

TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PINHÃO MANSO SUBMETIDO A ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO FOSFATADA¹

ANTONIO EVAMI CAVALCANTE SOUSA^{2*}, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA³, HANS RAJ GHEYI⁴, FREDERICO ANTONIO LOUREIRO SOARES⁵, CLAUDIO AUGUSTO UYEDA⁶.

RESUMO – Objetivando avaliar trocas gasosas e teores de macro e micronutrientes em folhas de pinhão manso cultivados sob condições de salinidade, foi conduzido um experimento em casa de vegetação adotando-se um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial, combinando cinco níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e duas doses de fósforo (135 e 200 g planta⁻¹) e com quatro repetições. Cada planta foi cultivada em vaso com capacidade de 200 L. As taxas de trocas gasosas foliares foram obtidas utilizando-se medidor portátil de fotossíntese (IRGA), na quarta folha expandida a partir do ápice da planta. Para determinar o teor de nutrientes da planta, utilizou-se o limbo foliar localizado entre a quarta e quinta folha abaixo da inflorescência. Verificou-se que o nível salino da água de irrigação afetou negativamente as variáveis de trocas gasosas (condutância estomática, perdas nas taxas de transpiração e de fotossíntese), e aumentou a temperatura foliar. O teor foliar dos nutrientes e do sódio obedeceu à seguinte ordem: K > N > Cl > Ca > Na > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu. Com exceção do Cu todos os nutrientes e elementos avaliados aumentaram com o acréscimo da salinidade da água de irrigação. A menor dose de P₂O₅ utilizada foi suficiente para permitir o desenvolvimento da planta durante o período experimental, não havendo efeito de sua elevação nos parâmetros fotossintéticos avaliados.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L. Nutrição vegetal. Trocas gasosas. Condutividade elétrica.

LEAF NUTRIENT CONTENT AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PHYSIC NUT SUBMITTED TO SALT STRESS AND PHOSPHORUS

ABSTRACT – Aiming to evaluate gas exchange and concentration of macro and micronutrients in leaves of physic nut grown under saline conditions, an experiment was conducted in protected ambient adopting a randomized block design in factorial scheme combining five levels of irrigation water salinity EC_w (0.6; 1.2; 1.8; 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and two levels of phosphorus (135 and 200 g plant⁻¹) and with four replications. Each plant was grown in pots with a capacity of 200 L. The gas exchange rates (leaf temperature, transpiration, stomatal conductance and photosynthesis) were obtained using a portable photosynthesis meter (IRGA), in the fourth expanded leaf from the apex of the plant. To determine the nutrient content of the plant, the limbo located between the fourth and fifth leaf below the inflorescence was used. The determination of nutrients followed the methodology described by Silva (1999). It was found that the salinity level of irrigation water affected the variables of gas exchange and accumulation of the minerals which has following sequence: K > N > Ca > Cl > Na > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu. With the exception of copper all evaluated nutrients and increased with increasing salinity of irrigation water. The lowest dose of P₂O₅ used was sufficient to allow the development of the plant during the experimental period, there was no effect of its increase in photosynthetic parameters evaluated.

Keywords: *Jatropha curcas* L. Plant nutrition. Gas exchanges. Electrical conductivity.

* Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 17/07/2012; aceito em 16/01/2012

Projeto de pesquisa financiado pelo CNPq.

²Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Caixa Postal 10078, 58.109-970, Campina Grande – PB; evami@ibest.com.br

³Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE; CEP: 60.455-760, cfeitosa@ufc.br

⁴Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas – BA; CEP: 44.380-000 hans@pq.cnpq.br

⁵IF Goiano, Campus Rio Verde, Acesso Rod. Sul Goiana Km 01, Zona Rural, Rio Verde – GO; CEP: 75.901-970, fredalores@hotmail.com

⁶IF Paraíba, Campus Picuí. Acesso Rod. PB 151, Bairro Cenecista, Picuí, PB; CEP: 58.187-000, cauyeda@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie perene e monóica, pertencente à família das Euforbiáceas, é um arbusto de crescimento rápido, caducifólio, que pode atingir mais de 5 m de altura, os frutos são do tipo cápsula ovóide, trilocular, contendo normalmente três sementes, sendo uma semente por lóculo. As sementes apresentam teor de óleo variando entre 33 e 38% e representam entre 53 e 79% do peso do fruto (DIAS et al., 2007).

Tem se observando extraordinária expansão da área cultivada com essa espécie devido ao interesse da indústria por fontes energéticas alternativas e não fósseis. O óleo do pinhão manso é muito procurado pela indústria para fabricação de biodiesel (LAVIOLA; DIAS, 2008). Esse crescimento de área plantada tem gerado expressiva demanda por informações, principalmente no que se refere às necessidades nutricionais da planta (OLIVEIRA et al., 2010). A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e reprodutivo (LAVIOLA; DIAS, 2008). Também deve se levar em consideração a eficiência de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (PREZOTTI, 2001). A composição química e concentração de nutrientes em folhas são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta (LAVIOLA; DIAS, 2008).

