

Aplicação exógena de prolina na redução do estresse salino em meloeiro

Exogenous application of proline in the reduction of salt stress in melon

Francisco Hélio Dantas Lacerda^{1*}; Francisco Hevilásio Freire Pereira²; Diego da Silva Neves¹; Filipe Querino da Costa Borges¹; José Eustáquio Campos Júnior¹

Resumo: O excesso de sais dissolvidos na solução do solo, ou mesmo na água de irrigação, é um dos mais graves problemas enfrentado pela agricultura mundial por proporcionar condições de estresse a maioria das espécies agricultáveis. Com isso, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o efeito da aplicação exógena de prolina na redução do estresse no meloeiro irrigado com água salina. O experimento foi realizado no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG) – Pombal - PB, no período de 23/10/2009 a 23/12/2009, utilizando o melão do tipo Amarelo (Grupo Inodorus). Os tratamentos foram constituídos de dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 5,0 dS m⁻¹) versus doses de prolina (0, 5, 10 e 20 mmol L⁻¹). O delineamento experimental foi o blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os maiores valores de fotossíntese, condutância estomática, transpiração, concentração intercelular de CO₂, área foliar, massa seca da folha e massa seca do fruto foram observados em plantas de melão irrigadas com água normal (0,3 dS m⁻¹) em relação a salina (5,0 dS m⁻¹) e nas doses de prolina compreendidas entre 8,95 e 15,69 mmol L⁻¹ por planta para ambos os níveis de salinidade. Houve redução na produção de frutos causada pela salinidade da água de irrigação de 44,71%, o que corresponde a cerca de 8,7 t ha⁻¹ quando aumentou a salinidade da água de 0,3 para 5,0 dS m⁻¹. O fornecimento de prolina foi eficiente em reduzir no meloeiro o efeito estressante causado pela salinidade da água de irrigação até a dose de 12,56 mmol L⁻¹, proporcionando um incremento na produção de frutos de 22,43% quando comparado a dose 0 mmol L⁻¹ de prolina, resultando em um aumento de 2,5 t ha⁻¹. Em termos absolutos podemos afirmar que o melhor desempenho do meloeiro foi obtido na dose de prolina de 10,0 mmol L⁻¹ para ambos os níveis de salinidade da água de irrigação.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L., fotossíntese, área foliar, massa seca, produção.

Abstract: This work aimed was to evaluate the effect of exogenous application of proline in the reduction of stress in melon plants subjected to salts excess in irrigation water. The experiment was carried out at the Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG) – Pombal - PB, in the period from 10/23 to 12/23/2009, using the hybrid melon yellow type (Group inodorus). The treatments consisted of two levels of salinity of irrigation water (0.3 and 5.0 dS m⁻¹) versus levels of proline (0, 5, 10 and 20 mmol L⁻¹). The experimental design was randomized blocks in factorial 2 x 4 with four replications. The highest values of photosynthesis, stomata conductance, transpiration, intercellular CO₂ concentration, leaf area, leaf dry mass and fruit dry mass were observed in melon plants irrigated with normal water (0.3 dS m⁻¹) in relation to saline (5.0 dS m⁻¹) and the rates of proline between 8.95 and 15.69 mmol L⁻¹ per plant for both levels of salinity. The supply of proline was effective in reducing stress responses in melon caused by salinity of irrigation water to the rate of 12.56 mmol L⁻¹ proline. In absolute terms can say that the best performance of melon was obtained at a rate of 10.0 mmol L⁻¹ of proline for both levels of salinity of irrigation water.

Keywords: *Cucumis melo* L., photosynthesis, leaf area, dry mass, yield.

INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma planta herbácea anual que se desenvolve bem em ambientes secos, quentes e bem ensolarados (FONTES & PUIATTI, 2005). A região Nordeste do Brasil responde por cerca de 99,2% da produção nacional de melão (IBGE, 2009). O clima no Nordeste do Brasil apresenta aspectos muito favoráveis ao cultivo de diversas culturas, principalmente devido à disponibilidade de energia luminosa; entretanto, oferece

restrições quanto à distribuição espacial e temporal das chuvas, tornando a prática de irrigação indispensável para garantir e/ou otimizar a produção agrícola (SILVA et al. 2005).

A fruticultura e a olericultura irrigadas tem sido o destaque da agricultura no semiárido nordestino. Essas áreas localizadas nos perímetros irrigados têm-se destacado nacional e internacionalmente pelo cultivo do melão, da banana, mamão, abacaxi, melancia e outras olerícolas e frutíferas. A irrigação nessas regiões tem sido

*autor para correspondência

Recebido para publicação em 24/05/2012; aprovado em 02/11/2012

¹ Aluno do curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – Campus Pombal, CEP: 58840-000, Pombal- PB. E-mail: hellyo_07@hotmail.com *

² Eng. Agr. Dr. Professor da UFCG/CCTA/UATA, CEP: 58840-000, Pombal – PB. E-mail: fhfpereira@ccta.ufcg.edu.br

apontada como alternativa para o desenvolvimento sócio econômico, embora quando utilizada de maneira inadequada possa favorecer a salinização dos solos e a degradação dos recursos hídricos e edáficos. Estima-se que atualmente cerca de 20% das terras cultivadas e aproximadamente metade das áreas irrigadas no mundo sejam afetadas por sais (HENRIQUES NETO, 2003).

O excesso de sais dissolvidos na solução do solo, ou mesmo na água de irrigação, é um dos mais graves problemas enfrentados pela agricultura mundial por proporcionar condições de estresse e de redução na produtividade nas mais variadas espécies de plantas cultivadas e, dentre elas, o meloeiro. Para Silva et al. (2005), a produtividade média de frutos comercializáveis para híbridos de melão, como o Gold Mine e o Trusty, teve declínio de 36%, utilizando água de irrigação de 4,4 dS m⁻¹ quando comparado com a água de 1,1 dS m⁻¹. Barros (2002) trabalhando com as cultivares de melão Trusty e Orange Flesh, obteve diminuição no rendimento comercial de 34% e 39%, respectivamente, com o aumento da salinidade da água de irrigação de 1,1 dS m⁻¹ a 4,5 dS m⁻¹.

