

INFLUÊNCIA DO ESTRESSE SALINO E DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CRESCIMENTO DA MAMONEIRA cv. BRS ENERGIA

Geovani Soares de Lima

Graduando em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq. CCTA/UAGRA/UFMG-58840-000 Pombal-PB, Brasil, E-mail:
geovanisoareslima@gmail.com

Lauriane Almeida dos Anjos Soares,

Graduanda em Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq. CCTA/UAGRA/UFMG - 58840-000 Pombal-PB, Brasil, E-mail:
laurispo@hotmail.com

Reginaldo Gomes Nobre

Eng. Agr. DSc., Professor Adjunto I do CCTA/UAGRA/UFMG - 58.840-000 Pombal-PB, Brasil, E-mail: rgomesnobre@pq.cnpq.br

Hans Raj Gheyi,

Eng. Agr. DSc. Professor visitante nacional sênior (CAPES), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas-BA, Brasil, E-mail: hans@pq.cnpq.br

Saulo Soares da Silva,

Graduando em Agronomia, CCTA/UAGRA/UFMG-58840-000 Pombal-PB, Brasil,
E-mail: saulo20@hotmail.com

Resumo – Considerando as potencialidades de uso da mamoneira (*Ricinus communis* L.) como oleaginosa fonte potencial para obtenção de energia renovável, objetivou-se, com esta pesquisa avaliar a influência da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada, sobre o crescimento da mamoneira cv. BRS Energia, em experimento conduzido em vasos sob condições de campo no CCTA/UFMG, entre os meses de outubro de 2010 e fevereiro de 2011. Adotou-se o delineamento em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 5 x 5, testando 5 níveis de salinidade da água de irrigação (0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹) e 5 doses de adubação nitrogenada (50, 75, 100, 125 e 150% da dose indicada para ensaio em vaso) com três repetições. A taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta e do diâmetro do caule, a área foliar e a fitomassa seca da parte aérea da mamoneira, são afetados linear e negativamente pela salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹. A adubação nitrogenada proporcionou aumento da taxa de crescimento absoluto e relativo de altura das plantas. A fitomassa seca da parte aérea da mamoneira é a variável de crescimento mais sensível ao estresse salino.

Palavras chaves: mamona, condutividade elétrica, biocombustíveis

INFLUENCE OF THE SALINE STRESS AND OF THE MANURING NITROGENOUS IN THE GROWTH OF THE CASTOR BEAN cv. BRS ENERGY

Abstract- Considering the potentialities of use of the culture of the castor bean (*Ricinus communis* L.) as an oleaginous potential source for obtaining of renewable energy, was aimed at, with this research to evaluate the influence of the irrigation with water of different salinities and doses of nitrogenous manuring, on the growth of the castor bean cv. BRS Energy, in experiment driven in vases under field conditions in CCTA/UFMG, between the months of October of 2010 and February of 2011. The delineation was adopted in blocks entirely casualizados in factorial outline 5 x 5, testing 5 levels of salinity of the irrigation water (0,4; 1,4; 2,4; 3,4; 4,4 dS m⁻¹) and 5 doses of nitrogenous manuring (50, 75, 100, 125 and 150% of the suitable dose for rehearsal in vase) with three repetitions. The tax of absolute and relative growth of the plant height and of the diameter of the stem, the area to foliate and the biomass dries of the aerial part of the castor bean, they are affected lineal and negatively for the salinity of the irrigation water starting from 0,4 dS m⁻¹. The nitrogenous manuring provided increase of the tax of absolute and relative growth of height of the plants. The biomass dries of the aerial part of the castor bean is the variable of more sensitive growth to the saline stress.

Key-words: castor bean, electric conductivity, biofuels

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma espécie xerófila considerada de alto valor industrial, haja vista que o óleo extraído de suas sementes é matéria-prima para várias indústrias, com destaque para a produção de biodiesel. Seu óleo é um dos melhores pelas características como maior densidade, solubilidade em álcool, cerca de 5% de oxigênio a mais na molécula, e usos na química fina em mais de 700 produtos (BELTRÃO et al., 2003).

