



Aspectos de crescimento e produção da mamoneira irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada

Geovani S. de Lima¹, Reginaldo G. Nobre², Hans R. Gheyi³,
Lauriane A. dos A. Soares⁴, Givanildo da S. Lourenço⁵ & Saulo S. da Silva⁶

¹ UAEA/UFCG. Campina Grande, PB. E-mail: geovanisoareslima@gmail.com (Autor correspondente)

² UAGRA/UFCG. Pombal, PB. E-mail: rgomesnobre@pq.cnpq.br

³ CCAAB/UFRB. Cruz das Almas, BA. E-mail: hans@pq.cnpq.br

⁴ UAEA/UFCG. Campina Grande, PB. E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

⁵ UAGRA/UFCG. Pombal, PB. E-mail: givanildo83@r7.com

⁶ PPGECAM/UFPB. João Pessoa, PB. E-mail: saulo20@hotmail.com

Palavras-chave:

Ricinus communis L.
salinidade
nitrogênio

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido objetivando avaliar o crescimento e a produção da mamoneira cv. BRS Energia cultivada em irrigação com água de diferentes níveis salinos e adubada com distintas doses de nitrogênio, em ensaio conduzido em lisímetros de drenagem sob condições de campo no CCTA/UFCG. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 5 x 4, com três repetições cujos tratamentos constaram de cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m⁻¹) e quatro doses de N (70; 100; 130 e 160 mg N kg⁻¹). A irrigação com águas salinas reduziu o crescimento e a produção da mamoneira, observado pela diminuição na altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, fitomassa seca de folhas e de raízes, massa de sementes total e viáveis, sendo a área foliar a variável mais prejudicada. A aplicação de doses crescentes de N proporcionou aumento na área foliar e na fitomassa seca de folhas. Doses de N de até 131 mg N kg⁻¹ promoveram incremento no acúmulo de fitomassa seca de raízes. A mamoneira cv. BRS Energia respondeu à interação entre os fatores apenas para fitomassa seca de caule.

Key words:

Ricinus communis L.
salinity
nitrogen

Growth and production aspects of castor bean irrigated with saline water and nitrogen fertilization

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the growth and yield of castor bean cv. BRS Energia cultivated under irrigation with water of different salinity levels and fertilized with nitrogen doses in an experiment conducted in drainage lysimeters under field conditions at CCTA/UFCG. The statistical design was in a randomized block design, in 5 x 4 factorial arrangement with three replications. The treatments consisted of five levels of electrical conductivity of the water - ECw (0.3, 1.2, 2.1, 3.0 and 3.9 dS m⁻¹) and four levels of N (70, 100, 130 and 160 mg N kg⁻¹). Irrigation with saline water reduced the growth and yield of castor bean, the observed decrease was in plant height, stem diameter, leaf area, dry weight of leaves and roots, total and viable seed mass. Leaf area being the variable most affected. The application of increasing doses of N increased leaf area and dry weight of leaves. N rates up to 131 mg N kg⁻¹ promoted increase in accumulation of dry matter of roots. Castor bean cv. BRS Energia responded to the interaction between the factors only for the dry weight of stem.

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste do Brasil possui recursos hídricos superficiais escassos e mal-distribuídos a nível espacial e temporal além de apresentar irregularidade das precipitações; assim, a exploração agrícola e de forma sustentável de modo que as culturas expressem geneticamente seu potencial produtivo, a adoção de tecnologias como a irrigação é fundamental (Oliveira et al., 2010).

Aliada a este condicionante climático a qualidade da água para irrigação nesta região apresenta grande variabilidade, tanto em termos geográficos (espacial) como ao longo do ano

(sazonal), sendo comum a ocorrência de fontes de água com elevada concentração de sais (Bezerra et al., 2010). As altas concentrações de sais encontrada na água de irrigação é fator de estresse para as plantas de vez que reduz o potencial osmótico da solução do solo e as plantas tendem a dispendar mais energia para absorver água (Ashraf & Harris, 2004).

Desta forma, para a utilização de água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional através de alternativas economicamente viáveis desde que a cultura tenha produtividade satisfatória; assim, o mecanismo mais importante para regular o estresse osmótico talvez seja a absorção seletiva

de íons visto que plantas tolerantes têm capacidade de retirar nutrientes essenciais da solução salina em que a concentração de íons não essenciais é maior (Fageria, 1989).

Neste sentido, o suprimento nutricional através do manejo da adubação é de suma importância e dentre os macronutrientes exigidos pelas plantas o nitrogênio é o mais importante (Miller & Cramer, 2004) devido, às suas funções nas plantas, por fazer parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, pigmentos e vários hormônios vegetais. Além disto, estudos têm demonstrado que o acúmulo deste soluto orgânico eleva a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade (Silva et al., 2008b).

