



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Medidas fisiológicas em girassol conduzido sob excesso e déficit hídrico: comparação entre dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*¹

Luis Henrique Loose²; Arno Bernardo Heldwein³; Tiago Silveira Ferrera⁴; Jocélia Rosa da Silva⁵; Júnior Cesar Somavilla⁶; Adriana Amarante⁷

¹ Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 ago. a 28 ago. 2015

² Agrônomo, Me., Doutorando PPG-Agronomia, UFSM, Santa Maria – RS, luisloose@yahoo.com.br

³ Agrônomo, Dr., Prof. Titular, Depto de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria – RS, heldweinab@smail.ufsm.br

⁴ Biólogo, Dr., Prof., Centro de Ciências da Saúde e Agrárias, UNICRUZ, Cruz Alta – RS, tsferrera@yahoo.com.br

⁵ Agronomia, Estudante, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS, joceliarosa.s@gmail.com

⁶ Agronomia, Estudante, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS, somavillajr@gmail.com

⁷ Agronomia, Estudante, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS, naamarante_tupa@hotmail.com

RESUMO: A ocorrência de estresse por déficit e excesso hídrico é prejudicial à maioria das plantas cultivadas. A fotossíntese e a condutância estomática são algumas das respostas fisiológicas das plantas ao estresse. Porém, a grande variabilidade, a falta de precisão nas medições e as diferenças entre equipamentos, são alguns dos principais problemas dessas avaliações. O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas respostas fisiológicas em girassol conduzido sob excesso e déficit hídrico em dois estádios fenológicos e comparar dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*. O experimento foi realizado em Santa Maria/RS, com três condições hídricas (excesso hídrico, déficit hídrico e controle). A condição hídrica do solo foi monitorada pelo balanço hídrico sequencial diário. As avaliações foram feitas com dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*, um da marca LICOR® modelo LICOR-6400 e outro da marca DELTA-T® modelo LCI-SD, em dois estádios fenológicos, R2 e R6. As variáveis analisadas foram a taxa fotossintética, a resistência estomática, a concentração intercelular de CO₂ e a temperatura da folha. Os dados foram analisados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (p<0,05). A fotossíntese foi a variável que apresentou diferença entre tratamentos, entre os estádios de avaliação e entre os dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*, enquanto as demais variáveis só apresentaram diferença entre aparelhos. O déficit hídrico foi o tratamento que menor fotossíntese apresentou, diferindo sempre do tratamento controle. O excesso hídrico ora não diferiu do controle ora não diferiu do déficit. Há diferenças entre os aparelhos *Infrared Gas Analyzer* nos valores das medidas fisiológicas em girassol.

PALAVRAS-CHAVE: respostas fisiológicas, estresse hídrico, analisador de fotossíntese

Physiological measures in sunflower carried out under water deficit and water excess: comparison between two *Infrared Gas Analyzed*

ABSTRACT: The occurrence of water deficit and water excess is harmful to most crops. Photosynthesis and stomatal conductance are some of the physiological responses of plants to stress. However, the great variability, the lack of precision in measurements and differences in equipment, are some of the main problems of these reviews. The aim of this study was to evaluate some physiological responses in sunflower carried out under water excess and water deficit in two growth stages and compare two devices *Infrared Gas Analyzer*. The experiment was carried out in Santa Maria/RS, with three water conditions (water excess, water deficit and control). The water status of the soil was monitored by sequential daily water balance. Evaluations were made with two *Infrared Gas Analyzer*, a LICOR-6400 model and DELTA-T® model LCI-SD, in two growth stages, R2 and R6. The variables analyzed were the photosynthetic rate, stomatal resistance, intercellular CO₂ concentration and leaf temperature. Data were analyzed by variance analysis and means compared by Tukey test (p <0.05). Photosynthesis was the only variable with difference between treatments, between the stages of evaluation and between the two *Infrared Gas Analyzer* devices, while the other variables showed only difference between devices. The



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

water deficit was the treatment that less photosynthesis presented, always different from the treatment control. The water excess sometimes did not differ from control, sometimes did not differ from deficit. There are differences between the Infrared Gas Analyzer devices in the values of physiological measures in sunflower.