Com a crise mundial de energia, a procura por fontes alternativas e limpas de energia, nos últimos anos, tem priorizado as fontes renováveis que não causem impacto negativo ao meio ambiente, entre estas, cita-se a mamoneira, pela possibilidade do uso de seu óleo como biodiesel (CAVALCANTI et al., 2005). O uso do óleo da mamona como matéria-prima na produção de biodiesel exigirá demanda por melhores tecnologias de produção desta cultura no Nordeste (irrigação, adubação), de modo a possibilitar a utilização de todo o seu potencial (MARINHO et al., 2010).

A escassez de recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas envolvem aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente no que diz respeito à presença de sais nestes recursos, causando restrições de uso para o consumo humano, animal e irrigação (MEDEIROS et al., 2003).

Conforme Rhoades et al. (2000), o uso da irrigação contribui significativamente para o aumento da produção agrícola e incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado, em função de seus regimes pluviométricos. Entretanto, a irrigação tem gerado vários problemas ao meio ambiente, principalmente a salinização do solo, em regiões semiáridas, em virtude de suas fontes hídricas possuírem, normalmente, elevados teores de sais.

A salinidade inibe o crescimento das plantas em função dos efeitos osmóticos dos sais e, aos efeitos específicos dos íons. Entretanto, tais efeitos dependem de muitos outros fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (ASHRAF e HARRIS, 2004; TESTER e DAVENPORT, 2003).

A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e afetam a produção, visto que a água é constituinte dos tecidos vegetais, chegando até mesmo a constituir mais de 90% de algumas plantas; desta forma e para a utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, através de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura desenvolva a produtividade esperada (MEDEIROS et al., 2007).

O nitrogênio é um macronutriente primário essencial às plantas em razão de participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes

no metabolismo das plantas; sua deficiência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução no tamanho e, conseqüentemente, redução da produção econômica das sementes (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Malavolta et al. (1997) relatam que o nitrogênio influencia marcadamente a maioria dos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas, tais como fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento, etc. Santos et al. (2004) citam que a falta de nitrogênio impede o crescimento inicial por impossibilidade de incorporar carbono.

Esta alta dependência ocorre devido às funções do N no metabolismo das plantas. O N tem como principal fonte o nitrato, sendo este mais abundante do que o amônio (NH_4^+) em torno das raízes. Entretanto, a solução do solo frequentemente apresenta baixas concentrações de NO_3^- , o que limita o crescimento da planta (FLORES et al., 2002).

A mamoneira é uma planta exigente em fertilidade, apresentando drástica redução no crescimento quando submetido a condições adversas a estas (VALE et al., 2004). Segundo Chaves et al. (2011), a adubação é uma das principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas, sendo o nitrogênio, um dos responsáveis por esse incremento.

Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a influência da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada, sobre o crescimento da mamoneira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011 em vasos e sob condição de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) localizado no município de Pombal, PB, situada a 6°48'16" de latitude S, 37°49'15" de longitude W e altitude média de 144 m. Conforme classificação de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), o clima predominante na região é do tipo Aw': quente e úmido com chuvas de verão-outono e amplitude térmica inferior a 5°C.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizado com três repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo os tratamentos constituídos por diferentes níveis de condutividades elétricas da água de irrigação - CEa (0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹) e diferentes doses de adubação nitrogenada (N1 - 50%; N2 - 75%; N3 - 100%; N4 - 125% e N5 - 150% da dose indicada para ensaio em vaso conforme Novais et al. (1991)).

As águas de irrigação foram preparadas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local, cuja

quantidade (C) foi determinada com base na equação (eq. 1) de Richards (1954), sendo $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, onde a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água. As respectivas águas eram acondicionadas em tonéis plásticos de 100 L de capacidade.