Com o advento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel instituído pelo Governo Federal nos últimos anos, a expansão do cultivo de plantas oleaginosas tem sido incentivada em diversas regiões do país visando à produção do biodiesel contribuindo, desta maneira, para a melhoria da qualidade do meio ambiente, pela redução do índice de poluição do ar e pela diminuição da dependência pelo petróleo (Santos et al., 2011).

Devido às condições edafoclimáticas encontradas no Nordeste brasileiro a mamoneira é indicada para a produção de biodiesel pois, além de sua adaptabilidade a essas condições, apresenta elevado potencial na geração de empregos e fixação do homem no campo, o que diminui o êxodo rural (Oliveira et al., 2009).

Desta forma objetivou-se, com este trabalho, avaliar o crescimento e a produção da mamoneira sob irrigação com diferentes níveis salinos e adubação nitrogenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado entre setembro de 2011 e janeiro de 2012 em lisímetros de drenagem sob condições de campo em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Pombal, PB, situada a 6° 48' 16" S, 37° 49' 15" W e altitude média de 144 m.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, com os tratamentos constituídos a partir da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,3; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m⁻¹) associados a quatro doses de nitrogênio - DN (70; 100; 130 e 160 mg N kg⁻¹ de solo. As doses foram baseadas levando em consideração de recomendação de Novais et al. (1991).

As águas com distintos níveis de salinidade a serem usadas na irrigação foram preparadas mediante a dissolução do

NaCl em água proveniente do sistema de abastecimento local (CAGEPA) cuja quantidade (C) foi determinada com base na equação proposta por Rhoades et al. (2000), sendo C (mg L⁻¹) = 640 x CEa (dS m⁻¹) em que a CEa representa o valor pré-estabelecido da condutividade elétrica da água. As águas foram acondicionadas em toneis plásticos de 200 L de capacidade.

A cultivar de mamoneira BRS Energia foi utilizada por se tratar de material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade (ciclo de 130 dias), porte baixo (média de 106 cm), frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade média de 1.800 kg ha⁻¹ (Silva et al., 2009).

O experimento foi instalado em lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade, preenchidos com 2 kg de brita (n° zero) a qual cobria a base do vaso, seguida de 107,5 kg de material de solo, classificado como franco-argila-arenoso, não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 1), foram obtidas conforme metodologias descritas por Claessen (1997). Os lisímetros possuíam dois furos na base para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos se encontravam garrafas de plástico para acompanhamento do volume de água drenado e estimativa do consumo de água pela planta.

A adubação de plantio foi realizada manualmente aplicando-se, por lisímetro, 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2,5 kg de vermicomposto (6,3 g de N kg⁻¹; 1,28 g de P kg⁻¹ e 0,53 g de K kg⁻¹) visando contribuir para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e a infiltração da água. Após acondicionado nos lisímetros o material do solo foi colocado em capacidade de campo através do método de saturação por capilaridade, seguido por drenagem livre usando-se as distintas águas, conforme tratamentos.

Foram semeados, em 28 de setembro de 2011, dez sementes por vaso a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas se iniciou no sexto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo terceiro dia; aos 22 DAS realizou-se o primeiro desbaste deixando-se apenas três plântulas por vaso, as de melhor vigor; aos 30 e 40 DAS foram realizados novos desbastes eliminando-se, em cada recipiente, uma planta.

O tratamento de adubação nitrogenada foi parcelado sendo 1/3 da dose recomendada aplicada em fundação e os outros 2/3 divididos em 4 aplicações iguais, aplicadas via fertigação em intervalos de dez dias a partir de 25 DAS, sendo aplicados por vaso no tratamento N2 33,34 g de fosfato monoamônio (MAP) mais 8,88 g de ureia. A quantidade de adubo aplicado nos demais tratamentos foi calculada considerando-se, como

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Densidade (kg dm ⁻³)	Porosidade total (%)	Umidade (%)		Água disponível (%)	Complexo sortivo					
		0,33 atm	15,0 atm		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	pH _{ps}	CE _{es} (dS m ⁻¹)
1,34	48,26	18,01	9,45	8,56	3,95	3,70	0,37	0,43	5,01	0,09

Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; pH_{ps} - pH da pasta saturada; CE_{es} - condutividade elétrica do extrato de saturação

dose equivalente, a N₂ (100%). Realizaram-se, ainda, após o início da emissão das flores, duas adubações foliares aos 29 e 37 DAS, usando Albatroz (N - 10%, P₂O₅ - 52%, K₂O - 10%, Ca - 0,1%, Zn - 0,02%, B - 0,02%, Fe - 0,15%, Mn - 0,1%, Cu - 0,02% e Mo - 0,005%) na proporção de 1 g do adubo para 1 L de água sendo aplicados 5 L em cada aplicação distribuídos nas plantas, com auxílio de um pulverizador costal.

Após o semeio o solo foi mantido em capacidade de campo com irrigações diárias sendo a lâmina aplicada mensurada através do balanço hídrico na zona radicular, observando-se o volume aplicado subtraído pelo volume drenado na irrigação anterior obtendo-se, então, o volume consumido e acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10.

