



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>

Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação

Flaviana G. da Silva¹, Wellison F. Dutra², Alexson F. Dutra³, Izaac M. de Oliveira⁴,
Luanna M. B. Filgueiras² & Alberto S. de Melo⁵

¹ Departamento de Engenharia Agrônômica/Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE. E-mail: flavianagoncalves.16@hotmail.com (Autora correspondente)

² Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias/Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. Campina Grande, PB. E-mail: wellison_eu@hotmail.com; luannabeserra-uepb@hotmail.com

³ Departamento de Agronomia/Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Jaboticabal. SP. E-mail: alexsonbrejo@hotmail.com

⁴ Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar/Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, PB. E-mail: izaacmenezes30@hotmail.com

⁵ Departamento de Biologia/Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB. E-mail: alberto@uepb.edu.br

Palavras-chave:

Solanum melongena L.
reposição hídrica
fotossíntese
eficiência fotoquímica

RESUMO

A berinjela tem grande importância nutricional e socioeconômica, sendo cultivada e comercializada em vários países, principalmente em ambiente protegido; sua produção, assim como a de inúmeros cultivos agrícolas, é dependente de fatores como água, nutrientes e luz; propôs-se, assim, com este trabalho, avaliar as trocas gasosas, fluorescência da clorofila e temperatura foliar de berinjela cultivada em ambiente protegido em diferentes lâminas de irrigação. O estudo foi realizado em casa de vegetação utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e oito repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos constaram de cinco lâminas de irrigação: 33, 66, 100, 133 e 166% da ETc, as quais corresponderam a 133, 266, 403, 536, 669 mm planta⁻¹ ciclo⁻¹, respectivamente. A taxa fotossintética das plantas de berinjela aumenta com o acréscimo da reposição hídrica. Os valores mais expressivos de trocas gasosas (A, E, gs, Ci, EiUA e EiC) nas plantas de berinjela, de forma geral, foram observados quando se utilizaram, na irrigação, lâminas estimadas entre 123,52 e 166% da ETc. A fluorescência da clorofila aumentou com o aumento das lâminas de irrigação e a temperatura foliar diminuiu em função do aumento da água.

Key words:

Solanum melongena L.
water replacement
photosynthesis
photochemical efficiency

Gas exchange and chlorophyll fluorescence of eggplant grown under different irrigation depths

ABSTRACT

Eggplant has a nutritional, social and economic importance in the world, being grown and marketed in several countries, normally in protected environment. Its production, as a lot of crops, is dependent on factors such as water, light and nutrients. Thus, it was proposed with this study to evaluate leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and leaf temperature in eggplant grown in greenhouse under different irrigations levels. The study was accomplished in a greenhouse, using a completely randomized experimental design with five treatments and eight replications, totaling 40 experimental units. The treatments were consisted of five irrigation depths: 33, 66, 100, 133 and 166% of ETc, which amounted to 133, 266, 403, 536, 669 mm cycle⁻¹, respectively. Photosynthetic rate of eggplant increases with the addition of water depth. The higher values of gas exchange (A, E, gs, Ci, EiUA and EiC) in eggplants, in general, were observed in irrigation, water depths estimated between 123,52 and 166% ETc were used. The chlorophyll fluorescence increased with increasing water depths and leaf temperature decreased with the increase in water depth.



INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma olerícola pertencente à família das Solanáceas de destacada importância no Brasil e no mundo. O cultivo desta olerícola em ambiente protegido vem crescendo tornando possível sua produção e o abastecimento contínuo em períodos de baixa oferta do produto no mercado alcançando, desta forma, preços mais competitivos (Costa et al., 2011; Possetti et al., 2011; Reis & Campostrini, 2011).

Dentre os fatores que afetam o crescimento, comportamento fisiológico e a produtividade dos vegetais, pode-se destacar o estresse hídrico como um dos mais impactantes. Diante disto, a água é o fator ambiental mais relevante 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 produção; com isto, o manejo da irrigação deve ser adequado visando à eficiência no uso da água (Bilibio et al., 2010; Lima et al., 2012).

Quanto às relações hídricas e trocas gasosas, sabe-se que o influxo de CO₂ ocorre necessariamente através dos estômatos no processo fotossintético ocorrendo também o efluxo 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).

