com Se elevaram a abertura estomática, ou seja, recurso necessário para o aumento da taxa de transpiração e, conseqüentemente maior assimilação do CO_2 .

Queda na condutância estomática indica a ocorrência de fechamento parcial dos estômatos, ocasionando além de diminuição na taxa de transpiração, a redução da assimilação de CO_2 , devido a esses processos serem difusivos (Magalhães Filho et al., 2008). Isso afeta diretamente a taxa fotossintética e conseqüentemente prejudica a produtividade das plantas (Bota et al., 2004).

CONCLUSÕES

O estresse hídrico reduziu a fotossíntese líquida, condutância estomática e taxa de transpiração.

A aplicação de selênio ao solo aumentou a fotossíntese líquida, condutância estomática e taxa de transpiração nas condições normais de irrigação.

Em condições de estresse hídrico a aplicação de selênio ao solo aumentou a fotossíntese líquida.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG, CAPES, CNPq e Universidade Federal de Lavras pelo apoio financeiro. A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

Bota J, Medrano H, Flexas J. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytol.* 2004;162: 671-681.

Chaves MM, Flexas J, Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany.* 2009;103. doi:10.1093/aob/mcn125.

Chu J, Yao X, Yue Z, Li H, Zhao J. The effects of selenium on physiological traits, grain selenium content and yield of winter Wheat at different development stages. *Biol Trace Elem Res.* 2013;151:434-440.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011.

Feng R, Wei C, Tu S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environ. Exp. Bot.* 2013;87:58-68. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2012.09.002.

Ferreira, DF. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.

Habibi G. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley. *Acta agric Slovenica.* 2013;101:31-39.

Hajiboland R, Sadeghzadeh N, Sadeghzadeh B: Effect of Se application on photosynthesis, osmolytes and water relations in two durum wheat (*Triticum durum* L.) genotypes under drought stress. *Acta Agric. Slov.* 2014;103:167-179.

M. Seppänen, M. Turakainen, H. Hartikainen, Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Sci.*, 165, 311-319 2003.

Magalhães Filho JR, Amaral LR, Machado DFSP, Medina CL, Machado EC. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. *Bragantia.* 2008;67:693-699.

Mauad M, Crusciol CAC, Grassi Filho, H. Produção de massa seca e nutrição de cultivares de arroz de terras altas sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada. *Semina: ci. agrárias.* 2011;32:939-948.

Nawaz F, Ahmad R, Ashraf MY, Waraich EA, Khan SZ. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. *Eco. and Envir. Safety,* 2015; 113:191-200

Rosa, LM; Dillenburg LR, Forset IN. Responses of soybean leaf angle, photosynthesis and stomatal conductance to leaf and soil water potential. *Ann Bot-London.* 1991;67:51-58.

Stone LF, Moreira JAA, Silva SCDA. Tensão de água do solo e produtividade do arroz. Santo Antonio de Goiás, GO: CNPAF; 1986. (Comunicado técnico, 19).

Terra TGR, Leal TCAB, Rangel PHN, Barros HB, Santos AC. Tolerance to drought in rice cultivars in Southern Cerrado area from Tocantins State, Brazil. *Acta Sci: Agronomy,* 2010;32:715-719.

Yao X, Chu J, Wang G. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biol Trace Elem Res.* 2009;3:283-290.

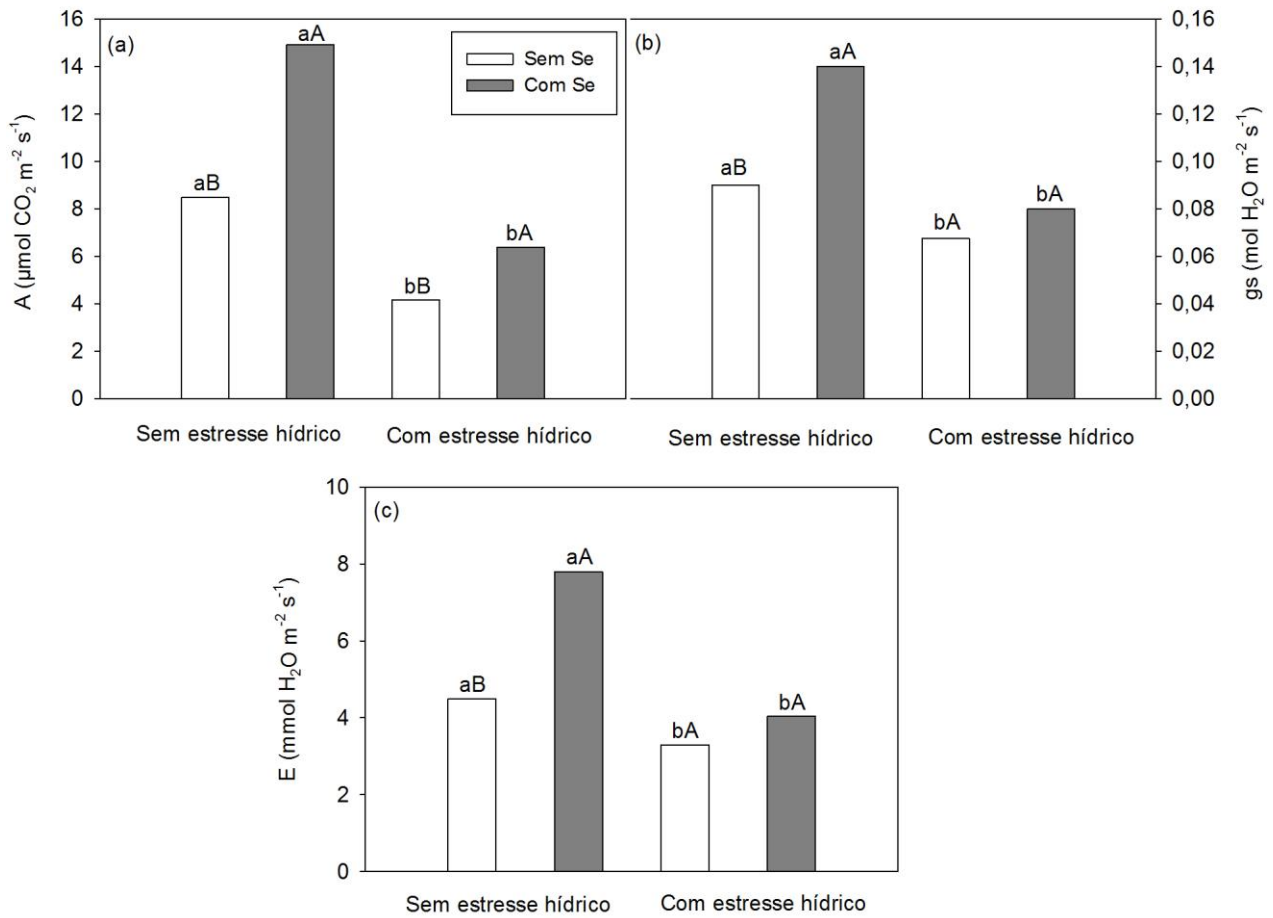


Figura 1 - Fotossíntese líquida (A) (a), condutância estomática (gs) (b) e taxa de transpiração (E) (c) em arroz sob regimes hídricos e aplicação de selênio. ¹ Letras minúsculas comparam níveis de estresse hídrico dentro de cada nível de Se. ² Letras maiúsculas comparam níveis de Se dentro de cada nível de estresse hídrico.