Avaliaram-se os efeitos dos tratamentos sobre a cultura aos 80 DAS mediante a determinação da altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF); aos 120 DAS foram mensurados fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e raízes (FSR), e da massa de sementes total (MST) e massa de sementes viáveis total (MSVT). AP foi definida medindo-se a distância entre o colo da planta e a inserção do meristema apical; o DC foi determinado a 5 cm do colo das plantas e a AF foi obtida de acordo com a metodologia descrita por Severino et al. (2005) conforme Eq. 1:

$$S = \sum 0,26622 \times P^{2,4248} \quad (1)$$

em que:

- S - área foliar total, cm²
- P - medida do comprimento da nervura principal da folha, cm

Para avaliação da fitomassa seca as plantas foram separadas em folhas, caule e raízes e em seguida acondicionadas em saco de papel; posteriormente, foram postas para secar em estufa com ventilação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, até a obtenção de peso constante.

A colheita dos racemos foi realizada manualmente e teve início aos 71 DAS prolongando-se até os 120 DAS, quando aproximadamente 90% dos frutos de cada racemo atingiram a maturação fisiológica tendo sido completada a secagem por exposição ao sol. Após a secagem os frutos foram debulhados manualmente e em seguida se mensurou a MST tal como, também a MSVT. Consideraram-se massa de sementes viáveis as sementes que, visualmente, não apresentavam aspectos de má-formação nos tecidos (chochas) tal como aquelas isentas de danos decorrentes do beneficiamento.

Os resultados obtidos foram avaliados mediante a análise de variância pelo teste F e, nos casos de significância, realizaram-se as análises de regressão polinomial linear e quadrática, pelo software SISVAR-ESAL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 2) observa-se influência significativa dos níveis de salinidade da água de irrigação (S) em todas as variáveis estudadas. Quanto ao

Tabela 2. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF), fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC), de raízes (FSR), massa de sementes total (MST) e massa de sementes viáveis totais (MSVT) da mamoneira sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio

Fonte de variação	Teste F							
	AP	DC	AF	FSF ¹	FSC ¹	FSR ¹	MST	MSVT
Níveis salino (S)	*	**	**	*	**	**	**	**
Reg. Linear	*	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns
Doses de nitrogênio (DN)	ns	ns	*	*	*	*	ns	ns
Reg. Linear	-	-	**	*	*	*	-	-
Reg. Quadrática	-	-	ns	ns	ns	*	-	-
Interação (S x DN)	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14,07	9,08	29,35	13,93	10,94	16,12	19,79	20,99

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a p < 0,01 e p < 0,05; ¹análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{x}

fator doses de nitrogênio (DN) verificou-se efeito significativo para área foliar, fitomassa seca de folhas, de caule e raízes; já a interação entre os fatores S x DN, exceto para FSC, não exerceu efeito significativo em nenhuma variável analisada.

A altura de planta da mamoneira foi afetada de forma negativa pelos níveis salinos da água utilizada na irrigação, sendo a equação de regressão ajustada linearmente (Figura 1A) apresentando decréscimos na AP de 2,83 cm por incremento unitário da CEa. Ao confrontar os dados obtidos nas plantas submetidas a irrigação com água de maior nível salino (3,9 dS m⁻¹) com aquelas cultivadas sob a menor salinidade da água (0,3 dS m⁻¹) verifica-se redução na AP de 17,32% (10,18 cm). A redução da AP é consequência do efeito osmótico dos sais dissolvidos que reduzem o potencial osmótico da solução do solo e inibem a condução da água às células, caracterizando o estresse hídrico além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional, ou ambos, em função da acumulação excessiva de determinados íons nos tecidos vegetais (Flowers, 2004). Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Santos et al. (2013) constataram, avaliando o crescimento da mamoneira BRS Energia em função da salinidade da água de irrigação (CEa: 0,12 a 4,8 dS m⁻¹) em condições de campo, aos 80 DAS, redução na AP de 6,27% por incremento unitário da CEa.

Da mesma maneira como observado para altura de planta, o diâmetro caulinar da mamoneira também decresceu linearmente a medida que aumentou os níveis de salinidade da água de irrigação e a partir da equação de regressão (Figura 1B), nota-se que houve diminuição no DC de 5,40% por incremento unitário da CEa, resultando em redução de 4,49 mm (19,45%) no DC das plantas irrigadas com água de 3,9 dS m⁻¹, em comparação com as plantas que estavam sob CEa de 0,3 dS m⁻¹. Os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas estão associados à sua interferência nos processos de assimilação líquida de CO₂, de translocação de carboidratos para tecidos drenos e no desvio de fontes de energia para outros processos, tais como: ajustamento osmótico,