Em outro aspecto, diversos fatores podem ocasionar mudanças ambientais no aparato fotossintético e seus efeitos podem ser estudados a partir da fluorescência da clorofila a. A técnica torna possível avaliar a eficiência fotoquímica do fotossistema II (FSII) por meio de um método simples, rápido, sensível e não destrutivo utilizado em investigações de danos ou reparos causados no sistema fotossintético das plantas, em função de diversos tipos de estresse (Zanandrea et al., 2006; Correia et al., 2009; Suassuna et al., 2011; Martinazzo et al., 2012).

De acordo com Santos et al. (2010), as medidas de trocas gasosas são significativas para determinar as taxas fotossintéticas porém podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos; desta maneira e segundo esses autores, a avaliação da fluorescência da clorofila a revela o nível de excitação da energia que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do PSII.

É importante acrescentar que, entre os inúmeros mecanismos fisiológicos correlacionados com as condições hídricas dos vegetais, a temperatura foliar pode ser usada como um indicador relevante do grau de déficit hídrico na planta. Ressalta-se ainda que a transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas e, por conseqüência, ocorrem diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha, por conta da redução da dissipação do calor latente sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração (Vieira Júnior et al., 2007; Kumar & Portis Júnior, 2009).

Apesar da reconhecida importância do cultivo da berinjela, os relatos disponíveis na literatura referentes a mecanismos fisiológicos de resposta à disponibilidade hídrica nesta olerícola são ainda bastante restritos; logo, pelo fato de estarem os aspectos fisiológicos e de desenvolvimento da planta intimamente relacionado ao estado hídrico do vegetal, com influência direta sobre a produção, torna-se evidente a importância da compreensão deste conjunto de fatores no cultivo da berinjela.

Com base no exposto objetivou-se, com este trabalho, avaliar as trocas gasosas, fluorescência da clorofila e temperatura foliar de berinjela cultivada com diferentes lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido entre os meses de janeiro e maio do ano de 2012, em ambiente protegido no Setor Experimental de Fruticultura e Ecofisiologia Vegetal, pertencente ao Centro de Ciências Humanas e Agrárias (CCHA), Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Catolé do Rocha, PB, situado a 6° 21' de latitude S e 37° 48' de longitude O Gr., a uma altitude de 250 m.

O clima da região é do tipo BSw'h, segundo classificação de Köppen, caracterizando-se por ser semiárido quente, com duas estações distintas, uma chuvosa com precipitação pluviométrica irregular e outra sem precipitação. A precipitação pluviométrica média anual é de 870 mm, temperatura média de 27 °C. Durante o ensaio foram coletados dados climatológicos no interior da casa de vegetação, com uso de termohigrômetro (Humidity/Temperature Datalogger), estando os dados dispostos na Figura 1.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os tratamentos corresponderam a cinco lâminas de irrigação: 33; 66; 100; 133 e 166% da ETc. As lâminas foram definidas por meio da evaporação obtida através de tanque evaporímetro adaptado, instalado dentro do ambiente. Na aplicação das lâminas de irrigação utilizou-se sistema de irrigação localizada, com uso de gotejadores com vazão 3,6

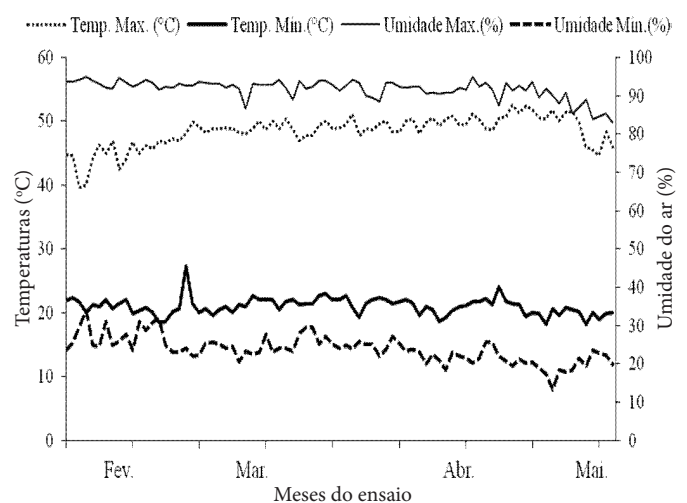


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima, umidades máxima e mínima observadas durante o período de condução do experimento

L h⁻¹. A evapotranspiração da cultura (ET_c), a intensidade de irrigação e o tempo de irrigação foram calculados de acordo com metodologia disposta em Mantovani et al. (2006).