KEY WORDS: physiological responses, water stress, photosynthesis analyzer

INTRODUÇÃO

A ocorrência de estresse hídrico é o principal fator que afeta o crescimento e a produção das culturas agrícolas. A grande redução do potencial de crescimento e de produtividade ocorre em função das respostas fisiológicas da planta. O déficit hídrico leva a planta ao fechamento estomático, primeiro sintoma fisiológica murchamento foliar e a redução significativa da transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2012). Consequentemente ocorre a redução da taxa fotossintética, da área foliar e sua expansão, da taxa de enchimento de grãos e da produtividade das culturas (GÖKSOY et al., 2004).

Por outro lado, o excesso hídrico do solo causa a hipoxia e a anoxia, que são a falta e a ausência de O₂ nas células radiculares, respectivamente. Dessa forma, as raízes não conseguem absorver e transportar água na quantidade demandada pela parte aérea das plantas. Os sintomas são semelhantes aos do déficit hídrico, com fechamento estomático, murchamento foliar, redução da concentração de clorofila e proteínas nas folhas levando a drástica redução da fotossíntese (ZAIDI et al., 2003; GRASSINI et al., 2007).

Um dos problemas das medidas fisiológicas está na grande variabilidade e falta de precisão nas medições. A taxa fotossintética, a condutância estomática, a concentração intercelular de CO₂ e a temperatura da folha tem grande variabilidade ao longo do dia e entre um dia e outro, pois elas dependem da temperatura do ar, da radiação solar, do vento, da folha que se está avaliando (CONNOR et al., 1985). Por isso, é necessário fazer as medições em dias límpidos com pouco vento. Além disso, é preciso avaliar as plantas dos diferentes tratamentos no menor tempo possível, tendo em vista que a temperatura do ar varia ao longo do tempo. Também é necessário escolher folhas de mesma idade e com mesmo posicionamento no dossel nos diferentes tratamentos, para minimizar os erros de avaliação (CECHIN et al., 2006).

Apesar de todos os cuidados para efetuar as medições fisiológicas, os aparelhos medidores contém um erro sistemático embutido, o que aumenta a fonte de variabilidade de medições, além de erros na calibração. O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas respostas fisiológicas em girassol conduzido sob excesso e déficit hídrico em dois estádios fenológicos e comparar dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Santa Maria/RS, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O clima é definido como subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes, e o solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. A semeadura foi realizada em sulcos com espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,45 m entre plantas, resultando na população de 44.444 plantas ha⁻¹. A adubação e os tratos culturais foram realizados conforme indicações técnicas (EMBRAPA, 2007).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com disposição em faixas nas quais eram aplicados os tratamentos de disponibilidade hídrica. Os tratamentos de disponibilidade

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

hídrica foram de déficit hídrico (conduzido sob armazenamento entre 40 e 60% da CAD), excesso hídrico (conduzido sob armazenamento entre 90% da CAD e a saturação do solo, com irrigação até a saturação feita semanalmente) e controle (conduzido sob armazenamento entre 75 e 100% da CAD). A área conduzida sob déficit hídrico contou com uma estrutura de madeira que permitia o cobrimento da área com filme plástico de PEBD, para controlar a entrada de água. O filme plástico era retirado logo após a chuva cessar.