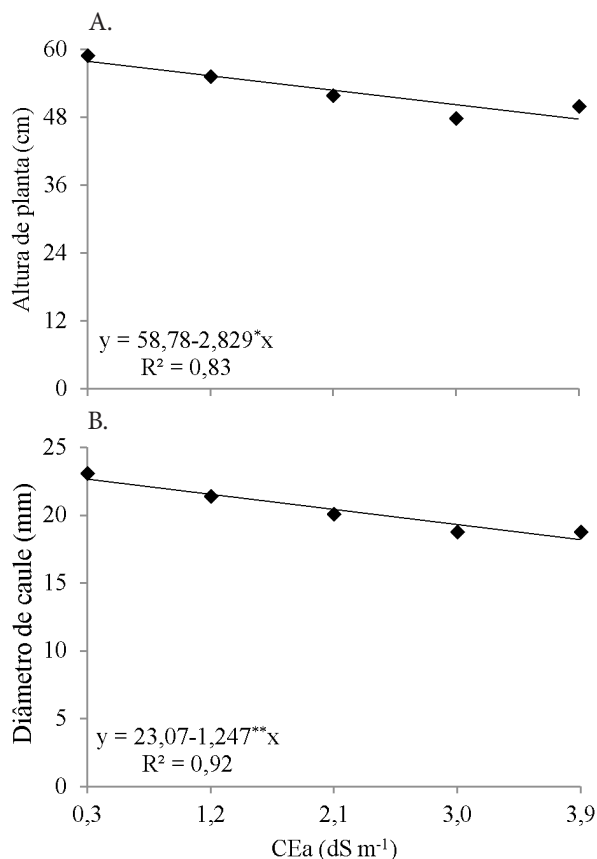


Figura 1. Altura de planta (A) e diâmetro caulinar (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa

síntese de solutos compatíveis, reparo de danos causados pela salinidade e manutenção dos processos metabólicos básicos (Paranychianakis & Chartzoulakis, 2005).

Acompanhando a mesma tendência observada para AP e DC, conclui-se que a AF também se ajustou ao modelo de regressão linear decrescente (Figura 2A), havendo declínio de 963,3 cm² na AF para cada aumento unitário da CEa correspondendo a uma redução de 3467 cm² na AF das plantas que receberam água com CEa de 3,9 dS m⁻¹ em relação às que foram irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. A redução da área foliar das plantas cultivadas sob salinidade é um mecanismo adaptativo importante visto que, em tais condições, ocorre redução na transpiração e, em contrapartida, diminuição no transporte de íons de Na⁺ e Cl⁻ no xilema e manutenção de elevado potencial hídrico na planta (Tester & Davenport, 2003). Diminuição na AF em condições de estresse salino também foi observada por Soares et al. (2012) ao submeter a cv. BRS Energia a irrigação com níveis crescentes de salinidade (CEa: 0,4 a 4,4 dS m⁻¹) constataram, aos 88 DAS, redução na AF de 11,76% por incremento unitário da CEa.

Com relação ao efeito das doses de N sobre a área foliar verifica-se, através da equação de regressão (Figura 2B) que a AF teve aumento linear em função do aumento das doses de N aplicadas com acréscimos de 34,29% para cada incremento de 30 mg N kg⁻¹ da dose de N. Constata-se ainda, a partir do estudo de regressão (Figura 2B) que as plantas adubadas com doses de

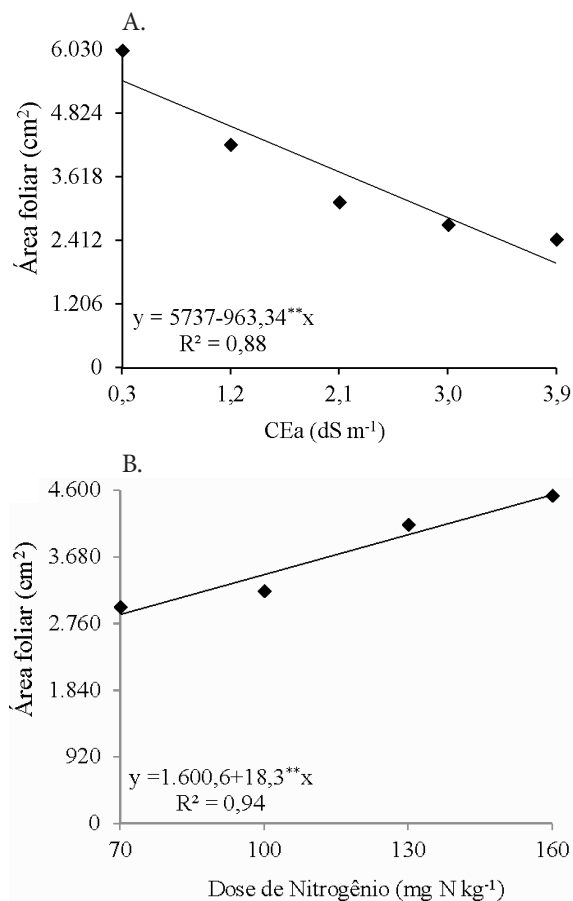


Figura 2. Área foliar da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação- CEa (A) e das doses de adubação nitrogenada- DN (B)