O acúmulo de solutos orgânicos ou osmólitos na planta tem sido comum em resposta ao estresse salino (LACERDA et al., 2003). As plantas precisam manter seu potencial hídrico interno abaixo daquele verificado no solo para a absorção de água, manutenção do turgor e crescimento. Para isso, requerem um aumento no seu potencial osmótico-hídrico quer seja através da absorção de íons do solo ou pela síntese e acúmulo de solutos orgânicos compatíveis. Carboidratos solúveis, aminoácidos, ácidos orgânicos, prolina e glicina betaína são alguns dos solutos orgânicos mais comuns encontrados nas plantas sob condições salinas atuando no processo de ajuste osmótico em muitas culturas

(HASEGAWA et al., 2000). A aplicação exógena na planta de solutos orgânicos ou osmólitos tem sido sugerida como forma de reduzir o efeito osmótico causado pelo excesso de sais na solução do solo e, assim, promover o aumento da produtividade das culturas sob condições de estresse salino (ASHRAF & FOOLAD, 2007). No meloeiro a aplicação exógena de prolina têm proporcionado aumento no crescimento e na produtividade da cultura, sendo esse desempenho creditado a maior absorção e acúmulo de K, Ca e N e a redução de Na na parte aérea sob condições de estresse salino (KAYA et al., 2007).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da aplicação exógena de prolina na redução do estresse no meloeiro irrigado com água salina.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus Pombal – Pombal/PB, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG), no período de 23/10/2009 a 23/12/2009, utilizando-se o melão tipo Amarelo (Grupo Inodorus). O cultivo foi realizado em vasos com capacidade de 8L preenchido com solo peneirado (peneira nº 2). O solo utilizado é classificado como Neossolo flúvico, textura argilosa (areia grossa = 29; areia fina = 15; silte = 17 e argila = 39 dag kg⁻¹), cujos resultados médios das análises químicas, antes da instalação do experimento, foram: pH em H₂O (1:2,5) = 5,8; P = 58,5 e K = 76,0 mg dm⁻³; Ca = 4,0; Mg = 0,8; Al = 0,0; H + Al = 6,63; SB = 4,99; CTCefetiva = 4,99; CTCtotal = 8,62 cmolc dm⁻³ e MO = 3,33 dag kg⁻¹. As características climáticas registradas durante a condução do experimento, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Média dos dados climáticos coletados durante a condução do experimento. Pombal, UFCG, 2009.

Variáveis climáticas		Média diária
Temperatura do ar (°C)	Mínima	31,82 °C
	Máxima	39,21 °C
Umidade relativa do ar (%)	Mínima	16,15 %
	Máxima	45,30 %
RFA ¹ (μmol m ⁻² s ⁻¹)		1.317

¹RFA – radiação fotossinteticamente ativa.

Os tratamentos foram constituídos por dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro níveis de prolina (0, 5, 10 e 20 mmol L⁻¹). Os níveis de salinidade foram obtidos utilizando-se água normal de abastecimento suplementada ou não com NaCl. O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizados, no esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas. Os vasos foram dispostos no espaçamento de 1,20 x 0,5 m.

A semeadura foi realizada em 23/10/2009, diretamente no solo a uma profundidade aproximada de 2,0 cm,

colocando-se cinco sementes por vaso. Quando as plantas apresentavam de duas a três folhas definitivas foi realizado o desbaste deixando-se apenas duas plantas por vaso. Durante os 15 primeiros dias após a semeadura os vasos foram irrigados apenas com água normal. Após esse período foram aplicados juntamente com a água de irrigação os macro e micronutrientes, bem como, o NaCl nos tratamentos salinos. A prolina foi aplicada semanalmente a partir de 09/11/2009 em volume que variou de 5 a 50 mL por planta. As quantidades de macro e micronutrientes aplicados durante a condução do experimento encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de macro e micronutriente aplicados durante a condução do experimento. Pombal, UFCG, 2009.

Fertilizantes	Fórmula	Quantidade aplicada por vaso (g)
Fosfato de potássio	KH_2PO_4	20,62
Nitrato de potássio	KNO_3	76,58*
Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	178,88*
Sulfato de magnésio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	74,69
Ácido bórico	H_3BO_3	0,45
Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,25
Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,03
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,11
Sulfato de ferro	FeSO_4	2,10
Molibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,19

* As quantidades de nitrato de potássio e cálcio fornecidos nessa tabela são referentes apenas aos valores presentes na solução nutritiva sem acréscimo de doses de N.

A quantidade de água aplicada por vaso variou no transcorrer do experimento de 0,4 a 4,8 L, com um total durante o ciclo de 151,5 L por vaso. O controle fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades e recomendações técnicas para a cultura (SILVA & COSTA, 2003).

As trocas gasosas foram avaliadas aos 50 dias após a semeadura (DAS), que corresponde a aproximadamente 80% do crescimento vegetativo. Nesta ocasião foram determinadas a fotossíntese (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e a concentração intercelular de CO_2 (C_i), medido com analisador de gás no infravermelho (IRGA) LCpro⁺ (Analytical Development, Kings Lynn, UK) com fonte de luz constante de 1.200 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

O crescimento e o acúmulo de massa seca foram avaliados aos 60 DAS em duas plantas por unidade experimental coletada cortando-as rente ao solo. Nessas plantas foram avaliadas: a área foliar, o número de folhas por planta e a massa seca total. A massa seca total foi determinada pela soma da massa seca das folhas, ramos e frutos obtidas após secagem em estufa, com circulação de ar forçada a 70°C, por 72 horas. Para avaliação da produção foram colhidos frutos de duas plantas por vaso aos 60 DAS.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo realizado o ajuste de equações em relação às doses de N e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre médias dos níveis de salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da salinidade vs prolina sobre as trocas gasosas

Houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e níveis de prolina para fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO_2 (Figuras 1 e 2).

