



TROCAS GASOSAS DO MILHO VERDE SOBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

C. B. da Silva¹, T. S. da Silva², J. C. da Silva³, R. M. L. da Cruz⁴, M. C. J. L. Alves⁵,
M. A. L. dos Santos⁶

RESUMO: A produção de milho verde se destaca no Brasil por ser uma cultura de grande importância econômica, sendo a água e o adubo fatores indispensáveis. Objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas do milho verde sob diferentes lâminas de água e doses de Nitrogênio. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), *Campus* de Arapiraca-AL (S 9° 41' 53,6"/ W 36° 41' 26,3" e altitude de 264 m). O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas 3 x 5, com três blocos, três lâminas de irrigação (L1: 0; L2: 100 e L3: 200 % ETc), e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 %). No estágio reprodutivo (R1), as plantas foram submetidas a avaliações de trocas gasosas através da utilização de um analisador de gás infravermelho (IRGA). Os resultados mostraram que ocorreu interação exclusivamente para as lâminas de irrigação com significância nas variáveis: Déficit de Pressão de Vapor (DPV), condutância estomática (g_s), Temperatura foliar (T_f), fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e Eficiência do Uso da Água (EUA). O aumento da g_s promoveu maiores taxas de A e E apenas na L2, este resultado já era esperado visto que sob condições hídricas favoráveis ocorre menor resistência estomática e conseqüentemente maior aporte de dióxido de carbono para as reações de fixação de carbono. Além disso, maiores taxas de E promoveram reduções na T_f , favorecendo a atividade de diversas enzimas que necessitam de uma temperatura ótima para atuarem. O maior aporte hídrico no solo também promoveu reduções no DPV e na EUA. Portanto, conclui-se que a L2 promoveu melhor desempenho no desenvolvimento do milho no estágio R1.

PALAVRAS-CHAVE: Estádio reprodutivo, IRGA, resistência estomática.

GREEN CORN GASES EXCHANGES TO DIFFERENT IRRIGATION BLADES AND NITROGEN DOSES

¹ Mestranda, UFAL-*Campus* Arapiraca/Agronomia. Email: cinara_cbs@hotmail.com

² Graduanda, UFAL-*Campus* Arapiraca/Agronomia. Email: silvatais29@gmail.com

³ Mestranda, UFAL-*Campus* Arapiraca/Agronomia. Email: julianna_cds@hotmail.com

⁴ Graduanda, UFAL-*Campus* Arapiraca/Agronomia. Email: limaraiane24@gmail.com

⁵ Doutora em Botânica UFRPE. Recife - Pernambuco. Email: mariaclaudjane@hotmail.com

⁶ Doutor em Irrigação e drenagem ESALQ/USP, Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Arapiraca – Alagoas. Email: mal.santo@hotmail.com

ABSTRACT: The production of green corn stands out in Brazil for being a crop of great economic importance, with water and fertilizer being indispensable factors. The objective of this study was to evaluate the physiological response of green maize under different water depths and Nitrogen doses. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal University of Alagoas (UFAL), Campus Arapiraca-AL (S 9° 41 '53,6 " / W 36° 41' 26,3" and altitude of 264 m). The experimental design was a randomized complete block design with 3 x 5 subdivided plots, with three blocks, three irrigation slides (L1: 0; L2: 100 and L3: 200% ETc), and five doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200%). At the reproductive stage (R1), the plants were subjected to gas exchange evaluations using an infrared gas analyzer (IRGA). The results showed that interaction occurred exclusively for irrigation slides with significance in the following variables: Vapor Pressure Deficit, stomatal conductance (gs), leaf temperature (Tf), liquid photosynthesis (A), transpiration (E) and Water Use Efficiency (EUA). The increase of gs promoted higher rates of A and E only in L2, this result was already expected since under favorable water conditions less stomatal resistance and consequently a higher contribution of carbon dioxide to the carbon fixation reactions occurred. In addition, higher rates of E promoted reductions in Tf, favoring the activity of several enzymes that need an optimal temperature to act. The higher water intake in the soil also promoted reductions in the DPV and in the USA. Therefore, it is concluded that L2 promoted better performance in the development of corn in the R1 stage.

KEY WORDS: Reproductive stage, IRGA, stomatal resistance.

INTRODUÇÃO

A produção de milho verde se destaca no Brasil por ser uma cultura de grande importância socioeconômica, tornando-se uma alternativa de grande valor econômico para pequenos e médios agricultores, devido a sua aceitação comercial. O grão leitoso pode ser utilizado tanto para o consumo *in natura*, bem como através de seu processamento para alimentação humana. Já a planta com um todo, pode ser utilizada para alimentação animal por meio da confecção de silagem, alimento proveniente do processo de fermentação.