160 mg N kg⁻¹ de N apresentaram aumento de 1647 cm² na AF em relação às que receberam 70 mg N kg⁻¹ da indicação de N. O efeito positivo do N sobre a AF pode ser atribuído às funções desempenhadas por este nutriente no metabolismo vegetal uma vez que participam, como constituintes da molécula de clorofila, ácidos nucleicos e proteínas, sendo ainda ativadores de muitas enzimas. Além do mais, participa da realização de processos vitais na planta como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta, 2006). Diferente dos resultados obtidos no presente estudo, Alves et al. (2012) observaram, avaliando o crescimento inicial da mamoneira em função da aplicação de doses crescentes de N (50 a 150% de N) aos 40 DAS, não haver efeito significativo sobre a AF da mamoneira cv. BRS Energia. É provável que essa divergência de resposta esteja relacionada à quantidade de N aplicada uma vez que, no trabalho desenvolvido por Alves et al. (2012) aos 40 DAS havia sido aplicada apenas uma parte da recomendação, conforme Novais et al. (1991) ao contrário do presente estudo que, aos 80 DAS, já havia sido atendida toda a necessidade de N conforme indicação. Além disto, Alves et al. (2012) desenvolveram o experimento em condições de casa de vegetação e a presente pesquisa foi conduzida em condições de campo.

A fitomassa seca de folhas da mamoneira foi significativamente influenciada pelo aumento dos níveis salinos da água

de irrigação e, conforme a equação de regressão (Figura 3A) observa-se haver resposta quadrática sendo estimada a produção máxima de FSF (24,31 g) ao irrigar as plantas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, apresentando, a partir deste nível de CE, a tendência de decréscimo da FSF sendo obtida nas plantas com o maior nível salino, redução de 9,99 g (58,91%) na FSF quando comparado com as plantas sob CEa 0,3 dS m⁻¹. A redução da FSF é consequência da redução da taxa fotossintética e do desvio de energia destinados ao crescimento para a ativação e manutenção de atividade metabólica associada à adaptação a salinidade como a manutenção da integridade das membranas, síntese de solutos orgânicos para a osmorregulação e/ou proteção de macromoléculas e a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células (Munns et al., 2002).

Ao analisar a FSF em função da aplicação das doses de nitrogênio constatou-se que o modelo de regressão ao qual os dados melhor se ajustaram, foi o linear (Figura 3B), sendo estimados acréscimos na FSF de 17,11% para cada aumento de 30 mg N kg⁻¹ das doses de N aplicadas, ou seja, incremento de 20,3 g (51,33%) na FSF ao se comparar os resultados obtidos nas plantas que foram adubadas com 160 mg N kg⁻¹ de N em relação às que receberam 70 mg N kg⁻¹ da indicação de N. Este aumento da FSF em decorrência do aumento das doses de N está relacionado provavelmente, ao aumento da capacidade

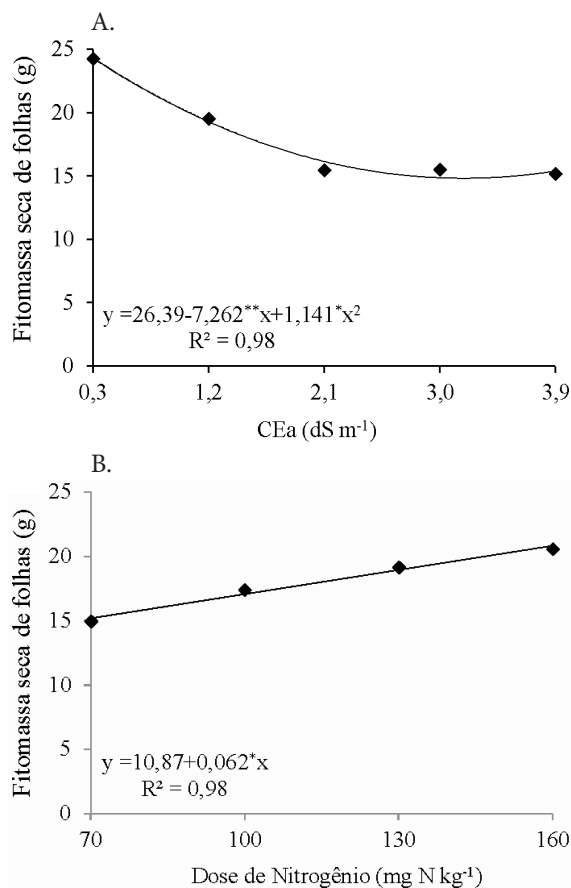


Figura 3. Fitomassa seca de folhas da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e de doses de adubação nitrogenada (B)

fotossintética das plantas de vez que este nutriente faz parte dos principais componentes do aparato fotossintético tais como clorofilas, carboxilase/oxigenase da ribulose 1,5 bisfosfato (Rubisco) e carboxilase do fosfoenolpiruvato estimulando as taxas de iniciação e de expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência foliar (Correia et al., 2005).