Os maiores valores de fotossíntese foram de 21,50 e 19,53 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ nas doses de 9,05 e 11,95 mmol L^{-1} de prolina quando se utilizou água de irrigação normal ($\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e salina ($\text{CE} = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$), respectivamente (Figura 1A e B). Esses resultados demonstram que o meloeiro responde a aplicação exógena de prolina independentemente da água ser salina ou não. Assim,

podemos considerar que a aplicação exógena de prolina até a dose de 11,95 mmol L^{-1} por planta foi eficiente em reduzir no meloeiro o efeito estressante causado pela salinidade da água de irrigação. Na dose de prolina acima de 11,95 mmol L^{-1} houve redução na fotossíntese, possivelmente, devido a redução do potencial osmótico da solução do solo abaixo do tolerado pela cultura interferindo, assim, nas características fisiológicas da planta. O incremento na taxa fotossintética proporcionados pelas doses 9,05 e 11,95 mmol L^{-1} de prolina em relação a dose 0 mmol de prolina foi de 8,0% quando se utilizou água de irrigação normal ($\text{CE} = 0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e 59,96% quando se utilizou-se água de irrigação salina ($\text{CE} = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de prolina verificou-se que os maiores valores de fotossíntese foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina em todas as concentrações de prolina (Figura 1C).

A transpiração comportou-se de forma diferente ao compararmos as plantas irrigadas com água normal e salina (figura 1D e E). Para as plantas irrigadas com água normal verificou-se redução na transpiração com o aumento da dose de prolina. Esse comportamento não seguiu uma tendência comum ao verificado em trabalhos onde se avaliam as trocas gasosas em plantas. Normalmente a transpiração segue a mesma tendência da fotossíntese considerando-se que a assimilação de CO_2 está atrelada a perda de água da planta para o ambiente. Por outro lado, a transpiração em plantas irrigadas com água salina apresentou o mesmo comportamento da fotossíntese com o maior valor de 6,68 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sendo observado na dose de 11,82 mmol L^{-1} de prolina. O incremento na transpiração proporcionados pelas doses 11,82 mmol L^{-1} de prolina em relação a dose 0 mmol foi de 45,96% quando se utilizou água de irrigação salina ($\text{CE} = 5,0 \text{ dS m}^{-1}$). Acima de 11,82 mmol L^{-1} de prolina verificou-se redução na transpiração, semelhantemente a fotossíntese.

Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada dose de prolina verificou-se que os maiores valores de transpiração foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina na dose de 0 mmol L^{-1} de prolina e não diferindo, entretanto, nas doses de 5, 10, 20 mmol L^{-1} de prolina (Figura 1F).

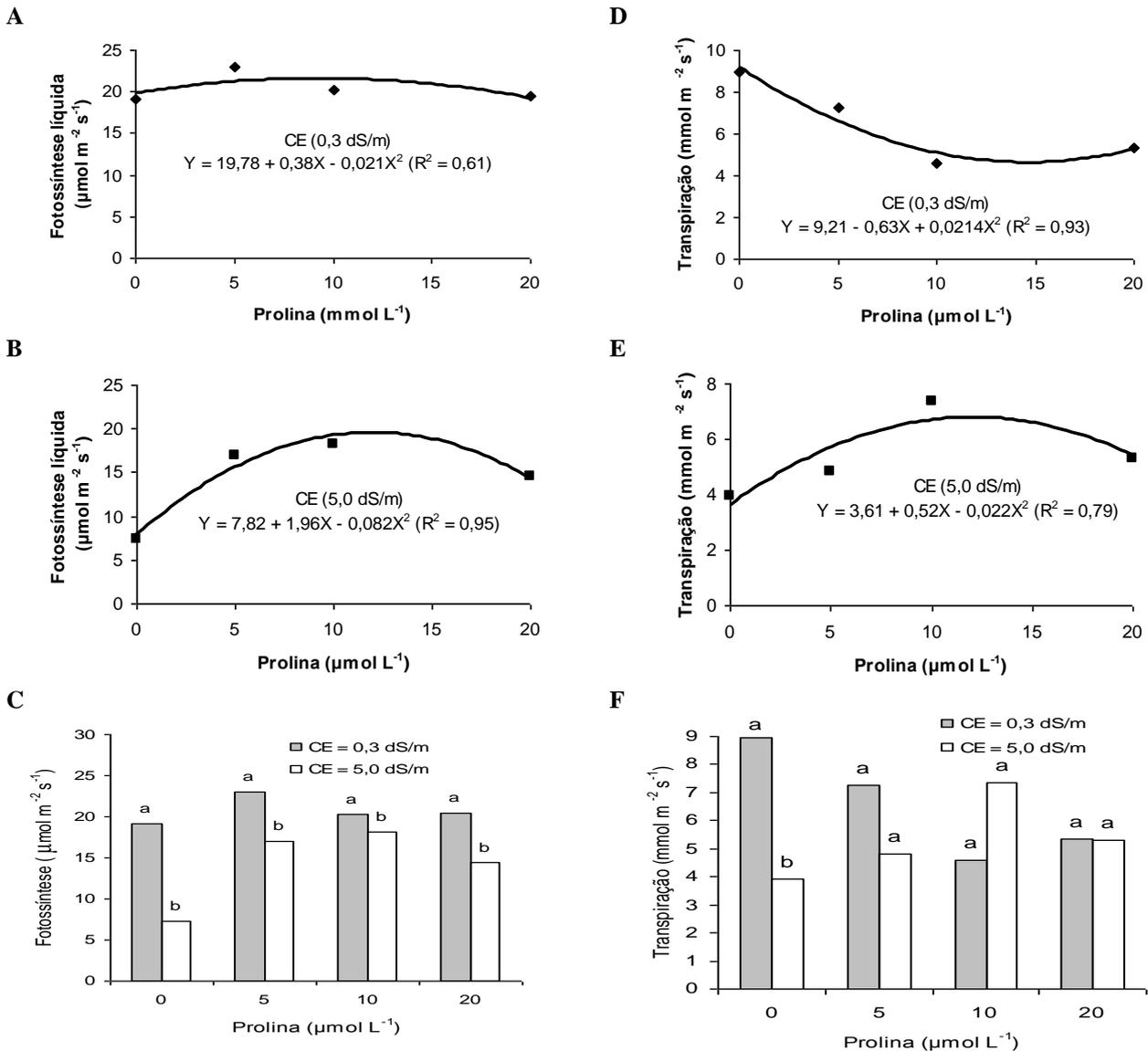


Figura 1. Fotossíntese e transpiração em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e prolina. UFCG, Pombal, 2009.