As mudas foram formadas em bandeja de polietileno utilizando-se substrato comercial à base de pó de madeira, onde foram semeadas sementes de berinjela do híbrido “Ciça”, resistentes à antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) e a podridão-de-fomopsis (*Phomopsis* sp.), com boas características produtivas. Quando as mudas atingiram a altura de 10 cm, com duas a três folhas bem definidas, foram transplantadas para vasos com capacidade volumétrica de 12 L de solo.

Os vasos foram preenchidos com solo classificado como Neossolo Flúvico Eutrófico, com textura arenosa e as seguintes características físicas e químicas: Areia: 773,7 g kg⁻¹; Silte: 168,3 g kg⁻¹; Argila: 58 g kg⁻¹; Cálcio = 3,37 cmol_c dm⁻³; Sódio = 0,07 cmol_c dm⁻³; Magnésio = 1,62 cmol_c dm⁻³; Potássio = 226,78 mg dm⁻³; Fósforo = 46,8 mg dm⁻³ (Mehlich); Matéria orgânica = 13,4 g dm⁻³; pH H₂O (1:2,5) = 7,0; Alumínio = 0,0 cmol_c dm⁻³.

Durante o experimento coletou-se, diariamente, a água drenada após a irrigação em cada vaso para determinação da condutividade elétrica da água em cada tratamento com a finalidade de observar a quantidade e a salinidade da água percolada (Tabela 1).

A avaliação das trocas gasosas foi realizada aos 100 dias após transplante (DAT) das mudas, no período de 07 h e 30 min às 09 h da manhã, na terceira folha contada a partir do ápice da planta, em plena fase de frutificação; para tanto, utilizou-se um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo LCPro SD, Hoddesdon, UK) com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1200 μmol m⁻² s⁻¹. Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono (Ci) (μmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de fotossíntese líquida (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹), a eficiência instantânea no uso da água (EiUA - A/E) calculada relacionando-a à fotossíntese líquida com a transpiração [(μmol m⁻² s⁻¹) / (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹)] e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC - A/Ci) [(μmol m⁻² s⁻¹) / (μmol m⁻² s⁻¹)] a partir da relação entre a fotossíntese líquida e a concentração interna de carbono.

A fluorescência da clorofila a foi mensurada aos 110 DAT às 08 h da manhã, utilizando-se de um fluorômetro portátil (LI-1600, USA), em folhas intermediárias dos ramos, pré-adaptadas ao escuro após período de 30 min. Foram analisadas as variáveis fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do FSII (Fv/Fm) e a razão (Fv/Fo). Na mesma ocasião também se realizaram medidas de

Tabela 1. Valores médios do volume de água drenada (mL) e da condutividade elétrica da água drenada (dS m⁻¹) em cultivo de berinjela sob diferentes lâminas de irrigação

Lâminas de irrigação	Quantidade de água drenada (mL)	Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)
33% da ET _c	-	-
66% da ET _c	-	-
100% da ET _c	10	1,4
133% da ET _c	191	1,6
166% da ET _c	193	2,4

temperatura foliar das plantas utilizando-se um termômetro digital (Infravermelho Mira Laser).

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância pelo teste F, até 0,05 de significância e os respectivos modelos de regressão foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação, até 0,05 de significância, utilizando-se o programa SAEG 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se, na Figura 2A, que a concentração interna de carbono (Ci) aumentou linearmente (24,14%) à medida que se aumentaram as lâminas de irrigação e a disponibilidade hídrica. A maior concentração interna de CO₂ (244,87 μmol m⁻² s⁻¹) foi observada na lâmina de 166% da ET_c, indicando que a maior lâmina de irrigação proporcionou uma concentração interna maior de carbono e, em contrapartida, a disponibilidade de água se torna um ponto limitante para este fator fisiológico, nas plantas de berinjela.