A interação entre os fatores (CEa e DN) proporcionou redução expressiva na fitomassa seca do caule de plantas de mamoneira e, segundo as equações de regressão (Figura 4) nota-se que as plantas, quando submetidas à adubação com doses de 70; 100; 130 e 160 mg N kg⁻¹ de N apresentaram comportamento linear decrescente observando-se diminuição na FSC de 13,33; 18,84; 16,36 e 13,36% por incremento unitário da CEa, correspondente à redução em cerca de 48,00; 67,83; 58,91 e 48,11% na FSC das plantas irrigadas com água de 3,9 dS m⁻¹ em relação às se encontravam sob CEa de 0,3 dS m⁻¹. Observa-se ainda (Figura 4) que, apesar de ter ocorrido decréscimos na FSC em virtude do incremento da CEa, sempre que se aumentou a dosagem de N ocorreu um incremento no acúmulo de FSC. A redução na produção de matéria seca nessa cultura está associada, sem dúvida, aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais decorrentes do acúmulo de sais na zona radicular da planta. Corroborando com os resultados obtidos Oliveira et al. (2006) constataram, estudando o efeito da irrigação com água de diferentes níveis salinos e doses de adubação orgânica sobre o crescimento inicial da mamoneira, decréscimos tanto da fitomassa seca de raiz como da parte aérea.

Semelhante ao observado para a FSF e FSC, a fitomassa seca de raízes também foi significativamente afetada pelo aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação observando-se, a partir da equação de regressão (Figura 5A) comportamento quadrático, sendo obtido o acúmulo máximo (48,25 g) de FSR nas plantas que receberam água de 0,3 dS m⁻¹. Ao confrontar os dados obtidos nas plantas que foram submetidas a CEa de 3,9 dS m⁻¹ em relação às que estavam sob CEa de 0,3 dS m⁻¹, constatam-se decréscimos relativos de 20 g na FSR. A redução na FSR da mamoneira, verificada com o aumento da CEa, ocorreu em virtude, possivelmente, do efeito osmótico dos sais em

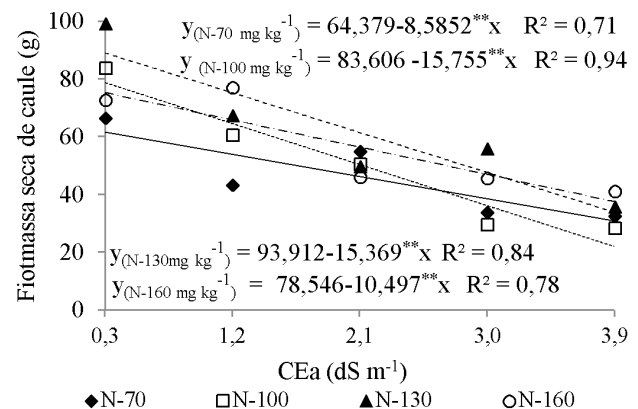


Figura 4. Fitomassa seca de caule da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e doses de adubação nitrogenada - DN aos 120 dias após a semeadura

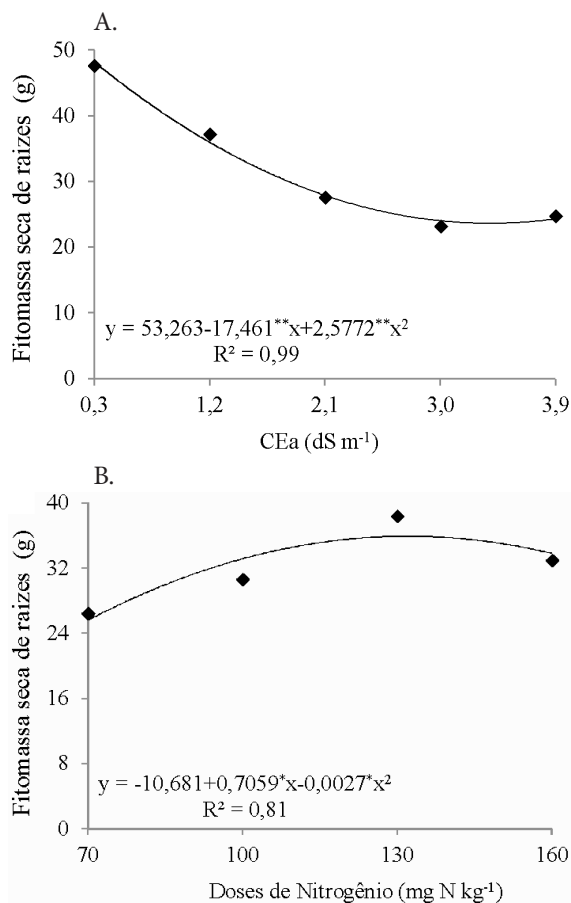


Figura 5. Fitomassa seca de raízes da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e das doses de adubação nitrogenada - DN (B) aos 120 dias após semeadura

torno das raízes e do provável acúmulo de íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) nos tecidos foliares; como consequência, a planta passou a exercer um controle maior na abertura dos estômatos para evitar a excessiva perda de água por transpiração. Entretanto, o fechamento dos estômatos diminuiu a difusão do CO_2 para dentro das células com consequente redução na taxa de fotossíntese e crescimento da planta (Souza et al., 2011).