A condutância estomática seguiu o mesmo comportamento da transpiração reduzindo com o aumento da concentração de prolina em plantas irrigadas com água normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) (Figura 2A) e aumentando nas plantas irrigadas com água salina (CE = 5,0 dS m^{-1}). Esse aumento foi de 0,44 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ obtida na concentração de 11,67 mmol L^{-1} de prolina em plantas irrigadas com água salina (Figura 2B). A maior condutâncias estomática deve-se a maior abertura estomática, o que em contrapartida, proporciona maior transpiração no meloeiro. Em plantas irrigadas com água normal, a transpiração esta reduzindo conseqüentemente a condutância estomática segue a mesma tendência o que é natural. O mesmo comportamento é observado nas plantas irrigadas com água salina de forma contraria, demonstrando a eficiência da prolina em reduzir o estresse salino nas plantas.

O incremento na condutância estomática proporcionados pelas doses 11,67 mmol L^{-1} de prolina em relação a dose 0 mmol L^{-1} de prolina foi de 65,91% quando se utilizou água de irrigação salina (CE = 5,0 dS m^{-1}). De acordo com esses resultados podemos considerar que a aplicação exógena de prolina até a dose de 11,67 mmol L^{-1} por planta foi eficiente em induzir a abertura estomática nas plantas de melão irrigadas com água salina o que proporcionou, em contrapartida, aumento na taxa fotossintética do meloeiro. Esse comportamento demonstra que a prolina utilizada de forma equilibrada pode reduzir no meloeiro o efeito estressante causado pela salinidade da água de irrigação. Acima de 11,67 mmol L^{-1} por planta houve redução na condutância estomática no tratamento salino, possivelmente, devido à redução do potencial osmótico-hídrico da solução do solo abaixo do

tolerado pela cultura interferindo, assim, no processo de abertura estomática.

Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de prolina verificou-se que os maiores valores de condutância estomática foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina nas concentrações 0 e 20 mmol L⁻¹ de prolina e, não diferindo, entretanto, nas concentrações 5 e 10 mmol L⁻¹ de prolina (Figura 2C). A concentração intercelular de CO₂ não diferiu entre os níveis de

salinidade e prolina, com exceção da concentração 5,0 mmol L⁻¹ de prolina (Figura 2D, E e F).

Esse tipo de comportamento demonstra que a redução do processo fotossintético no tratamento salino não se deve apenas a redução da abertura estomática, mas, também, a danos na estrutura celular responsável pela assimilação de CO₂ provocadas, possivelmente, por redução no potencial osmótico-hídrico e acúmulo de íons fora da faixa tolerada pelas plantas de melão.