Os tratamentos de disponibilidade hídrica começaram a ser aplicados após o estágio V6. As avaliações foram feitas com dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer* em dois estádios fenológicos, formação do capítulo (R2) e final do florescimento (R6). Assim, o experimento passou a ser trifatorial 3x2x2. Fator A = três condições hídricas; fator C = dois aparelhos; fator D = avaliação em dois estádios. A condição hídrica do solo foi monitorada pelo balanço hídrico sequencial diário (PEREIRA, 2005) adaptado pelo acréscimo de uma função de variação da CAD ao longo do ciclo, em que a CAD diária é calculada a partir da soma térmica. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada pelo método de Penman-Monteith e a evapotranspiração máxima da cultura do girassol (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica automática do INMET, localizada em Santa Maria.

A taxa fotossintética, a resistência estomática, a concentração intercelular de CO₂ e a temperatura da folha, foram medidas com os dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*, um da marca LICOR[®] modelo LICOR-6400 e outro da marca DELTA-T[®] modelo LCI-SD. As medidas foram feitas em três plantas por parcela, medida entre a 7^a e a 10^a folha a contar do ápice, em folhas expandidas e expostas ao sol. O horário em que foram avaliadas as plantas foi ao meio dia de um dia após a aplicação de excesso hídrico. As medições foram feitas nas mesmas folhas alternadamente. Os dados foram analisados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis analisadas, apenas a taxa fotossintética apresentou interação significativa (Tabela 1). Isso significa que os três fatores, condição hídrica, aparelho usado e estágio fenológico analisado, foram significativos para a taxa fotossintética. Para as demais variáveis, apenas houve diferença significativa entre os aparelhos *Infrared Gas Analyzer*.

O estágio R2 apresentou uma taxa fotossintética média de 30,87 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹, pouco inferior ao estágio R6 com 32,72 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Essa diferença se deve a grande variabilidade diária da demanda atmosférica e dos elementos meteorológicos, afetando as medições de um dia para outro e também do *status* hídrico das plantas. Entre os aparelhos *Infrared Gas Analyzer*, também houve diferença significativa, sendo que o LICOR apresentou uma média de 33,88 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹, enquanto o DELTA-T teve 29,71 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹.

Os tratamentos de condição hídrica também apresentaram diferenças quanto a taxa fotossintética. No estágio R2 a maior fotossíntese ocorreu no tratamento controle, com 35,68 e 30,80 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente para os aparelhos LICOR e DELTA-T. A menor fotossíntese ocorreu no déficit hídrico sendo 17 e 10% menor que o tratamento controle, respectivamente para os aparelhos LICOR e DELTA-T, não diferindo do excesso hídrico. Já no estágio R6, os tratamentos controle e excesso hídrico não diferiram entre si, diferindo apenas do tratamento déficit hídrico, em ambos os equipamentos. Os valores médios de taxa fotossintética para o girassol foram semelhantes aos encontrados por SILVA et al. (2013), apesar desses autores não acharem diferença significativa entre tratamentos de déficit hídrico.

A diferença entre os dois estádios fenológicos pode ter ocorrido em função da adaptação das plantas do tratamento de excesso hídrico pelo sistema radicular superficial desenvolvido pelo girassol, sendo que por essa razão, as raízes superficiais ativas conseguiram suprir a demanda atmosférica. No

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

estádio R2 as plantas responderam mais ao excesso hídrico pelo fato de as raízes ainda estarem em pleno desenvolvimento, sendo que um excesso hídrico nessa fase poderia ser mais forte sobre a fotossíntese do que no estágio R6.

A condutância estomática, a concentração intercelular de CO₂ e a temperatura da folha tiveram uma grande diferença entre equipamentos, não diferindo entre as condições hídricas e entre os dois estádios avaliados (Tabela 1). A condutância média foi de 1,55 mol H₂O m⁻² s⁻¹ no equipamento da LICOR e de 0,85 mol H₂O m⁻² s⁻¹ no equipamento da DELTA-T. A concentração intercelular de CO₂ foi de 267,27 e 204,32 μmol CO₂ mol⁻¹ medidos pelos equipamentos LICOR e DELTA-T, respectivamente. A temperatura da folha foi de 33,49 °C no *Infrared Gas Analyzer* LICOR e de 39,45 °C no DELTA-T.