Utilizaram-se sementes da mamoneira cultivar “BRS Energia”, cujas plantas segundo Embrapa Algodão (2011), possuem ciclo de 120 a 150 dias, frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produção de aproximadamente $1.800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Neste estudo, foram utilizados vasos plásticos de 100 L de capacidade, preenchidos com 2 kg de brita (nº zero)

a qual cobria a base do vaso seguida 107,8 kg de material de solo (tipo areia franca) não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do Município de Pombal, PB, cujas características físicas e químicas (Tabela 1), foram obtidas conforme metodologias recomendadas pela Embrapa (1997). Os vasos possuíam furos na base para permitir a drenagem e abaixo dos mesmos existia uma garrafa plástica para acompanhamento do volume drenado e consumo de água pela cultura.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado na pesquisa

Característica	Valor
Classificação textural	Areia Franca
Densidade aparente – kg dm^{-3}	1,31
Porosidade - %	48,22
Complexo sortivo ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	
Cálcio (Ca^{2+})	7,50
Magnésio (Mg^{2+})	5,15
Sódio (Na^+)	0,29
Potássio (K^+)	0,29
Extrato de saturação ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$)	
pH_{ps}	7,33
$\text{CE}_{\text{es}} - \text{dS m}^{-1}$	0,53
Cloro (Cl)	3,75
Carbonato (CO_3^{2-})	0,00
Bicarbonato (HCO_3^-)	2,00
Sulfato (SO_4^{2-})	0,89
Cálcio (Ca^{2+})	1,87
Magnésio (Mg^{2+})	1,25
Sódio (Na^+)	2,51
Potássio (K^+)	0,49

Para adubação de fundação foi aplicado por vaso 162,5 g de super fosfato simples, 12 g de K_2SO_4 e 2200 g de húmus de minhoca. Após o acondicionamento do material de solo nos vasos, determinou-se, conforme tratamento, o volume de água necessário para o solo atingir a capacidade de campo, através do método de saturação por capilaridade, seguida por drenagem livre e aplicando água conforme tratamentos.

O semeio foi realizado no dia 28 de outubro de 2010, semeando-se dez sementes por vaso a 2 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante. A emergência das plântulas teve início no sexto dia após o semeio (DAS) e continuou até o décimo terceiro dia. Aos 14 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas quatro plantas por vaso, as de melhor vigor. Aos 21, 35 e 46 DAS foram realizados novos desbastes onde se eliminou em cada um, uma planta por vaso.

A adubação nitrogenada foi parcelada em cinco vezes, sendo 1/3 da dose recomendada aplicada em fundação e os 2/3 restantes distribuídos em cinco vezes, aplicada via fertirrigação, sendo aplicados por vaso no tratamento N3 16,67g de Fosfato monoamônio (MAP) mais 4,44g de Uréia. A quantidade de adubo aplicado nos demais tratamentos era calculada conforme N3 (100%). Após a semeadura, fez-se irrigação diariamente, aplicando-se em cada vaso água com seus respectivos níveis de condutividade elétrica. As irrigações foram realizadas com base no balanço hídrico, acrescido de aproximadamente 10% de fração de lixiviação.

Os tratos culturais realizados durante a condução do experimento consistiram em capinas manuais feitas semanalmente, como medida preventiva para evitar a interferência com plantas daninhas, além escarificação superficial do solo. Visando o manejo preventivo de

pragas e doenças realizaram-se pulverizações com produtos comerciais recomendados para a cultura da mamoneira.