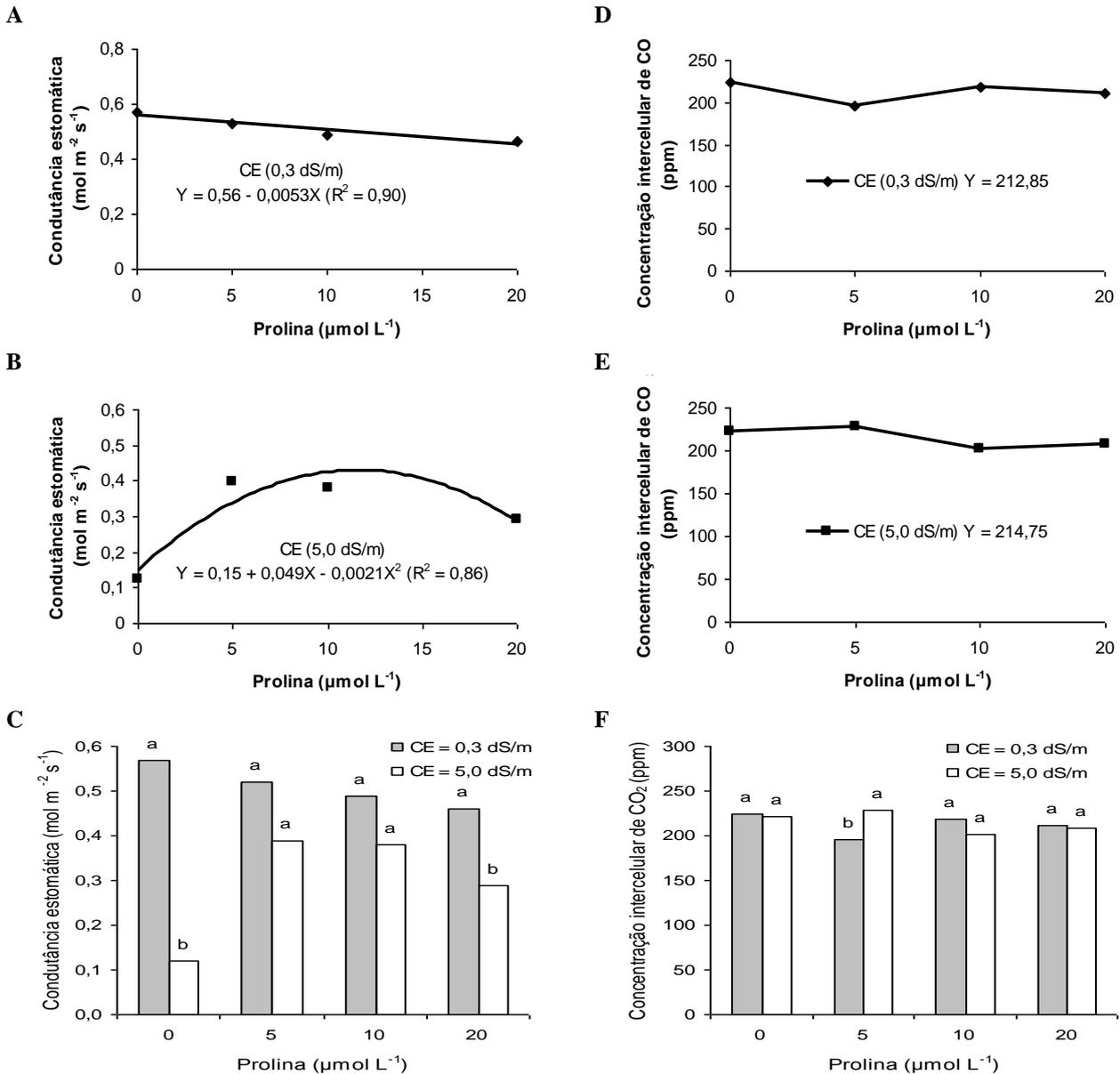


Figura 2. Condutância estomática e concentração intercelular de CO₂ em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e prolina. UFCG, Pombal, 2009.

A fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO₂ são parâmetros complementares e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando

submetidas a condições adversas. Sob condições salinas tem-se verificado redução na fotossíntese, na transpiração, na condutância estomática e redução ou aumento na concentração intercelular de CO₂ a depender do nível de

estresse a que foi submetido a planta (SCHMUTZ, 2000; MELONI et al., 2003). No entanto, em sua maioria essa diminuição é atribuída a redução na aquisição CO_2 pelo fechamento estomático. Em cv. de algodão sensível a salinidade a redução na taxa fotossintética foi de 35% em todas as concentrações de NaCl (50, 100 e 200 mol m^{-3}), enquanto na cv. tolerante a redução foi de 10, 25 e 30%, nas respectivas concentrações. A condutância estomática (gs) seguiu a mesma tendência de redução em ambas as cultivares com o aumento da concentração salina (MELONI et al., 2003). Em espinafre (LORETO et al., 1997) e manga (SCHMUTZ, 2000) também verificaram diminuição na condutância estomática e difusão de CO_2 no mesófilo e, como consequência, diminuição na taxa fotossintética sob condições salinas.

Efeito da salinidade vs prolina sobre o crescimento e acúmulo de massa seca das plantas

Houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e concentração de prolina para área foliar por planta, massa seca da folha e massa seca do fruto (Figuras 3 e 4). Para o número de folhas por planta, massa seca do caule e massa seca total verificou-se efeito significativo isolado para os fatores salinidade (Tabela 3) e prolina (Figuras 4).

Os maiores valores de área foliar foram de 10.385,73 e 5.290,14 cm^2 por planta nas concentrações de 8,96 e 15,69 mmol L^{-1} de prolina quando se utilizou água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente (Figura 3A e B). Esses resultados demonstram que o aumento na aplicação de prolina até a dose de 8,95 (CE = 0,3 dS m^{-1}) e 15,69 (CE = 5,0 dS m^{-1}) mmol L^{-1} de prolina favorece o aumento da pressão de turgor e, conseqüentemente, a maior expansão do limbo foliar. O incremento na área foliar proporcionado pelas doses de 8,95 e 15,69 mmol L^{-1} de prolina foram de 12,04 e 22,29% quando se utilizou água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente. Esse comportamento da área foliar seguiu a mesma tendência da fotossíntese, uma vez que, maior área foliar resulta em maior captação de CO_2 e luminosidade resultando em uma maior fotossíntese. Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de prolina verificou-se que os maiores valores de área foliar foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina em todas as concentrações de prolina (Figura 3C).

Outro fator que contribuiu para o aumento na área foliar, independentemente da salinidade da água de irrigação, foi o número de folhas por planta (Figura 4D). O maior número de folhas foi obtido em plantas irrigadas com água normal em relação a salina (Tabela 3). O maior número de folhas e as maiores áreas foliares por planta foram observadas em valores semelhantes de doses de prolina o que reforça a importância dessa variável no incremento da área foliar em plantas irrigadas com água normal ou salina. Considerando-se a concentração de

prolina verificou-se que o maior número de folhas por planta foi de 58,31 obtido na dose de 9,58 mmol L^{-1} de prolina (Figura 4D), proporcionando um incremento no número de folhas por planta de 11,17% quando comparado a dose 0 mmol L^{-1} de prolina.

Os maiores valores da massa seca da folha foram de 40,2 e 20,32 g por planta nas concentrações de 9,0 e 15,26 mmol L^{-1} de prolina quando se utilizou água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente (Figura 3D e E). O incremento proporcionado pelas concentrações de 9,0 e 15,26 mmol L^{-1} de prolina foram de 12,09 e 21,75% em plantas irrigadas com água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente. Esses resultados demonstram que o aumento na aplicação de prolina até a dose de 9,0 (CE = 0,3 dS m^{-1}) e 15,26 (CE = 5,0 dS m^{-1}) mmol L^{-1} de prolina favorece o aumento no peso da massa seca da folha devido a maior expansão do limbo foliar em ambos os níveis de salinidade. Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de prolina verificou-se que os maiores valores de área foliar foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina em todas as concentrações de prolina (Figura 3F).

O maior acúmulo da massa seca do caule foi obtido em plantas irrigadas com água normal em relação a salina (Tabela 3). Considerando-se a concentração de prolina verificou-se que o maior valor da massa seca do caule foi de 9,45 g obtido na dose de 11,18 mmol L^{-1} de prolina (Figura 4E), proporcionando um incremento na massa seca do caule de 22,43% quando comparado a dose 0 mmol L^{-1} de prolina.