Explica-se que, comumente, o incremento nos valores de Ci é acompanhado de acréscimos na gs; deste modo, a limitação estomática seria o fator principal da limitação do desempenho fotossintético de vez que, quanto maior a abertura estomática maior a difusão de CO₂ para a câmara subestomática (Nascimento, 2009). Resultados similares foram observados por Brandão Filho et al. (2003) em cultivo de berinjela em ambiente protegido, que encontraram valores médios de Ci na ordem de 230 μmol m⁻² s⁻¹ para o híbrido de Berinjela Nápoli e 255 μmol m⁻² s⁻¹ para o híbrido japonesa no horário de 9 h da manhã.

Para a condutância estomática (gs), percebeu-se efeito significativo dos tratamentos aplicados observando-se ajuste quadrático com o acréscimo na disponibilidade hídrica do

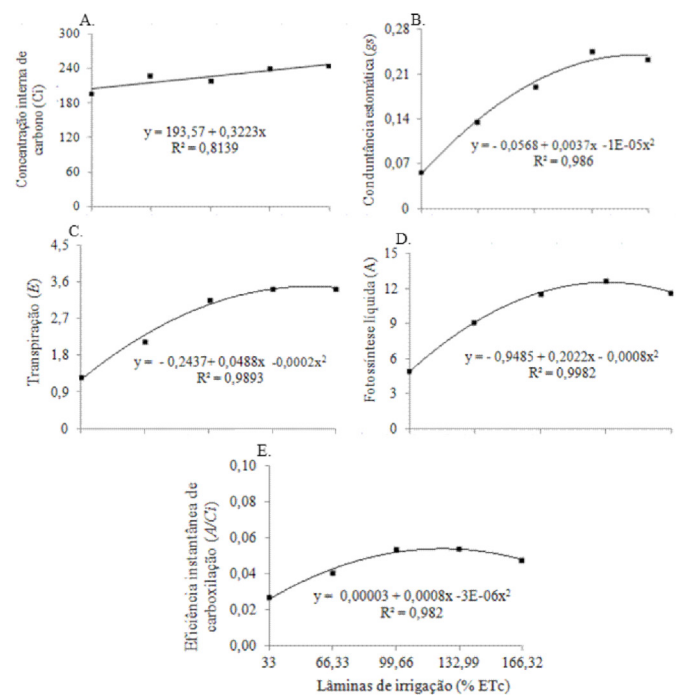


Figura 2. Concentração interna de carbono (A), condutância estomática (B), transpiração (C), fotossíntese líquida (D) e eficiência instantânea de carboxilação (E) de berinjela cultivada com diferentes lâminas de irrigação

solo, com valor máximo de $0,24 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ obtido na lâmina estimada de 159,48% da ETc (Figura 2B). Neste caso, a disponibilidade desta lâmina estimada de água proporcionou maior abertura estomática dando condições para a planta realizar o processo fisiológico, sem que haja influência negativa na abertura estomática.

O fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO_2 em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos (Bosco et al., 2009). Alves et al. (2011) encontraram valor médio de $0,28 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para condutância estomática em plantas de pimentão cultivado em ambiente protegido, submetidas a diferentes doses de nitrogênio. No trabalho em questão a gs foi menor em virtude das condições hídricas às quais as plantas de berinjela foram submetidas.

Na Figura 2C nota-se comportamento quadrático para a transpiração (E) em função das lâminas de irrigação encontrando-se valor máximo de $3,4 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na lâmina estimada de 153% da ETc, comportamento semelhante ao observado na condutância estomática, o que corrobora com informações de Lima et al. (2010), que informam que o comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas controlando sua perda de H_2O para o ambiente, na forma de vapor de água

Destaca-se que em situação de ótima disponibilidade hídrica (capacidade de campo), as plantas geralmente apresentam altas taxas transpiratórias de modo que, à medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para reduzir a perda de água e economizar a disponível no solo. Tal fato justifica o aumento na transpiração e de condutância estomática quando as plantas de berinjela foram irrigadas com maiores quantidades de água.