Para o fator doses de N o modelo de regressão no qual os dados obtiveram o melhor ajuste em termos de FSR foi o quadrático (Figura 5B) constatando-se, após análise, que na equação de regressão o fornecimento de N até a dose de 131 mg N kg^{-1} proporcionou o máximo acúmulo de FSR das plantas (35,45 g) enquanto o menor valor para esta variável (25,50 g) foi encontrado para as plantas que receberam doses de 70 mg N kg^{-1} de N. O fato do acúmulo de matéria seca das raízes haver sido influenciado positivamente em função do incremento das doses de nitrogênio, pode estar associado às funções do N no metabolismo das plantas, visto que este macronutriente participa da biossíntese de compostos orgânicos importantes.

O aumento dos níveis de CEa prejudicou a produção da mamoneira expressa pela diminuição linear na massa de sementes total sendo observada, conforme a equação de regressão (Figura 6A) redução de 21,66 g para cada aumento unitário da CEa, ou seja, quando se utilizou, na irrigação, água

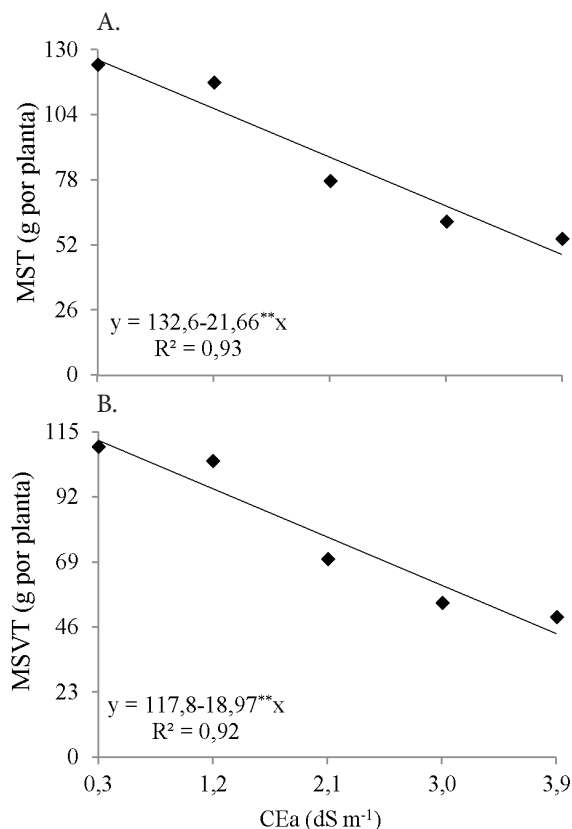


Figura 6. Massa de sementes total - MST (A) e massa de sementes viáveis totais - MSVT (B) da mamoneira em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa

com CEa de 3,9 dS m^{-1} , ocorreu um declínio na M SemT de 77,97 g (58,80%) em referência às plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m^{-1} . A redução na MST reflete o efeito negativo tanto do componente osmótico como iônico, ambos indissociáveis no estresse salino. Outrossim, o aumento da concentração de sais solúveis reduziu o potencial hídrico da solução do solo inibindo, desta forma, a absorção de água pelas plantas e a capacidade fotossintética em razão de diversos fatores, tais como: desidratação das membranas celulares, toxicidade por sais, redução do suprimento de CO_2 e, consequentemente, contribui para a redução da produção das plantas (Willadino & Câmara, 2004).

Com base na equação de regressão referente à massa de sementes viáveis total (Figura 6B) observa-se efeito linear com decréscimos estimados na ordem de 16,10% por aumento unitário da CEa, ou seja, as plantas submetidas a estresse salino com água de 3,9 dS m^{-1} tiveram a MSVT reduzida em 68,29 g (57,97%) em comparação com as plantas irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1} . O declínio sobre a MSVT da mamoneira sob salinidade também pode ser atribuído ao estresse osmótico provocado pela redução do potencial hídrico externo e ao efeito iônico, causado pelo acúmulo de íons nos tecidos vegetais (Munns & Tester, 2008). Silva et al. (2008a) também contataram, em pesquisa avaliando o comportamento de cultivares de mamoneira (BRS Paraguaçu e BRS Energia), irrigadas com água de diferentes CEa (0,7 a 6,7 dS m^{-1}) diminuição na massa de

sementes sendo a cv. BRS Energia mais afetada com o aumento da salinidade da água que a BRS Paraguaçu.