Os maiores valores da massa seca do fruto foram de 52,67 e 32,15 g por planta nas concentrações de 15,07 e 10,66 mmol L^{-1} de prolina quando se utilizou água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente (Figura 4A e B). O incremento proporcionado pelas concentrações de 15,07 e 15,26 mmol L^{-1} de prolina foram de 30,61 e 34,65% em plantas irrigadas com água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m^{-1}) e salina (CE = 5,0 dS m^{-1}), respectivamente. Esses resultados demonstram que o aumento na aplicação de prolina até a dose de 15,07 (CE = 0,3 dS m^{-1}) e 10,66 (CE = 5,0 dS m^{-1}) mmol L^{-1} favorece o aumento na massa seca do fruto.

Considerando-se os níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada concentração de prolina verificou-se que os maiores valores da massa seca do fruto foram obtidos quando se utilizou água normal em relação a salina em todas as concentrações de prolina (Figura 4C).

O maior acúmulo de massa seca total foi obtido em plantas irrigadas com água normal em relação a salina (Tabela 3). Considerando-se a concentração de prolina verificou-se que o maior valor de massa seca total foi de 80,28 obtido na dose de 11,46 mmol L^{-1} de prolina (Figura 4F), proporcionando um incremento na massa seca total de 22,92% quando comparado a dose 0 mmol L^{-1} de prolina.

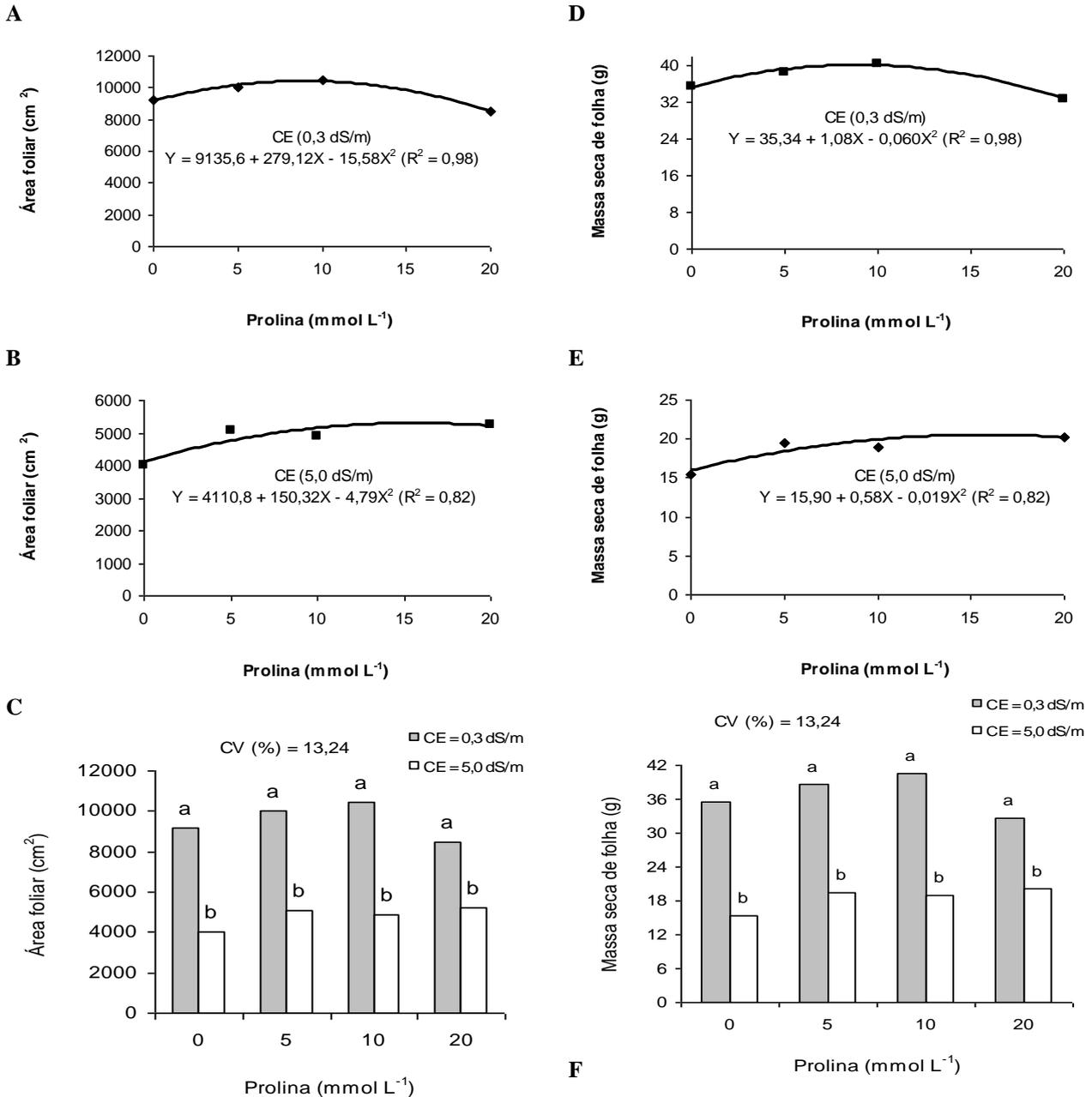


Figura 3. Área foliar e massa seca da folha em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e prolina. UFCG, Pombal, 2009.

Redução geral no crescimento e acúmulo de massa seca na planta tem sido um comportamento clássico verificado por diversos autores quando as plantas são submetidas ao estresse salino. Este comportamento é atribuído possivelmente a redução no potencial hídrico da solução externa gerado pelo efeito osmótico dos sais Na⁺ e Cl⁻ adicionados, dificultando a absorção de água pelas raízes das plantas e, conseqüentemente, reduzindo a turgescência foliar. Como a água é um dos fatores essenciais para a expansão celular, a sua limitação implica em menor crescimento de células e tecidos. Outro fator que devemos considerar está relacionado a diminuição nas taxas fotossintéticas possivelmente devido ao

comprometimento do complexo enzimático que compõem a fase carboxilativa causado pelo efeito tóxico das altas concentrações de sais, diminuindo assim a fixação do CO₂ (Figuras 1C) e formação de esqueletos carbônicos importantes no incremento da biomassa. Botía et al. (2005) verificaram que o aumento salinidade da água de irrigação de 1,3 a 6,1 dS m⁻¹ reduziu significativamente o crescimento vegetativo em 30% para o melão Gália e em 25% para o Amarelo Ouro. Em tomate verificou-se que o aumento nos níveis de salinidade também proporcionou redução de 52,47% na área folia, de 35,90% no número de folha por planta, 63,20% na massa seca total (PEREIRA et al., 2005).