Essas diferenças entre equipamentos são bastante consideráveis, tendo em vista que são equipamentos complexos e sensíveis, medindo as mesmas variáveis simultaneamente. Vale salientar que o erro sistemático pode não ser um entrave quando é utilizado apenas um equipamento, como por exemplo a taxa fotossintética que apresentou diferença significativa entre equipamentos, porém com a tendência das medidas semelhante.

Tabela 1. Taxa fotossintética, condutância estomática, concentração de CO₂ intercelular e temperatura da folha medidos por dois aparelhos *Infrared Gas Analyzer*, LICOR[®]-6400 e DELTA-T[®] LCI-SD, em dois estádios de desenvolvimento do girassol semeado em 06/09/2013 em Santa Maria/RS, conduzido sem e com estresse por déficit e excesso hídrico.

Condição Hídrica	Taxa fotossintética** (mmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)			Cond. Estomática (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	[CO ₂] intercelular (μmol CO ₂ mol ⁻¹)	Temperatura da folha (°C)
	R2	R6	Média	Média	Média	Média
LICOR[®]-6400						
Controle	35,68 a	37,53 a				
Excesso	31,96 b	37,71 a	33,88 a	1,55 a	267,27 a	33,49 a
Déficit	29,67 b	30,73 b				
IRGA – DELTA-T[®] LCI-SD						
Controle	30,80 a	30,91 a				
Excesso	29,43 ab	31,31 a	29,71 b	0,85 b	204,32 b	39,45 b
Déficit	27,67 b	28,12 b				
Média	30,87 A	32,72 B		1,20	235,79	36,47
CV(%)		5,41		30,35	13,70	3,97

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula **Interação significativa (P<0,05) e fator condição hídrica desdobrado dentro das duas datas de avaliação e entre os dois equipamentos. Tratamentos: CONT: controle (manutenção da umidade do solo entre 75 e 100% da CAD); EXC: excesso hídrico (manutenção da umidade do solo entre 90% da CAD e a saturação do solo); DEF: déficit hídrico (manutenção da umidade do solo entre 40 e 60% da CAD). R2: estágio de desenvolvimento do botão floral; R6: estágio de final do florescimento.

CONCLUSÕES

A taxa fotossintética foi afetada mais negativamente pelo déficit hídrico do que pelo excesso hídrico, nos níveis em que foram aplicados.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

A diferença entre as medições dos equipamentos é evidente, mas a tendência das medidas é a mesma em razão do erro sistemático embutido do equipamento e calibração.

O equipamento LICOR apresentou maiores valores médios de taxa fotossintética, condutância estomática e concentração intercelular de CO₂, enquanto o DELTA-T, maior temperatura da folha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration** - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CECHIN, I. et al. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. **Photosynthetica**, v. 44, n. 1, p. 143-146, 2006.

CONNOR, D. J. et al. Response of sunflower to strategies of irrigation III. Crop photosynthesis and transpiration. **Field Crops Research**, v. 12, p. 281-293, 1985.

EMBRAPA. **Indicações para o cultivo do girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Comunicado Técnico 78, Embrapa Soja, Londrina, PR, fev. 2007.

GÖKSOY, A.T. et al. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. **Field Crops Research**, v.87, n.2, p.167-178, 2004.

GRASSINI, P. et al. Responses to short-term waterlogging during grain filling in sunflower. **Field Crops Research**, v.101, p.352-363, 2007.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

SILVA, A. R. A. et al. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Artmed, Porto Alegre, 2012. 954p.

ZAIDI, P. H.; RAFIQUE, S.; SINGH, N. N. Response of maize (*Zea mays* L.) genotypes to excess moisture stress: morphophysiological effects and basis of tolerance. **European Journal of Agronomy**, v.19, p.383-399, 2003.