Para análise do efeito dos tratamentos sobre a cultura determinou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA) e a taxa de crescimento relativo (TCR) para altura de planta e diâmetro caulinar, obtido a partir dos dados de duas avaliações (14 e 35 DAS), mensurou-se ainda a área foliar aos 21 DAS e fitomassa seca da parte aérea aos 35 DAS. A TCAap e a TCRap foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Lacerda et al. (2009) a partir da relação entre a diferença de altura observada nos períodos t_1 e t_2 , conforme eq. 2:

Em que:

AP₁ – altura de planta no tempo t_1 (cm);

AP₂ – altura de planta no tempo t_2 (cm).

t_1 e t_2 – tempo em dias

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi estimada por meio da relação entre a taxa de crescimento absoluto relativo a altura de planta e a fitomassa da parte aérea, conforme a eq. 3:

Sendo:

TCAap – taxa de crescimento absoluto (cm dia⁻¹);

FSPA – fitomassa seca da parte aérea (g).

Na determinação da TCAdc e TCRdc referente ao diâmetro do caule, utilizou-se também as equações 2 e 3, no entanto, no local onde se tem a altura, entrava-se com os dados do diâmetro..

Para estimativa de área foliar da planta, foram tomadas medidas do comprimento da nervura principal de cada folha (cm) aos 21 DAS. Considerando apenas as folhas com no mínimo 50% de sua área fotossinteticamente ativa e comprimento mínimo de 3 cm; A área foliar foi obtida de acordo com a metodologia de Wendt (1967) conforme eq. 4: $\log[(y)=\Sigma \{-0,346\} + [2,152 \times \log(x)]$, onde 'y' é a

área foliar em cm² e 'x' é a medida do comprimento da nervura principal da folha em cm. Para avaliação da fitomassa seca da parte aérea, uma planta de cada vaso foi cortada rente ao solo, daí separou-se as distintas partes da planta (caule e folhas) e acondicionou-se em sacos de papel devidamente identificados e posteriormente conduziu-se a estufa de ventilação forçada de ar, à temperatura entre 65°C por 72 horas, após a secagem todo o material foi pesado em balança analítica e assim determinou-se a fitomassa seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F' ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica utilizando do software estatístico SISVAR-ESAL (Lavras, MG) (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme análise de variância (Tabela 2) constata-se não haver efeito significativo na interação entre os fatores (salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada) para as variáveis taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap) e referente ao diâmetro caulinar (TCAdc), taxa de crescimento relativo do diâmetro caulinar (TCRdc) no período compreendido entre 14 e 35 DAS, além de área foliar (AF) da mamoneira e FSPA, denotando comportamento semelhante das doses de N dentro da salinidade da água, sendo observado, no entanto, resposta significativa para a interação entre os fatores (S x N) para a taxa de crescimento relativo da altura de planta (TCRap). Oliveira et al. (2006) estudando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e teores de esterco bovino no crescimento inicial da mamoneira observaram não haver interação entre esses fatores.

Tabela 2 - Resultado de teste F para taxa de crescimento absoluto (TCAap) e relativo (TCRap) da altura de planta e taxa de crescimento absoluto (TCAdc) e relativo (TCRdc) do diâmetro do caule no período de 14 a 35 DAS, área foliar (AF) aos 21 DAS e fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 35 DAS da mamoneira em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio.

Fonte de Variação	Teste F					
	TCAap (cm dia ⁻¹)	TCRap (cm g ⁻¹ dia ⁻¹)	TCAdc (mm dia ⁻¹)	TCRdc (cm g ⁻¹ dia ⁻¹)	AF (cm ²)	FSPA (g)
Níveis salino (S)	**	**	**	*	**	**
Reg. Linear	**	**	**	*	**	**
Reg. Quadrática	*	*	ns	ns	*	ns
Reg. Cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Doses nitrogênio (D)	**	**	ns	ns	*	ns
Reg. Linear	ns	**	-	-	*	-
Reg. Quadrática	**	**	-	-	*	-
Reg. Cúbica	ns	ns	-	-	*	-
Interação (S x D)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	**	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	11,68	9,02	9,90	9,14	9,56	15,18

Constata-se na Tabela 2 que, os níveis crescentes salinidade da água de irrigação afetaram significativamente ($p < 0,01$) a taxa de crescimento absoluto (TCAap) das plantas de mamoneira. Vê-se, conforme equações de regressão (Figura 1A), que os dados se ajustaram melhor ao modelo linear ocorrendo redução de 3,11% da TCAap por incremento unitário da CEa, ou seja, decréscimos de 12,45% das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação as sob CEa de 0,4 dS m⁻¹. Os resultados obtidos neste estudo corroboram aos encontrados por Nery et al. (2007) em pesquisa com pinhão manso sob condições de estresse salino, onde

verificaram que a taxa de crescimento absoluto em altura foi reduzida linearmente com o incremento da CEa.