A produtividade das culturas resulta de uma complexa cadeia de eventos e processos que interagem com os fatores climáticos, tais como a fotossíntese, o crescimento da copa, a indução e a intensidade de florescimento, a fixação dos frutos e a massa e número final de frutos maduros colhidos, além da eficiência do uso de água e de nutrientes (GOLDSCHMIDT, 1999; PRADO et al., 2007). Os conhecimentos básicos das interações dos processos fisiológicos, bioquímicos e moleculares e os efeitos dos fatores ambientais sobre eles possibilitam-nos adotar técnicas de manejo da cultura de forma mais adequada visando à maior eficiência produtiva (MACHADO et al., 2010).

A região semiárida do Brasil é caracterizada por apresentar insuficiência hídrica e chuvas mal distribuídas e uma das alternativas para aumento da produtividade nessa área é a irrigação. Entretanto, esta técnica, sob manejo inadequado, tem gerado vários problemas ambientais, principalmente a salinização do solo (GHEYI et al., 1991). Estima-se que 20% das terras cultivadas no mundo e aproximadamente metade das terras irrigadas estejam afetadas por sais (SAIRAM; TYAGI, 2004). Esse problema é mais agudo nas regiões semiáridas onde a baixa pluviosidade e a elevada demanda evaporativa contribuem decisivamente para o agravamento da salinização dos solos. As altas concentrações de sais no solo, além de reduzir o potencial hídrico do solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando dis-

túrbios funcionais e injúrias no metabolismo (VIÉGAS et al., 2001).

Em geral, os solos brasileiros são ácidos e de baixa fertilidade natural, principalmente em nitrogênio e fósforo que têm limitado o rendimento das culturas (SOUZA et al., 2009). Limitações de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das raízes e parte aérea, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados no decorrer de seu crescimento (GRANT et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as taxas de trocas gasosas e o teor de macro e micronutrientes em folhas de pinhão manso cultivados sob condições de estresse salino e duas doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande-PB com as seguintes coordenadas geográficas: 07°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m. O clima da região é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO; SONCIN, 1982).

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator formado por cinco níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹ a 25 °C), e o segundo fator composto pelas duas doses de P₂O₅ (135 e 200g planta⁻¹ ano⁻¹), com quatro repetições. As soluções salinas foram preparadas a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O na proporção equivalente 7:2:1, entre os cátions Na⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, obedecendo a relação entre a CEa e sua concentração (mmol_c L⁻¹ = CE x 10). Os tratamentos de referência foram o nível de salinidade de 0,6 dS m⁻¹; relativo à água de abastecimento e a dose de P₂O₅ de 135 g por planta; recomendação para pinhão manso segundo TOMINAGA et al. (2007).

O ensaio foi implantado em abril de 2007 em espaçamento de 1,6 x 1,7 m e as plantas encontravam-se no terceiro ano de produção. Utilizaram-se recipientes plásticos com capacidade de 200 L e uma planta por vaso. O solo foi classificado como Argissolo Acinzentado Eutrófico (SANTOS et al., 2006), textura franco-arenoso, não salino e não sódico retirado a uma camada de 0 - 30 cm proveniente do distrito de São José da Mata em Campina Grande-PB.

Deve-se ressaltar que o presente trabalho é continuação de experimentos anteriores realizados por dois anos. Durante este período de experimento foram seguidas as recomendações de adubação suge-

ridas por NOVAIS et al. (1991) para ensaios conduzidos em ambientes protegidos. O solo foi adubado na fundação com 100; 300 e 150 mg kg⁻¹ de solo de N, P₂O₅ e K₂O, utilizando como fonte de nutrientes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, e para o segundo ano seguiu-se a mesma recomendação para adubação de cobertura.

No início do terceiro ano foi realizada uma poda drástica, deixando todas as plantas com altura de 60 cm. Na adubação mineral foram incorporados 80 g de N, 62 g de K₂O e as duas doses de P₂O₅ (135 e 200 g) por ano. Portanto, as doses dos fertilizantes foram fracionadas em 12 meses equitativamente utilizando-se as mesmas fontes de nutrientes.

As irrigações foram realizadas ao final da tarde seguindo turno de rega de três dias e fixando uma fração de lixiviação em 0,15; para evitar grandes concentrações de sais no solo. Durante a condução do experimento foram realizados os seguintes tratamentos culturais: eliminação manual das plantas daninhas, escarificação superficial do solo a cada duas irrigações e as pulverizações efetuadas uma vez por semana com produtos indicados para controle preventivo de insetos e doenças fúngicas.