Em relação à fotossíntese líquida (Figura A), vê-se que os valores observados se ajustaram ao modelo quadrático encontrando-se o valor máximo de $11,83 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando se aplicou a lâmina de irrigação estimada em 126,32% da ETc (Figura 2D). A maior produção de fotossíntese com esta condição hídrica está ligada com uma quantidade considerável de concentração interna de CO_2 , no momento em que as plantas estavam com maior condutância estomática. Neste sentido, a água e o CO_2 são alguns dos fatores limitantes da fotossíntese ressaltando-se que a maior resistência difusiva dos estômatos reduz a fotossíntese, principalmente pela restrição da condução gasosa da folha. De modo que a restrição hídrica pode causar inibição na fotossíntese devido à limitação estomática (Kerbaudy, 2008).

Pode-se observar, ainda, na Figura 2D, decréscimo na fotossíntese a partir do valor máximo obtido ($11,83 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fato possivelmente explicado por haver variação no teor de clorofila existente nas folhas. Nas plantas submetidas à maior lâmina (166% da ETc), em que foi possível notar, visivelmente, um verde pálido, diferentemente do observado nas plantas com a aplicação das demais lâminas de irrigação. Tal situação pode ter relação direta com o aumento no volume de água disponibilizado na maior lâmina, promovendo lixiviação de nutrientes em maiores quantidades, haja vista o

maior volume de água quantificado na drenagem seguindo de maior condutividade elétrica da água (Tabela 1). Para Kerbaudy (2008) a deficiência de alguns nutrientes como nitrogênio e magnésio no solo ocasiona clorose nas folhas, interferindo no processo fotossintético.

Brandão Filho et al. (2003) encontraram, estudando trocas gasosas em dois híbridos de berinjela enxertadas em cultivo protegido, valores superiores ao deste trabalho com taxas de fotossíntese média de $26 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o híbrido 'Japonesa' e $19 \text{ } \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o 'Nápoli'. Esses mesmos autores relataram que a taxa fotossintética se relaciona diretamente com o teor de clorofila das folhas; ademais, destaca-se que tal diferenciação pode estar relacionada a fatores genéticos visto que em plantas C3 os valores de fotossíntese líquida podem variar de 10 e 20% (Taiz & Zeiger, 2009).

Quanto à eficiência instantânea no uso da água (EiUA) não houve efeito significativo das lâminas de irrigação, de modo que os níveis da reposição hídrica aos quais as plantas de berinjela foram submetidas, não causou limitação para eficiência deste processo fisiológico. Salienta-se que quanto menor a disponibilidade de água menor também será o grau de abertura estomática para reduzir a perda d'água; conseqüentemente, a EiUA é maior mantendo o mínimo de equilíbrio hídrico o que ainda pode ser relatado que as plantas tipo C_3 , como a berinjela, são limitadas a assimilar CO_2 em situações hídricas adversas (Kerbaudy, 2008).

Para a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), observou-se resposta quadrática em relação às lâminas de irrigação (ETc) (Figura 2E), estimando-se a maior eficiência de $0,05 \text{ (} \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{) (} \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{)}^{-1}$ na lâmina de 123,52% da ETc. Valores elevados de concentração interna de CO_2 associado ao aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco. Deste modo, a EiC depende da disponibilidade de CO_2 no mesófilo foliar, quantidade de luz, temperatura e da atividade enzimática para que haja fotossíntese. Se as concentrações de CO_2 intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido; assim, a planta utiliza o CO_2 proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (Taiz & Zeiger, 2009).

De modo geral foi possível determinar que nas trocas gasosas o fator fisiológico mais afetado pelas lâminas de irrigação nas plantas de berinjela foi a fotossíntese líquida. Devido à disponibilidade de água limitada, menos ATP e NADPH são formados e, como conseqüência, menos CO_2 é fixado de modo que o fotossistema II depende de água para geração de energia química, requerida para fixação de CO_2 , demonstrando, então, que variações na disponibilidade hídrica geram menor eficiência do fotossistema II razão pela qual o efeito das menores lâminas de água foi decorrente de um fator não estomático.