Resultados semelhantes foram obtidos em algodoeiro com planta com o aumento na concentração salina (MELONI et al., 2001). redução na área foliar e massa seca em todas as partes da

Tabela 3. Número de folhas por planta (NFO), massa seca do fruto (MSF) e massa seca total (MST) em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFCG, Pombal, 2009.

Salinidade (dS/m)	NFO	MSF (g)	MST (g)
0,3	66,30 a	36,88 a	92,56 a
5,0	42,95 b	18,56 b	51,64 b
CV (%)	19,74		12,22

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

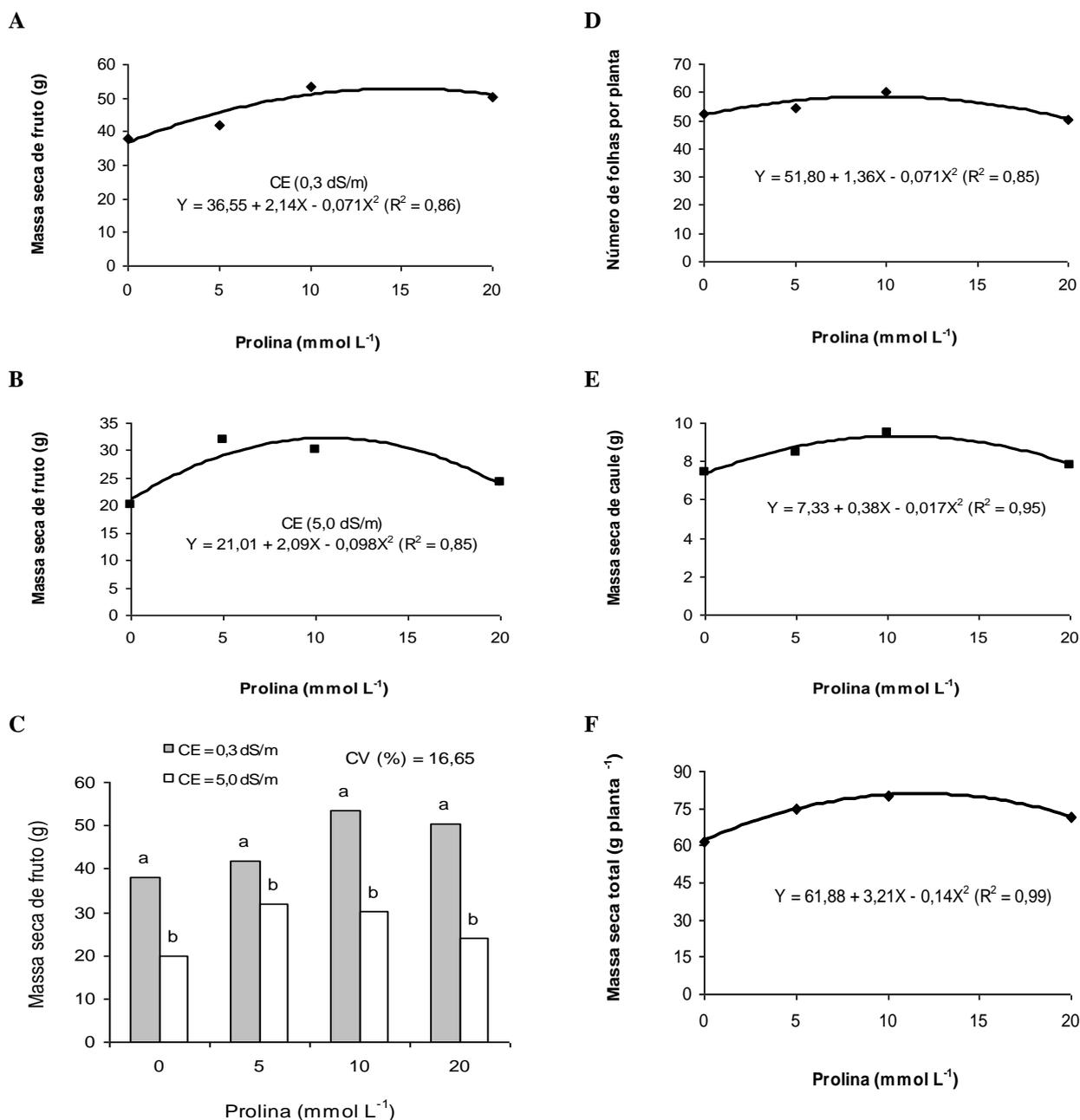


Figura 4. Massa seca do fruto, número de folhas por planta, massa seca de caule e massa seca total em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e prolina. UFCG, Pombal, 2009.

Efeito da salinidade vs prolina sobre a produção de frutos

Não houve interação significativa entre salinidade da água de irrigação e doses de prolina para produção de frutos (Figura 5).

A maior produção de frutos por planta foi obtido em plantas irrigadas com água normal em relação a salina (Tabela 4). Considerando-se a concentração de prolina verificou-se que a maior produção de frutos por planta foi de 747,65 g obtido na dose de 12,35 mmol L⁻¹ de prolina (Figura 5). O incremento na produção de frutos obtido na dose de 12,35 mmol L⁻¹ foi de 22,43% quando comparado a dose 0 mmol L⁻¹ de prolina, resultando em um aumento de 2,5 t ha⁻¹. Esse resultado mostra a importância da prolina na redução do estresse salino no melão que, além de osmorregulador, atua favorecendo o equilíbrio redox em células estressadas (VERBRUGGEN & HERMANS, 2008).