CONCLUSÕES

1. A irrigação com águas salinas reduz o crescimento e a produção da mamoneira, observados pela diminuição na altura de planta, diâmetro caulinar, área foliar, fitomassa seca de folhas e de raízes, massa de sementes total e massa de sementes viáveis totais, sendo a área foliar e a massa de sementes as variáveis mais prejudicadas.

2. A adubação nitrogenada proporciona aumento na área foliar e fitomassa seca de folhas.

3. Dose de N de até 131 mg N kg⁻¹ promove maior acúmulo de fitomassa seca de raízes.

4. A mamoneira cv. BRS Energia responde à interação entre os fatores apenas para a fitomassa seca de caule.

LITERATURA CITADA

- Alves, A. N.; Gheyi, H. R.; Uyeda, C. A.; Soares, F. A. L.; Nobre, R. G.; Cardoso, J. A. F. Uso de águas salinas e adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira BRS-Energia. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.6, p.151-163, 2012.
- Ashraf, M.; Harris, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v.166, p.3-16, 2004.
- Bezerra, A. K. P.; Lacerda, C. F. de; Hernandez, F. F. F.; Silva, F. B. da; Gheyi, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. *Revista Ciência Rural*, v.40, p.1075-1082, 2010.
- Claessen, M. E. C. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p. Documentos, 1.
- Correia, C. M.; Pereira, J. M. M.; Coutinho, J. F.; Bjorn, L. O., Torres-Pereira, J. M. G. Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: A Mediterranean field study. *European Journal of Agronomy*, v.22, p.337-347, 2005.
- Fageria, N. K. *Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas*. Brasília: EMBRAPA- DPU, 1989. 425p. Documentos, 18
- Flowers, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.307-319, 2004.
- Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 2006. 631p.
- Miller, A. J.; Cramer, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant and Soil*, v.274, p.3-6, 2004.
- Munns, R.; Husain, S.; Rivelli, A. R.; Richard, A. J.; Condon, A. G.; Megan, P. L.; Evans, S. L.; Schachtman, D. P.; Hare, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, v.247, p.93-105, 2002.
- Munns, R.; Tester, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D. de; Lourenço, S. (coord.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa SEA, 1991. p.189-253.
- Oliveira, F. A. de; Oliveira, F. R. A. de; Campos, M. de S.; Oliveira, M. K. T. de; Medeiros, J. F. de; Silva, O. M. dos P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, p.479-484, 2010.
- Oliveira, I. A.; Lima, J. R. S.; Silva, I. F.; Antonino, A. C. D.; Gouveia Neto, G. C.; Lira, C. A. B. O. Balanço de energia em mamona cultivada em condições de sequeiro no Brejo Paraibano. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.185-191, 2009.
- Oliveira, M. K. T.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Lima, C. J. G. S.; Guimarães, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Ricinus communis* L.). *Revista Verde de Agroecologia e Agricultura Sustentável*, v.1, p.68-74, 2006.
- Paranychianakis, N. V.; Chartzoulakis, K. S. Irrigation of mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.106, p.171-187, 2005.
- Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A.M. *Uso de águas salinas para produção agrícola*. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48.
- Santos, J. B. dos; Santos, D. B. dos; Azevedo, C. A. V. de; Rebequi, A. M.; Cavalcante, L. F.; Cavalcante, I. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.145-152, 2013.
- Santos, V. M.; Castro, H. G.; Cardoso, D. P.; Lima, S. O.; Leal, T. C. A. B.; Santos, G. R. Avaliação do crescimento e da produtividade da mamoneira BRS 149, Nordeste em dois níveis tecnológicos. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.2, p.58-66, 2011.
- Severino, L. S.; Vale, L. S.; Cardoso, G. D.; Beltrão, N. E. de M.; Santos, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2005. 20p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 55.
- Silva, S. M. S.; Alves, A. N.; Gheyi, H. R.; Beltrão, N. E. M.; Severino, L. S.; Soares, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.335-342, 2008a.
- Silva, S. M. S.; Gheyi, H. R.; Beltrão, N. E. de M.; Santos, J. W. dos; Soares, F. A. L. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.338-348, 2009.
- Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, F. P.; Melo, N. F.; Azevedo Neto, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.63, p.147-157, 2008b.
- Soares, L. A. A.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Silva, A. O.; Soares, S. S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. *Revista Irriga, Edição especial*, p.40-54, 2012.

- Souza, R. P.; Machado, E. C.; Silveira, J. A. G.; Ribeiro, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.587-592, 2011.
- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.
- Ultraviolet-Bradiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study. *European Journal of Agronomy*, v.22, p.337-347, 2005.
- Willadino, L.; Cámara, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: Reigosa, M. J.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (ed.). *La ecofisiología vegetal - Una ciencia de síntesis*. Madrid: Thompson, 2004. p.303-330.