Esta cultura apresenta baixo ponto de compensação de CO₂, alta taxa fotossintética e baixo consumo de água para a formação de matéria fresca (AZEVEDO NETO; TABOSA, 2000).

A água é o fator ambiental importante para o desenvolvimento das plantas de modo que seu excesso ocasiona sérios prejuízos podendo afetar a aeração na zona radicular e a lixiviação dos nutrientes enquanto que sua falta pode inibir o crescimento da planta e afetar o metabolismo fisiológico e, por fim, a sua produtividade. Com isto, o manejo da irrigação deve ser adequado visando à eficiência no uso da água (BILIBIO et al., 2010; LIMA et al., 2012).

A adubação nitrogenada também pode ser considerada uma das principais limitações para alcançar altos rendimentos com a cultura do milho. Isto porque o nitrogênio (N) tem papel importante em vários processos essenciais para a manutenção da vida da planta, como constituinte da molécula de clorofila (ANDRADE et al., 2003), aminoácidos, bases nitrogenadas, coenzimas, enzimas e ácidos nucleicos (TAIZ e ZEINGER, 2004) e dessa forma, é considerado o que mais limita a produção (ROBERTO et al, 2010).

No que diz respeito às relações hídricas e trocas gasosas, sabe-se que o influxo de CO₂ ocorre necessariamente através dos estômatos no processo fotossintético ocorrendo também o fluxo de água, por meio da transpiração, sendo o movimento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores. Desta forma, a disponibilidade hídrica no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, o que reduz, conseqüentemente, a taxa de fotossíntese (SILVA et al., 2010).

Os aspectos fisiológicos e de desenvolvimento da planta estão intimamente relacionados ao estado hídrico do vegetal, com influência direta sobre a produção (SILVA et al., 2015), tornando-se evidente a importância da compreensão deste conjunto de fatores no cultivo do milho verde.

Diante do exposto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar as resposta fisiológica do milho verde cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de Nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), *Campus* de Arapiraca-AL, localizado nas seguintes coordenadas geográficas, 9° 41' 53,6" Sul, 36° 41' 26,3" Oeste e altitude de 264 m. A mesorregião denominada Agreste Alagoano, encontra-se em transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano, com clima classificado como tipo 'As' tropical, de acordo com o critério de Köppen (1948). Segundo Xavier e Dornellas (2010) a estação chuvosa tem início no mês de maio e se estende até meados de agosto, possuindo uma precipitação pluvial média de 854,27 mm ano⁻¹. Sendo os meses de

maio/julho os mais chuvosos e setembro/dezembro os mais secos. O solo é classificado como Latossolo Amarelo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013).

No período de condução do experimento, que compreendeu os meses de Abril a Junho de 2016, foram coletados os dados climatológicos da estação meteorológica localizada a 20m de distância da área experimental. Para determinação da análise de solo, as amostras foram retiradas sob profundidades de 0 - 20 cm e de 20 - 40 cm. As análises químicas e de textura foram realizadas em laboratório (Tabela 1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), distribuídos em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 3 x 5, com três blocos, três lâminas de irrigação (L1: 0; L2: 100 e L3: 200 % com base na Evapotranspiração da cultura) localizadas nas parcelas, e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 % da dose recomendada) distribuídos nas subparcelas, possuindo 15 tratamentos, totalizando 45 unidades experimentais. A semeadura foi realizada manualmente a 5 cm de profundidade, usando-se 2 sementes/cova, utilizou-se o híbrido duplo AG 1051 da Agrocere. A cultivar foi semeada no espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Cada parcela experimental foi composta de três linhas com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 10 m de comprimento. Para as avaliações, foram descartadas as duas linhas laterais (bordadura), sendo considerada linha útil a principal, constituída por cinco subparcelas contendo oito plantas em cada, das quais, quatro centrais foram utilizadas para estudo.

Na adubação de fundação utilizou-se: Fósforo (P_2O_5), 60 kg/ha⁻¹ Nitrogênio (N) 30 kg/ha⁻¹ e Potássio (K_2O) 40 kg/ha⁻¹. A quantidade de adubo utilizado foi determinada por meio da análise química do solo, juntamente com a recomendação de adubação para o cultivo do milho verde, de acordo com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008).

Na adubação nitrogenada em cobertura, os tratamentos estabelecidos foram divididos em duas aplicações, sendo metade da dose no estágio V3 (as plantas apresentam-se com três folhas completamente desenvolvidas) e o restante em V8 (plantas com oito folhas completamente desenvolvidas), utilizando-se de uréia (45% de N) como fonte de nitrogênio.

A irrigação foi realizada diariamente, duas vezes ao dia pelo sistema de gotejamento (Fita Amanco drip), com vazão nominal de 1,6 L/h. Em seguida, 30 DAE iniciou-se a aplicação das lâminas diferenciadas de irrigação, utilizou-se uma bomba de 0,5 cv.