Em relação à fluorescência da clorofila a, na fluorescência inicial (Fo), não se constatou efeito significativo em relação às lâminas de irrigação mensurando-se valor médio de $377,45 \text{ elétrons quantum}^{-1}$ para esta análise. Portanto, a quantidade de água disponibilizada para as plantas de berinjela não interferiu

na F_o em que a mesma indica quando todos os centros de reação estão abertos.

Quanto à fluorescência máxima (F_m), verificou-se aumento linear com a variação da reposição hídrica de 33 a 166% da ET_c evidenciando-se valor máximo de 2220,125 elétrons quantum^{-1} (Figura 3A). Para alguns autores (Baker & Rosenqvist, 2004; Konrad et al., 2005; Suassuna et al., 2010) este indicador representa a intensidade máxima da fluorescência, quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem sua capacidade máxima de reações fotoquímicas. Em outras culturas olerícolas, a exemplo do meloeiro, Suassuna et al. (2011), relataram maior F_m (1559,03 elétrons quantum^{-1}) com volume de água estimado em 1954,23 $\text{m}^3 \text{ ciclo}^{-1}$. Melo et al. (2010) verificaram, avaliando fluorescência da clorofila em melancia irrigada, F_m de 1792,23 elétrons quantum^{-1} com lâmina de 143,33 mm ciclo^{-1} resultados esses inferiores aos observados no presente trabalho.

O maior valor de fluorescência variável (F_v) (1842,13), foi verificado com a aplicação de 166% da ET_c , representando um acréscimo de 29% em relação à aplicação de 33% da ET_c (Figura 3B). A diferença entre F_m e F_o resulta na fluorescência variável (F_v) deste modo diante os resultados da F_m , mostrados anteriormente, percebe-se que o mesmo foi maior que a F_o . Portanto, os maiores valores de F_m encontrados associado com a disponibilidade de água, mostram que não ocasionaram deficiência na fotorredução da quinona A (QA) nem no fluxo de elétrons entre os fotossistemas (Tatagiba et al., 2014). Este resultado encontrado nas plantas de berinjela foi superior ao valor encontrado por Melo et al. (2010), estudando a fluorescência na melancia em função de níveis de água constatando maior F_v de 1427,04 elétrons quantum^{-1} com a aplicação de 70% da ET_o , fato que pode ter ocorrido devido às condições de restrição de água na cultura da melancia.

Quanto à eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) (Figura 3C), valor máximo (0,83 elétrons quantum^{-1}) foi verificado com a

aplicação de 166% da ET_c , calculando-se acréscimo de 3,75% em relação à aplicação de 33% da ET_c . Assim, plantas com valores de F_v/F_m inferiores a 0,75 elétrons quantum^{-1} indicam situação de estresse e redução do potencial fotossintético na planta. Quando o aparelho fotossintético se encontra intacto, os valores variam entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum^{-1} (Reis & Campostrini, 2008; Santos et al., 2010; Suassuna et al., 2010) observando-se no presente trabalho e diante das condições hídricas expostas, valores entre 0,80 e 0,83 elétrons quantum^{-1} , denotando que as plantas analisadas não apresentaram dano fotoinibitório no fotossistema em função da variação na disponibilidade hídrica enquanto Suassuna et al. (2011) verificaram, estudando plantas de melão sob níveis de irrigação, que a eficiência fotoquímica atingiu o valor de 0,81 elétrons quantum^{-1} no volume estimado de 1600 $\text{m}^3 \text{ ciclo}^{-1}$ de água.

Na razão F_v/F_o observou-se comportamento linear com acréscimo de 26,82% nesta razão entre a maior (166% da ET_c) e a menor lâmina de irrigação adotada (33% da ET_c), com valor máximo de 4,87 elétrons quantum^{-1} na taxa de 166% da ET_c (Figura 3D). Alguns autores utilizam a relação F_v/F_o como indicador da eficiência máxima no processo fotoquímico no FSII e/ou da atividade fotossintética potencial (razão máxima de produção quântica dos processos concorrentes fotoquímicos e não fotoquímicos no FSII) apresentando valores entre 4 e 6 elétrons quantum^{-1} . Esta razão também amplifica as pequenas variações detectadas em F_v/F_m (Reis & Campostrini, 2011).