Para obtenção dos dados de temperatura da folha, fotossíntese, condutância estomática e transpiração foi utilizado um medidor portátil de trocas gasosas (IRGA, mod. LCi System ADC, Hoddesdon, UK), na quarta folha expandida a partir do ápice da planta. No entanto, esta prática só foi realizada nas plantas de pinhão manso que receberam a menor dose de fósforo (DP₁: 135 g), visto que, em análise preliminar observou-se não haver diferença nas leituras de trocas gasosas entre as duas doses (DP1 e DP2) de P₂O₅. As medições foram realizadas sob luz saturante, utilizando-se uma fonte artificial de radiação, e sob condições ambientais de temperatura e concentração de CO₂. As leituras foram realizadas no período da inflorescência, o que corresponde à maior concentração de nutrientes na planta e maior atividade fotossintética.

Para a determinação dos teores dos macro e micronutrientes e de sódio utilizou-se o limbo foliar onde selecionou-se folhas maduras, sadias e sem ataque de pragas e doenças, localizados entre a quarta e a quinta folha abaixo da inflorescência. O material vegetal amostrado foi lavado com água destilada e seco em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas, moídas e submetidas a análises químicas segundo metodologias recomendadas por Silva (1999).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação sobre a condutância estomática, as taxas de transpiração e fotossíntese, bem como sobre a temperatura de folha.

A aplicação contínua de água com CEa 3,0 dS m⁻¹ reduziu a condutância estomática em pinhão manso em 81,81% em relação à aplicação de água com CEa 0,6 dS m⁻¹ (Figura 1A). Este fechamento parcial dos estômatos pode ser decorrente do efeito osmótico, associado ao acúmulo de sais no solo, e também da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (NEVES et al., 2009).

As plantas apresentaram menores valores de taxa transpiratória com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação havendo um decréscimo de 70,41% entre as plantas que foram irrigadas com CEa de 0,6 e 3,0 dS m⁻¹ (Figura 1B). As diferenças na taxa transpiratória entre plantas estressadas podem ser explicadas pela redução na condutância estomática, conforme mostrado na Figura 1A, que diminui a transpiração e incrementa a temperatura foliar (Figura 1D) (PINTO et al., 2008).

Os valores obtidos para taxa de fotossíntese líquida foi de 14,82 e 12,45 mmol m⁻² s⁻¹, para 0,6 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente, demonstrando um decréscimo de 16% (Figura 1C). A redução na taxa de fotossíntese foi bem menos expressivas do que outras observadas, indicando que a redução na expansão celular antecede a inibição do processo fotossintético pela salinidade (LACERDA et al., 2006).

A temperatura da folha do pinhão manso aumentou conforme os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação variando de 30,83 a 32,03 °C consoando um aumento de 3,75% (Figura 1D). A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar havendo menores aberturas estomáticas ocorre à redução da transpiração e aumento da temperatura do tecido foliar (MACHADO et al., 2005).

Verifica-se que houve efeito significativo (Tabela 2) da salinidade da água utilizada na irrigação nos teores da maioria dos macronutrientes, exceto para o enxofre, enquanto as doses de P₂O₅ influenciaram apenas os teores de potássio, fósforo e cálcio, havendo interação entre os dois fatores estudados somente para cálcio.

Segundo a equação de regressão na Figura 2A o efeito da salinidade da água de irrigação no teor de nitrogênio (N) ajustando-se melhor ao modelo quadrático, permitiu acréscimo no teor de nitrogênio de 14,07, 23,15, 24,68 e 18,65% para as águas de condutividade elétrica de 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente, quando comparado com a água de CE de 0,6 dS m⁻¹. Porém o ponto máximo foi obtido com uma água de irrigação de condutividade elétrica de

Tabela 1. Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), taxa de fotossíntese (A) e temperatura de folha (TF) em folhas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigados com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

Causa de variação		Quadrados médios			
		gs	E	A	TF
Nível Salino (NS)	4	0,01**	0,36**	6,33**	0,85**
Bloco	3	0,01**	0,28**	0,35ns	8,96**
Resíduo	12	0,0005	0,04	1,46	0,15
CV (%)		33,78	32,92	8,88	1,23

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns - não significativo pelo teste F.