Aplicou-se a adubação nitrogenada fracionada nos percentuais de (0; 50; 100; 150; e 200% da dose recomendada, ou seja, 60 kg/ha⁻¹) na cobertura em dois momentos; sendo a primeira aplicação feita aos 27 dias DAE, correspondente à fase V4 da cultura, na dose de 30 kg ha⁻¹, ou seja, 5,33 g m⁻¹ de ureia. Já a segunda aplicação ocorreu aos 45 dias DAE

correspondente a fase V8, também com 30 kg ha⁻¹ equivalente a 5,33 g m⁻¹ de ureia, aplicado em sulcos de 15 cm de profundidade abertos a 10 cm próximo à planta.

As análises fisiológicas ocorreram no estágio reprodutivo (R1) do milho, as plantas foram submetidas a avaliações de trocas gasosas e determinação do teor de clorofila nas lâminas de 100 e 200% da Etc e a testemunha, com as respectivas doses de N. As avaliações foram realizadas na folha índice de cada planta adotando cinco plantas por parcela. A primeira leitura foi realizada na lâmina de 100% da ETc, a segunda na lâmina de 200 % da ETc e a terceira, nas plantas que recebiam apenas água da chuva (testemunha). As análises ocorreram no horário entre 9:00 e 12:00h, com auxílio de um analisador de gases a infravermelho - IRGA (LI 6400, LICOR, Lincoln, USA), com fluxo de dióxido de carbono (CO₂) de 400 μmol m⁻²s⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1000 μmol m⁻²s⁻¹. Foram mensurados o Déficit Pressão de Vapor (DPV - KPa), a taxa de fotossíntese líquida (A - μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), condutância estomática de vapores de água (g_s - mmol H₂O m⁻²s⁻¹), taxa de transpiração (E - mmol H₂O m⁻²s⁻¹), a eficiência instantânea no uso da água (EUA) calculada pela relação entre fotossíntese líquida e transpiração [(μmol m⁻²s⁻¹)/(mmol de H₂O m⁻²s⁻¹)] e temperatura da folha (T_f °C). Já o rendimento da fluorescência do fotossistema 2 (Φ PSII), dissipação fotoquímica (q_p), dissipação não fotoquímica (q_N), taxa de transporte de elétrons (ETR) e a eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) foram determinadas para ambos os tratamentos nas folhas pré-adaptadas ao escuro após período de 30 minutos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa estatístico R[®] para determinar o efeito dos tratamentos lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada, bem como suas interações, foi aplicada a análise de regressão linear e polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que ocorreu interação exclusivamente para as lâminas de irrigação para as variáveis: Déficit de Pressão de Vapor (DPV), condutância estomática (g_s) e Temperatura foliar (T_f) (Figuras 1 A-C). As demais variáveis analisadas (A , E e EUA) não diferiram estatisticamente.

O aumento da g_s promoveu maiores taxas de A e E apenas na L2, este resultado já era esperado visto que sob condições hídricas favoráveis ocorre menor resistência estomática e consequentemente maior aporte de dióxido de carbono para as reações de fixação de carbono (OLIVEIRA; GUALTIERRI, 2016). Além disso, maiores taxas de E promoveram reduções na T_f favorecendo a atividade de diversas enzimas que necessitam de uma temperatura ótima para

atuarem (COLLATEZ, et al.1991). O maior aporte hídrico no solo também promoveu reduções no DPV e na EUA.

Nas variáveis fotoquímicas apenas o coeficiente de extinção não fotoquímico ou *quenching* não fotoquímico (q_N) apresentou diferença significativa, com crescimento linear (Figura 2). O aumento no q_N indica que o excesso de energia de excitação foi dissipado termicamente, visto que o q_N tem um papel fotoprotetor, onde maiores taxas dessa variável pode ser interpretado como um importante mecanismo utilizado pelas plantas para auxiliar na proteção dos centros de reação do PSII (LASSOAUANE et al., 2013; SOUZA et al., 2010).

CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a L2 promoveu melhor desempenho nas trocas gasosas do milho no estádio R1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M. da; QUEIROZ, D.S.; SALGADO, L.T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Especial ed., p.1643-1651, dez. 2003.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.159-164, 2000.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. de A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A.; GOMES, L. A. A. **Função de produção da berinjela irrigada em ambiente protegido**. Irriga, v.15, p.10-22, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2010v15n1p10>>. Acesso em 11 jun. 2017.

COLLATEZ, G.J., BALL, J.T., GRIVET, C., BERRY, J.A. 1991. Physiological and environmental regulation of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration: a model that includes a laminar boundary layer. **Agric. Forest Met.** 54, 107–136. doi: 10.1016/0168-1923(91)90002-8.