A razão F_v/F_o é comumente utilizada em estudos de diferentes espécies com variados tipos de estresse. Zanandrea et al. (2006) verificaram, ao estudar os efeitos da salinidade sobre parâmetros de fluorescência em *phaseolus vulgaris*, valor máximo de 4,578 elétrons quantum^{-1} quando aplicavam 80 mmol L^{-1} de NaCl. Konrad et al. (2005) estudaram trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio e constataram que a relação razão F_v/F_o não diferiu significativamente entre a seis cultivares avaliadas. Diante disto, o que se percebe que o tipo e severidade do estresse podem afetar o comportamento fisiológico do vegetal, tal como o estresse hídrico abordado no presente estudo.

A temperatura foliar das plantas de berinjela decresceu em 12,97% da menor taxa da ET_c para a maior, observando-se efeito linear com valor máximo de 31,5 °C (33% da ET_c) e o menor de 27,9 °C na lâmina de 166% da ET_c (Figura 4). Entende-se que o déficit de água aumenta a temperatura na folha, fato observado nas menores taxas de reposição hídrica. Este comportamento pode ser explicado por Silva et al. (2013), ao reportar que a fotossíntese é um dos mecanismos fisiológicos mais compassivos ao estresse térmico decorrente de elevadas temperaturas.

Destaque-se que altas temperaturas (30-35 °C) inibem a assimilação de CO_2 em plantas C_3 , por reduzir o estado de ativação da Rubisco via inibição da Rubisco ativase, fechamento estomático e redução da atividade fotoquímica (Oliveira et al., 2005).

CONCLUSÕES

1. A taxa fotossintética de plantas de berinjela (híbrido “Çiça”) aumenta com o acréscimo da disponibilidade hídrica.

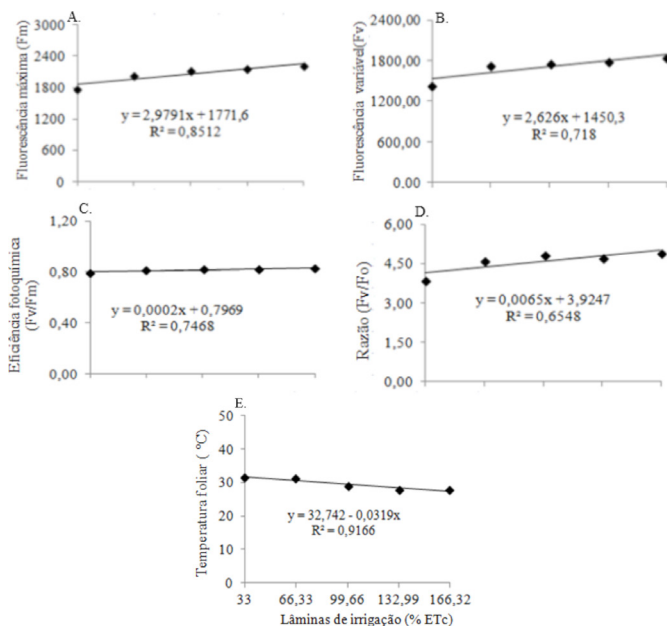


Figura 3. Fluorescência máxima (A), fluorescência variável (B), eficiência fotoquímica (F_v/F_m) (C), razão (F_v/F_o) (D), temperatura foliar (E) em plantas de berinjela cultivada sob diferentes lâminas de irrigação

2. Os valores mais expressivos de trocas gasosas (A, E, gs, Ci, EiUA e EiC) em plantas de berinjela foram, de forma geral, observados quando se utilizaram lâminas de irrigação estimadas entre 123,52 e 166% da ETc.

3. A fluorescência da clorofila aumentou com o aumento das lâminas de irrigação não havendo dano no aparelho fotossintético e a temperatura foliar diminuiu em função do aumento nos níveis de reposição da ETc.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor/Pesquisador Marcos Eric Barbosa Brito, pelo apoio na realização das análises fisiológicas.