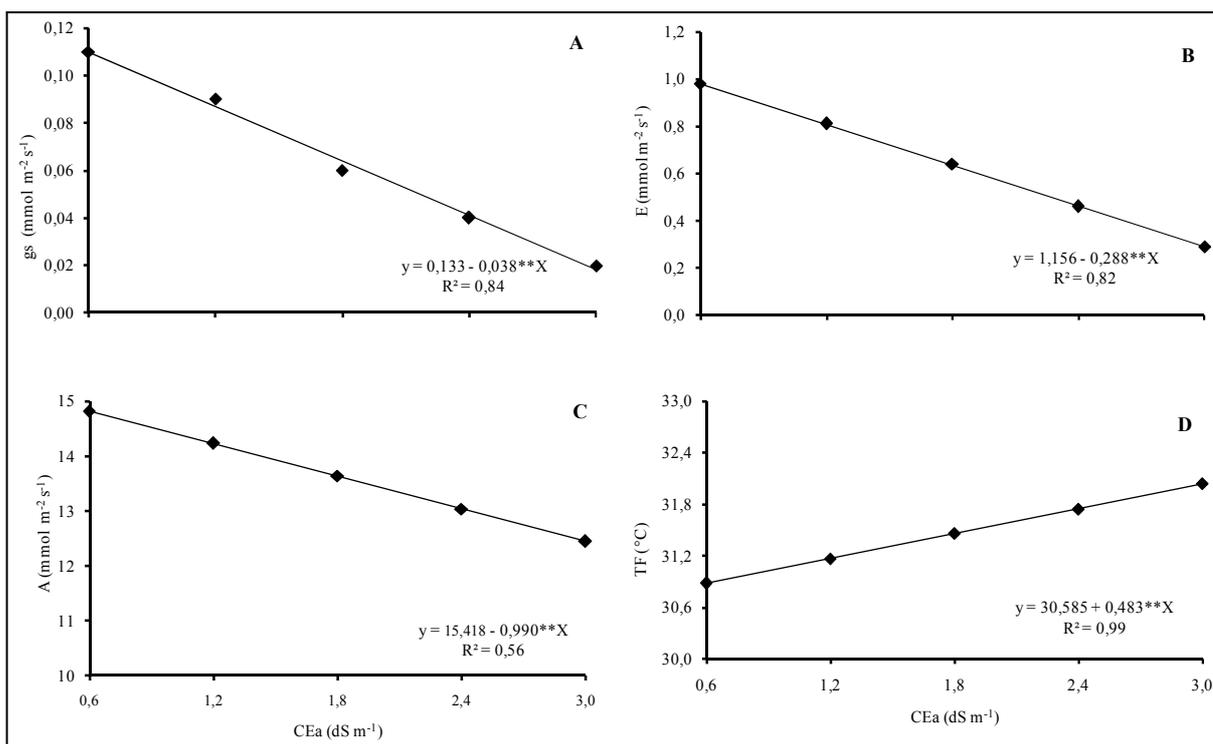


Figura 1. Condutância estomática - gs (A), taxa de transpiração - E (B), taxa de fotossíntese - A (C) e temperatura foliar - TF (D) em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigados com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigados com água salina e adubação fosfatada durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

Causa de variação		Quadrados médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nível salino (NS)	4	69,30**	4,26**	42,54**	29,76**	0,65**	0,21ns
R. Linear	1	118,41**	15,90**	81,71**	109,79**	0,61ns	-
R. Quadrática	1	84,13**	0,93ns	73,37**	3,49ns	0,03ns	-
Desvio Regressão	2	37,32*	0,11ns	7,55ns	2,88ns	0,98**	-
Dose de Fósforo (DP)	1	0,97ns	2,32**	60,03**	19,80**	0,11ns	0,060ns
Interação NS x DP	4	23,40ns	0,10ns	10,13ns	14,35**	0,14ns	0,07ns
Bloco	3	20,40ns	0,09ns	16,61ns	0,40ns	0,02ns	0,04ns
Resíduo	27	9,91	0,24	6,60	2,72	0,17	0,03
CV (%)		11,90	11,40	8,37	9,09	6,34	41,91

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns - não significativo pelo teste F

2,20 dS m⁻¹ (28,62 g kg⁻¹ de N).

No teor de fósforo (P) o efeito do nível salino da água de irrigação foi linearmente crescente (Figura 2B), apresentando um acréscimo de 24,97% por aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação, chegando, segundo o modelo de regressão, a um teor de P de 5,21 g kg⁻¹ ao se irrigar com água de CE de 3,0 dS m⁻¹. Este acúmulo de P nas folhas de plantas sob estresse salino pode ser explicado em consequência da redução da translocação associada à diminuição da taxa de crescimento (LACERDA et al., 2006).

Assim como o teor de nitrogênio, o teor de potássio (K) apresentou uma resposta quadrática (Figura 2C) aos níveis salinos da água de irrigação, com um teor máximo de K (32,63 g kg⁻¹) obtido, segundo a equação de regressão, quando se irriga com uma água de CE de 2,2 dS m⁻¹; observa-se, também, que houve um aumento no teor de K, em relação à água de CE de 0,6 dS m⁻¹, de 12,71, 19,44, 20,18 e 14,97% ao se irrigar com água de CE de 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente. Esse resultado diverge dos obtidos por outros autores que indicam a redução do teor de K nas folhas como resposta comum em plantas submetidas ao estresse salino, podendo estar relacionada ao antagonismo entre Na e K durante o processo de absorção (MARSCHNER, 1995). No entanto, resultados conflitantes têm sido encontrados em plantas de feijão-de-corda, sendo observado acúmulo em alguns genótipos e redução em outros (COSTA et al., 2003). Vale salientar que as reduções nos teores de K ocorrem, principalmente, quando se aplica apenas o NaCl como fonte salina, o que não aconteceu no presente estudo.