LASSOAUANE, N., AÏD, F., LUTTS, S., 2013. Water stress impact on young seedling growth of *Acacia arabica*. **Acta Physiol Plant.**, 35 2157–2169. doi: 10.1007 / s11738-013-1252-7.

LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F.; SOUZA, A. P.; ROCHA, H. S.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do cultivo da berinjela em plantio direto submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.604-610, 2012.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C.J.; BOCCHESI, R. A. Gas exchange of potted *Tabebuia aurea* plants under hydric stress. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 641-647, 2011.

ROBERTO, V.M.O.; SILVA, C.D.; LOBATO, P.N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In.: Congresso Nacional de Milho e Sorgo,18, 2010. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.

SILVA, F. G da; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência de clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande PB, v. 19, n. 10, p.946-952, 2015.

SOUZA, B. D., MEIADO, M.V., RODRIGUES, B.M., SANTOS, M.G., 2010. Water relations and chlorophyll fluorescence responses of two leguminous trees from the caatinga to different watering regimes. **Acta Physiol Plant.**, 32 235-244. doi:10.1007/s11738-009-0394-0.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.96-101.

Tabela 1. Componentes químicos e físicos do solo da área experimental da UFAL- *Campus* de Arapiraca-AL.

Atributos Químicos											
pH	K ⁺	P	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
	-----ppm-----			-----mg dm ⁻³ -----				-----ppm-----			
5,3	70	7	14	0,7	0,5	0,0	3,5	92,70	1,49	1,55	14,66
CTC efetiva			V (%) (Sat. De Bases)				Matéria Orgânica Total (%)				
1,44			29,2				0,57				
Atributos Físicos											
Areia	Silte	Argila	Porosidade	Classificação Textural			Densidade				
-----%-----				Areia Franca			Solo		Partícula		
							-----g /cm ⁻³ -----				
82,6	7,05	10,39	38,1				1,33		2,72		

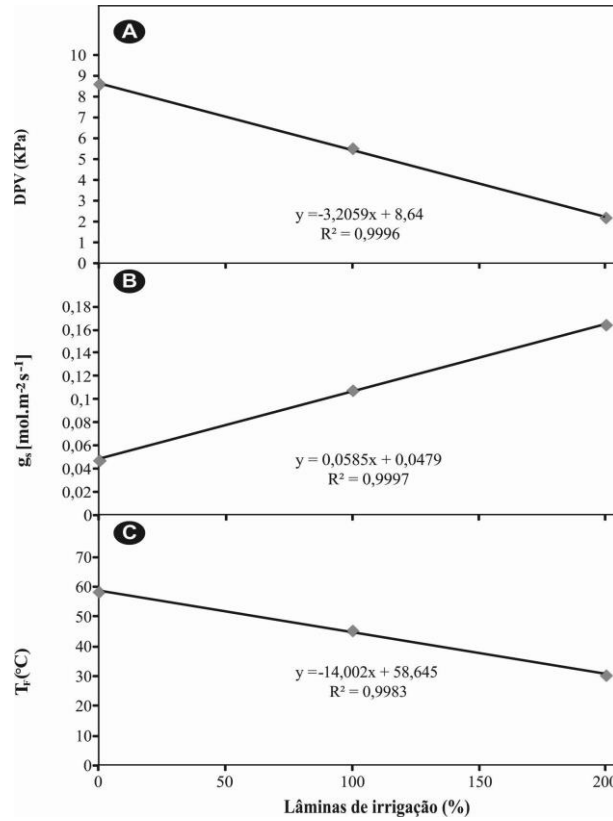


Figura 1. (A) Déficit Pressão de Vapor (DPV), (B) Condutância estomática (g_s) e (C) Temperatura foliar (T_f) do milho doce submetido a diferentes lâminas de irrigação e nitrogênio foliar.

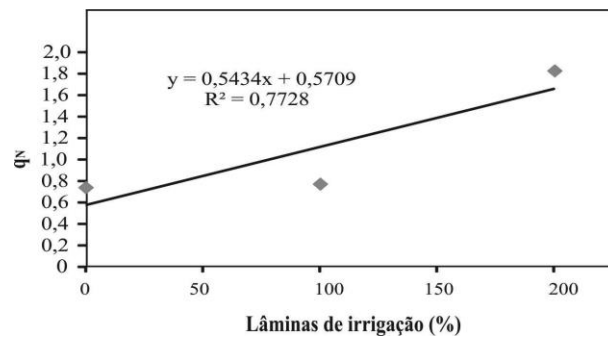


Figura 2. Coeficiente de extinção não fotoquímico (q_N) do milho doce submetido a diferentes lâminas de irrigação e nitrogênio foliar.