LITERATURA CITADA

- Alves, E. C.; Oliveira T. B.; Luz, L. M.; Vilhena, N. Q.; Costa, R. C. L. Fotossíntese, transpiração e condutância estomática de plantas de pimentão submetidas a diferentes doses de N. In: Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA, 9, Belém. Anais...Belém: UFPA, 2011. p.120. CD Rom
- Baker, N. R.; Rosenqvist E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1607-1621, 2004. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh196>
- 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. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2010v15n1p10>
- Bosco, M. R. O.; Oliveira, A. B.; Hernandez, F. F. F.; Lacerda, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres*, v.56, p.296-302, 2009.
- Brandão Filho, J. U. T.; Goto, R.; Guimarães, V. F.; Habermann, G.; Rodrigues, J. D.; Callegario. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.21, p.474-477, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000300012>
- Correia, K. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Santos, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. *Revista Ciência Agrônoma*, v.40, p.514-521, 2009.
- Costa, E.; Durante, L. G. Y.; Nagel, P. L.; Ferreira, C. R.; Santos, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de Produção. *Revista Ciência Agrônoma*, v.42, p.1017-1025, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000400026>
- Kerbaui, G. B. Fisiologia vegetal. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.
- Konrad, M. L. F.; Silva, J. A. B.; Furlani, P. R.; Machado, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, v.64, p.339-347, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000300004>
- Kumar, A. L. I. C.; Portis Júnior, A. R. *Arabidopsis thaliana* expressing a thermostable chimeric Rubisco activase exhibits enhanced growth and higher rates of photosynthesis at moderately high temperatures. *Photosynthesis Research*, v.100, p.143-153, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s11120-009-9438-y>
- Lima, M. A.; Bezerra, M. A.; Gomes Filho, E.; Pinto, C. M.; Enéas Filho, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. *Revista Ciência Agrônoma*, v.41, p.654-663, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000400020>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600003>
- Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. Irrigação: Princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2006. 318p.
- Martinazzo, E. G.; Silva, D. M.; Bianchi, V. J.; Bacarin, M. A. Fluorescência da clorofila a em plantas de pessegueiro da cultivar maciel enxertada sobre diferentes porta-enxertos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.34, p.678-685, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000300005>
- Melo, A. S.; Suassuna, J. F.; Fernandes, P. D.; Brito, M. E. B.; Suassuna, A. F.; Aguiar Netto, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, p.73-79, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.2136>
- Nascimento, J. L. Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico. Ilhéus: UESC, 110p. 2009. Dissertação Mestrado
- Oliveira, A. D.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Engenharia Agrícola*, v.25, p.86-95, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000100010>
- Possetti, T.; Dutra, M. B. L. Produção, composição centesimal e qualidade microbiológica de farinha de berinjela (*solanum melongena*, L.). *Enciclopédia Biosfera*, v.7, p.15-14, 2011.
- Reis, F. O.; Campostrini, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'formosa' cultivado em condição de campo. *Bragantia*, v.67, p.815-822, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400002>
- Reis, F. O.; Campostrini, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira Agrociência*, v.17, p.284-295, 2011.
- Santos, C. M.; Gonçalves, E. R.; Endres, L.; Gomes, T. C. A.; Jadoski, C. J.; Nascimento, L. A.; Santos, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.3, p.95-102, 2010.
- Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Lacerda, C. F.; Pereira Filho, J. V.; Freitas, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. *Revista Ciência Agrônoma*, v.44, p.86-93, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000100011>
- 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.
- Suassuna, J. F.; Melo, A. S.; Costa, F. S.; Fernandes, P. D.; Ferreira, R. S.; Sousa, M. S. S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, p.1251-1262, 2011. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1251>

- Suassuna, J. F.; Melo, A. S. de; Sousa, M. S. S.; Costa, F. S.; Fernandes, P. D.; Pereira, V. M.; Brito, M. E. B. Desenvolvimento e eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. *Bioscience Journal*, v.26, p.566-571, 2010.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.22, p.138-149, 2014. <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v22n02a05>
- Vieira Júnior, P. A.; Dourado Neto, D.; Oliveira, R. F.; Peres, L. E. P.; Martin, T. N.; Manfron, P. A.; Bonnacarrère, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.29, p.555-561, 2007.
- Zanandrea, I.; Nassi, F. L.; Turchetto, A. C.; Braga, E. J. B.; Peters, J. A.; Bacari, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira Agrociência*, v.12, p.157-161, 2006.