O teor de cálcio (Ca) nas folhas do pinhão manso, cresceu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2D), apresentando um acréscimo de 13,36% por aumento unitário da condutividade elétrica da água, dando assim um incremento de 29,70% no teor de Ca das plantas irrigadas com água de CE de 3,0 dS m⁻¹ (20,48 g kg⁻¹), em comparação com o teor das plantas irrigadas com água de CE de 0,6 dS m⁻¹ (15,79 g kg⁻¹).

O teor de Magnésio (Mg) apesar de ter apresentado diferença significativa entre os níveis de salinidade (Tabela 2), os modelos de regressão linear e quadrático não se ajustaram aos dados, com os valores de R² muito baixos. Contudo, o desvio da regressão foi significativo, o que significa que haverá algum modelo significativo, mas provavelmente não teria uma explicação fisiológica plausível neste tipo de comportamento. Contudo, pode-se afirmar que a maior concentração de Mg (6,99 g kg⁻¹) foi obtido com uma água de irrigação de CE de 2,4 dS m⁻¹ e a menor concentração foi as plantas irrigadas com água de CE de 0,6 dS m⁻¹ (6,51 g kg⁻¹), havendo diferença de 6,78%.

Mediante o exposto, podemos dizer que as folhas de pinhão manso obtiveram a seguinte ordem de concentração no teor dos macronutrientes: K > N > Ca > Mg > P > S. O potássio é um dos macronutrientes exigidos pelas culturas em maior proporção. As necessidades desse elemento são muito maiores que as de fósforo, sendo da mesma ordem de grandeza que as exigências em nitrogênio quando se considera as quantidades desses elementos contidas na

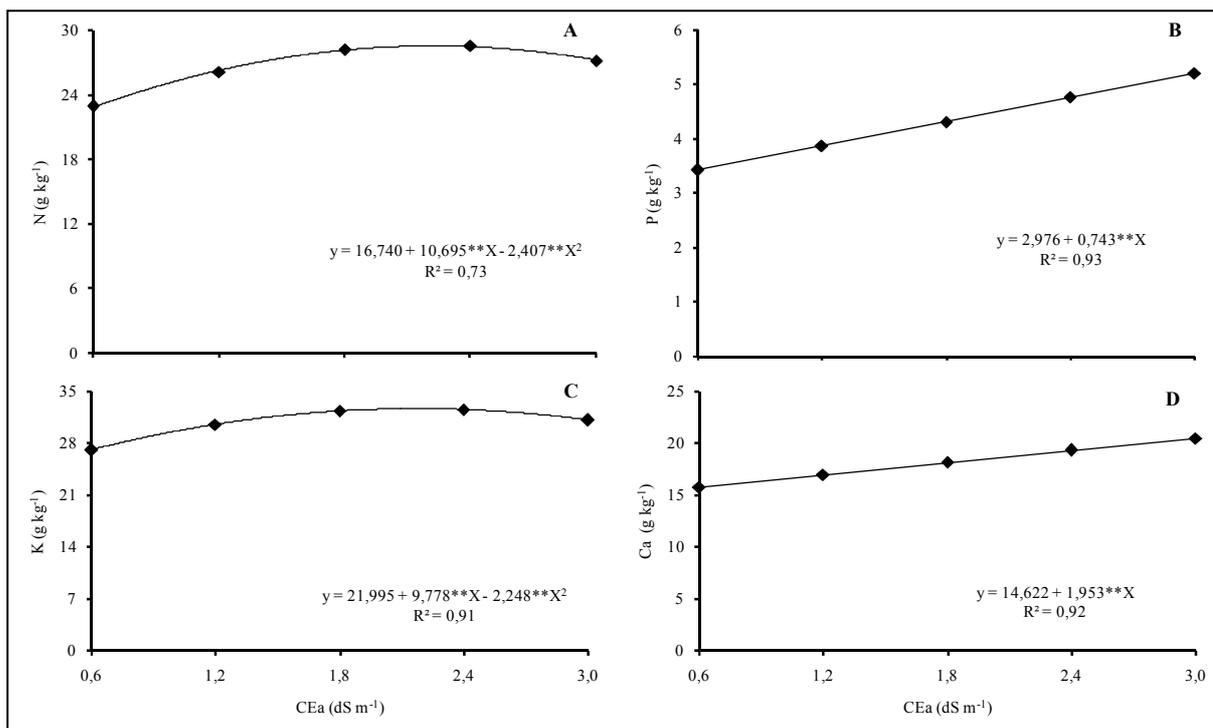


Figura 2. Teor foliar de nitrogênio - N (A), fósforo - P (B), potássio - K (C) e cálcio - Ca (D) em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigados com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

planta (MALAVOLTA, 1989).