Considerando-se a salinidade da água de irrigação verificou-se que a maior produção de frutos por planta foi

obtido em plantas irrigada com água normal em relação a salina (Tabela 4). Essa redução da produção causada pela salinidade da água de irrigação foi de 44,71%, o que corresponde a cerca de 8,7 t ha⁻¹ quando aumentou a salinidade da água de 0,3 para 5,0 dS m⁻¹.

Redução na produtividade do meloeiro tem sido comportamento comum quando se utiliza água de irrigação com elevada concentração de sais. Barros (2002) trabalhando com as cultivares de melão Trusty e Orange Flesh obteve diminuição linear no rendimento comercial de 34% e 39%, respectivamente, com o aumento da salinidade da água de irrigação de 1,1 dS m⁻¹ a 4,5 dS m⁻¹. De acordo com Silva et al. (2005) a produtividade média de frutos comercializáveis para híbridos de melão, como o Gold Mine e o Trusty, teve declínio de 36%, utilizando água de irrigação de 4,4 dS m⁻¹ quando comparado com a água de 1,1 dS m⁻¹. Botía et al. (2005) verificaram redução na produção de frutos comerciais de 12% para o melão Gália e de 39% para o melão Amarelo Ouro, quando a salinidade da água de irrigação variou de 1,3 a 6,1 dS m⁻¹.

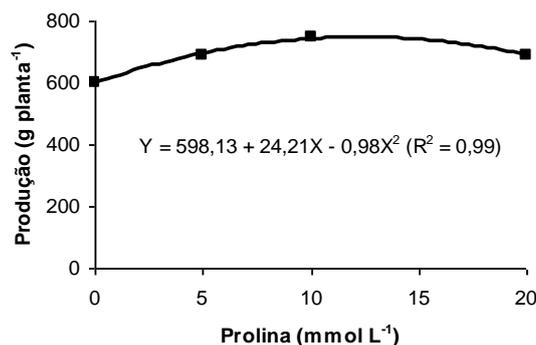


Figura 5. Produção de frutos em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de prolina. UFCG, Pombal, 2009.

Tabela 4. Produção de frutos em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFCG, Pombal, 2009.

Salinidade (dS/m)	Produção (g/planta)
0,3	941,50 a
5,0	420,95 b
CV (%)	16,81

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a atividade fisiológica, o crescimento e a produtividade em plantas de meloeiro;

A produção de frutos no meloeiro reduziu em 44,71% com o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,3 para 5,0 dS m⁻¹, o que corresponde a cerca de 8,7 t ha⁻¹.

O fornecimento de prolina foi eficiente em reduzir no meloeiro o efeito estressante causado pela salinidade da

água de irrigação até a dose de 12,56 mmol L⁻¹ de prolina, proporcionando um incremento na produção de frutos de 22,43% quando comparado a dose 0 mmol L⁻¹, o que corresponde a cerca de 2,5 t ha⁻¹;

Em termos absolutos podemos afirmar que o melhor desempenho do meloeiro foi obtido na dose de 10,0 mmol L⁻¹ de prolina por planta para ambos os níveis de salinidade da água de irrigação.

REFERÊNCIAS

- AMOR, F. M. del; CARVAJAL, M.; MARTINEZ, V.; CERDÁ, A. Response of muskmelon plants (*Cucumis melo*, L.) to irrigation with saline water. **Acta Horticulturae**, n. 456, p. 263-268, 1998.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles of glycine betaine and praline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p. 206-216, 2007.
- BARROS, A. D. **Manejo da irrigação por gotejamento, com diferentes níveis de salinidade da água, na cultura do melão**. Botucatu: UNESP, 2002. 124p. (Tese de Doutorado).
- BOTÍA, P.; NAVARRO, J. M.; CERDÁ, A.; MARTÍNEZ, V. Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. **European Journal of Agronomy**, v. 23, p. 243-253, 2005.
- FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. Cultura do melão. In: FONTES, P. C. R. (Ed.) **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, UFV, 2005, p. 407-428.
- GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.355-361, 2000.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.
- HENRIQUES NETO, D. **Salinidade no algodoeiro**. Viçosa, UFV, 2003. 25 p.
- IBGE. Disponível em: www.ibge.gov.br (consulta em 04/12/2009).
- KAYA, C.; TUNA, A. L.; ASHRAF, M.; ALTUNLU, H. Improved salt tolerance of melon (*cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, p. 397-403, 2007.
- LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 107-120, 2003.
- MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1995. 920p.
- MELONI, D. A., OLIVA, M. A., RUIZ, H. A., MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 599-612, 2001.
- MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; MARTINEZ, C. A.; CAMBRAIA, J. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 69-76, 2003.
- NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of melon plants grown under saline conditions in relation to phosphate and calcium nutrition. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 74, n. 5, p. 573-578, 1999.
- PEREIRA, F. H. F.; ESPINULA NETO, D.; SOARES, D. C.; OLIVA, M. A. Trocas gasosas em plantas de tomateiro submetidas a condições salinas. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, 2005. CD-ROM.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Ed. Agrícola Española, S. A. Madri, 1990. 523p.
- SCHMUTZ, U. Effect of salt stress (NaCl) on whole plant CO₂-gas exchange in mango. **Acta Horticulturae**, v. 509, n. 1, p. 269-276, 2000.
- SILVA, B.B. da et al. - Características de parâmetros fisiológicos e de crescimento do meloeiro irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 45-52, 2005.
- SILVA, H. R.; COSTA, N. D. **Melão produção: aspectos técnicos**. Embrapa Hortaliças e Semi-Árido. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 225 p.
- SILVA, M.M.C.; MEDEIROS, J.F.; NEGREIROS, M.Z.; SOUSA, V.F. Produtividade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação, com e sem cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.202-205, 2005.
- VERBRUGGEN, N & HERMANS, C. Proline accumulation in plants. **Amino Acids**, v. 35, n. 4, p. 753 - 759, 2008.