Em relação ao fator dose de fósforo (P_2O_5), observa-se diferença significativa no teor de potássio e fósforo. Nota-se mediante as médias, que o teor de K das plantas que receberam a dose DP_2 (200 g de P_2O_5 planta⁻¹) foi 9,21% maior que as plantas que receberam a dose DP_1 (135 g de P_2O_5 planta⁻¹). De modo geral, verifica-se que os teores de P foram maiores nas plantas que receberam a maior dose de P_2O_5 , sendo 18,2% superior no tratamento com maior nível de salinidade.

Nota-se no desdobramento da interação NS x DP (nível salino x doses de fósforo) que as plantas que receberam água com CE 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹ apresentaram teor de Ca 3,17; 8,09; 12,55 e 16,60% superior com a maior dose de fósforo (DP_2 - 200 g de P_2O_5), segundo a equação da regressão (Figura 3).

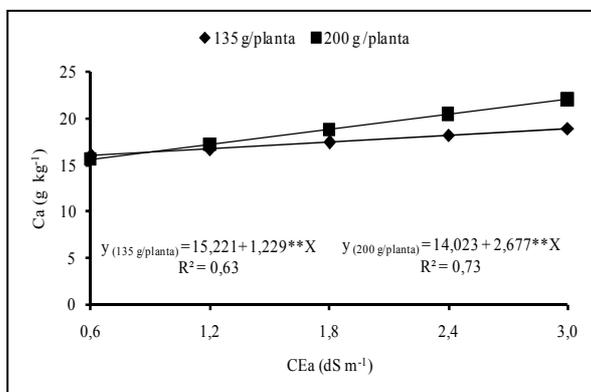


Figura 3. Teor de cálcio em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) submetido a irrigação com água salina e doses de fósforo durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

Com base na análise de variância (Tabela 3), constata-se que a salinidade da água de irrigação influenciou os teores de ferro, zinco, cobre, manganês cloro e sódio, enquanto as doses de P_2O_5 influenciaram apenas os teores de manganês, não havendo interação entre os dois fatores estudados.

Houve um incremento no teor de ferro (Fe) até uma CEa de 1,9 dS m⁻¹, porém, a partir desta CE da água houve decréscimo, em torno de 4,29 e 19,73%, para as águas de CE de 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 4A) e teor máximo (117,24 mg kg⁻¹) foi verificado ao se irrigar com água de CE de 1,9 dS m⁻¹. No caso de Mn, o modelo de regressão linear (Figura 4B), demonstra que ao se irrigar as plantas com águas salinas de até CE de 3,0 dS m⁻¹, houve aumento de 18,99% por aumento unitário na CEa no teor de manganês (Mn).

Segundo o modelo de regressão (Figura 4C), a partir da água de CE de 0,6 dS m⁻¹ o teor de zinco (Zn) nas plantas aumentou linearmente com o incremento da salinidade da água de irrigação, apresentando acréscimo relativo de 38,66%, quando comparada a irrigação com água possuindo CE de 0,6 dS m⁻¹ e água de 3,0 dS m⁻¹ resultando em um incremento de 16,11% por aumento unitária na condutividade elétrica da água de irrigação. Por outro lado, o teor de cobre (Cu) nas folhas da planta decresceu, segundo o modelo de regressão (Figura 4D), até a CEa de 2,2 dS m⁻¹ (3,40 mg kg⁻¹). Nota-se que da água de CE de 0,6 dS m⁻¹ até as águas de CE de 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, houve um declínio no teor de cobre de 20,45 e 15,26%, respectivamente.

O teor de cloro (Cl), cresceu até uma CE da água de irrigação de 1,8 dS m⁻¹, apresentando um acréscimo de 18,88% em relação as testemunhas (CEa

Tabela 3. Resumo da análise de variância para teores foliares de ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), cloro (Cl), e sódio (Na) de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigados com água salina e adubação fosfatada durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

Causa de variação		Quadrados médios					
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cl	Na
Nível salino (NS)	4	2305,87**	789,15**	94,79**	1,18**	55,33**	60895357,89**
R. Linear	1	177,49ns	2961,81**	288,27**	2,15**	2,81ns	199569856,90**
R. Quadrática	1	4768,99**	41,93ns	20,78ns	1,87**	85,89**	4906247,34ns
Desvio Regressão	2	2138,51**	1,14ns	35,06**	0,35ns	5,59**	19552663,66ns
Dose de Fósforo (DP)	1	74,26ns	3748,67**	23,03ns	1,29ns	14,16ns	4323108,56ns
Interação NS x DP	4	90,99ns	67,02ns	12,78ns	1,04ns	8,32ns	380007,85ns
Bloco	3	435,60ns	115,78ns	28,33**	2,57**	6,34ns	5957559,20ns
Resíduo	27	326,59	66,76	8,09	0,36	11,85	4516824,79
CV (%)		17,36	11,41	12,13	16,05	15,18	19,62

** significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$) e ns - não significativo pelo teste F.

de 0,6 dS m⁻¹) e a partir decresceu 2,82 e 12,81% quando se irrigou com uma água de CE de 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 5A). Segundo o modelo de regressão o teor máximo de Cl será obtido quando a CE da água de irrigação for igual a 1,9 dS m⁻¹, atingin-

do um teor de 24,44 g kg⁻¹ de Cl.

O fato da composição das águas de irrigação ser à base de sais de sódio, cálcio e magnésio, com maior proporção de sódio, resultou que o teor deste elemento nas folhas do pinhão manso foi o que

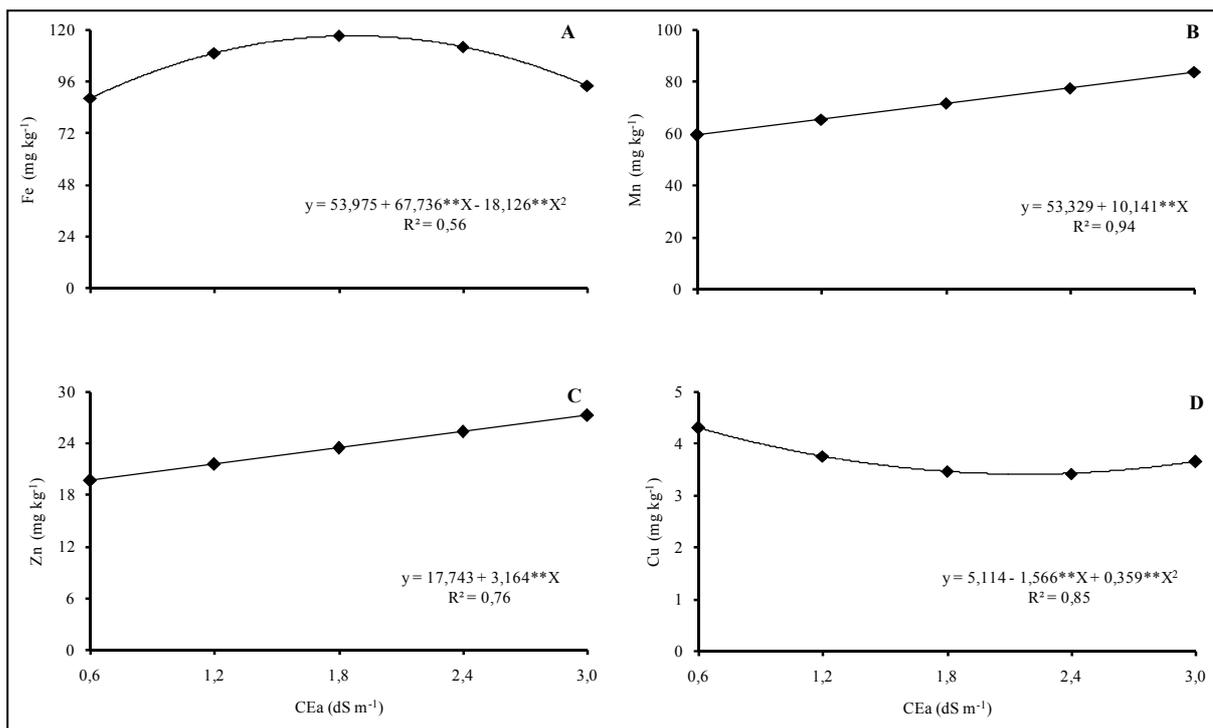


Figura 4. Teor foliar de ferro - Fe (A), manganês - Mn (B), zinco - Zn (C) e cobre - Cu (D) em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigadas com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

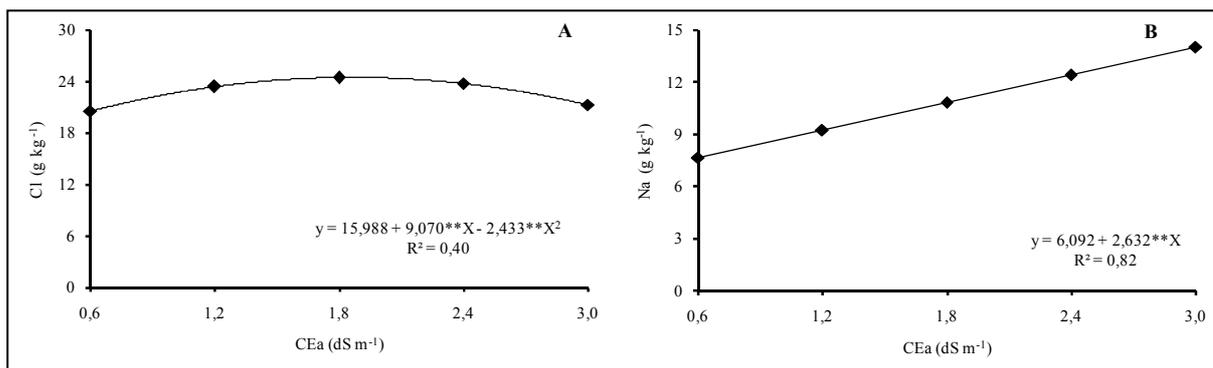


Figura 5. Teor foliar de cloro - Cl (A) e sódio - Na (B) em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigadas com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção.

obteve maior percentual de acréscimo ao se aumentar a salinidade, pois foi verificado, segundo o modelo de regressão (Figura 5B), um incremento (comparado com água de CE de 0,6 dS m⁻¹) de 20,60, 41,20, 61,80 e 82,40% no teor de Na para as plantas irrigadas com água de CE de 1,2, 1,8, 2,4 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente.

A elevada concentração de Na e Cl no tecido vegetal durante a exposição das plantas ao estresse salino representou um dos principais efeitos desse estresse sobre o metabolismo vegetal envolvido neste trabalho. No entanto, o componente iônico da salinidade pode causar danos irreparáveis em estruturas celulares os quais podem comprometer a eficiência metabólica e até mesmo provocar a morte celular (SHI et al., 2002).

A ordem de concentração dos elementos obtido para as folhas do pinhão manso em relação a CE

da água de irrigação foi: Cl > Na > Fe > Mn > Zn > Cu.

Em relação ao fator dose de P₂O₅ observou-se incremento no teor de Mn, com a dose DP₂ sobressaindo-se em 28,78% quando comparada a DP₁, não havendo diferença para os demais nutrientes.

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação prejudica as plantas de pinhão manso, provocando reduções na condutância estomática, perdas nas taxas de transpiração e de fotossíntese, e aumento na temperatura foliar;

O teor foliar dos nutrientes e o elemento sódio obedeceram à seguinte ordem: K > N > Cl > Ca > Na > Mg > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu. Com ex-

ção do cobre todos os nutrientes e elementos avaliados aumentaram com o acréscimo da salinidade da água de irrigação;

O teor máximo de N e K nas folhas do pinhão manso foi obtido com uma CEa de 2,2 dS m⁻¹;

A menor dose de P₂O₅ utilizada é suficiente para permitir o desenvolvimento da planta durante o período experimental.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão do auxílio financeiro e bolsa, ao primeiro autor, para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.
- COSTA, F. X.; LUCENA, A. M. A.; FERREIRA, U. C. Q. Fisiologia da mamoneira, cultivar brs 149 nordestina, na fase inicial de crescimento, submetida a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina grande, v. 7, n. 1, p. 659-664, 2003.
- DIAS, L. A. S. et al. **Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 40 p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.6**: sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003. 32 p.
- GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Mossoró: ESAM, 1991. 70 p.
- GOLDSCHMIDT, E. E. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. **HortScience**, v. 34, n. 6, p. 1020-1024, 1999.
- GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, n.1, p. 1-5, 2001.
- LACERDA, C. F. et al. Morpho-physiological responses of cowpe leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos do Goytacazes, v. 18, n. 4, p. 455-465, 2006.
- LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.
- MACHADO, D. F. S. P. et al. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira “valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1989. 292 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 856 p.
- NEVES, A. L. R. et al. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, suplemento, p. 873-881, 2009.
- NOVAIS, R. F. et al. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo**. Brasília: Embrapa Solos, 1991. v. 2, p. 189-253.
- OLIVEIRA, I. R. S. de et al. Crescimento inicial do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 40-45, 2010.
- PINTO, C. de M. et al. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.
- PRADO, A. K. S. et al. Florescimento e frutificação em laranjeiras ‘Valência’ com diferentes cargas de frutos e submetidas ou não à irrigação. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 173-182, 2007.
- PREZOTTI, L. C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 607-615.
- SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.
- SANTOS, H. G. dos. et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SHI, H. et al. The putative plasma membrane Na⁺/H⁺ antiporter SOS1 controls long-distance Na⁺ transport in plants. **The Plant Cell**, v. 14, n. 2, p. 466-

477, 2002.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1999. 370 p.

SOUZA, K. S. et al. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

TOMINAGA, N. et al. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG: CPT, 2007. 220 p.

VIÉGAS, R. A. et al. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 216-222, 2001.