Verifica-se (Tabela 2) que as doses de nitrogênio influenciaram a taxa de crescimento absoluto de altura de plantas (TCAap) da mamona no período compreendido entre 14 e 35 DAS. Conforme equações de regressão referente à TCAap, o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o quadrático (Figura 1B), onde vê-se que a maior taxa de crescimento absoluto para altura de plantas foi obtida com a dosagem de N de 106% (1,98 cm dia⁻¹

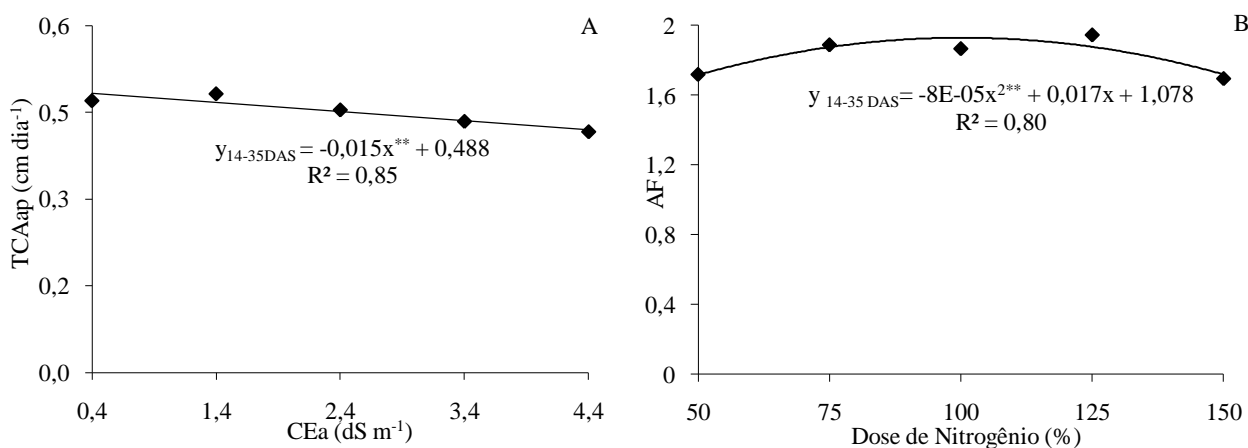


Figura 1: Taxa de crescimento absoluto da altura de plantas- TCAap em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e TCAap em função em função de diferentes doses de nitrogênio (B) no período compreendido entre 14 e 35 dias após a semeadura (DAS).

Para a taxa de crescimento relativo da altura de plantas da mamoneira (Tabela 2), notou-se efeito significativo da salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada no período de 14 à 35 DAS ao nível de 0,01%. Analisando as equações de regressão (Figura 2B) verifica-se comportamento linear, notando-se incremento de 2,60% por aumento unitário da CEa ou seja, acréscimo de 10,42% da TCRap das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação as plantas irrigadas com 0,4 dS m⁻¹.

O efeito das doses de nitrogênio sobre a TCRdc está descrito pelo modelo linear e crescente (Figura 2B). Constata-se com a equação de regressão, resposta positiva no fornecimento da adubação nitrogenada, com acréscimos na ordem de 2,07% por aumento de 25%, das doses de N estudada, ou seja, incremento de 8,28% na TCRap das plantas submetidas a 150% de N em relação as que receberam 50% de N.

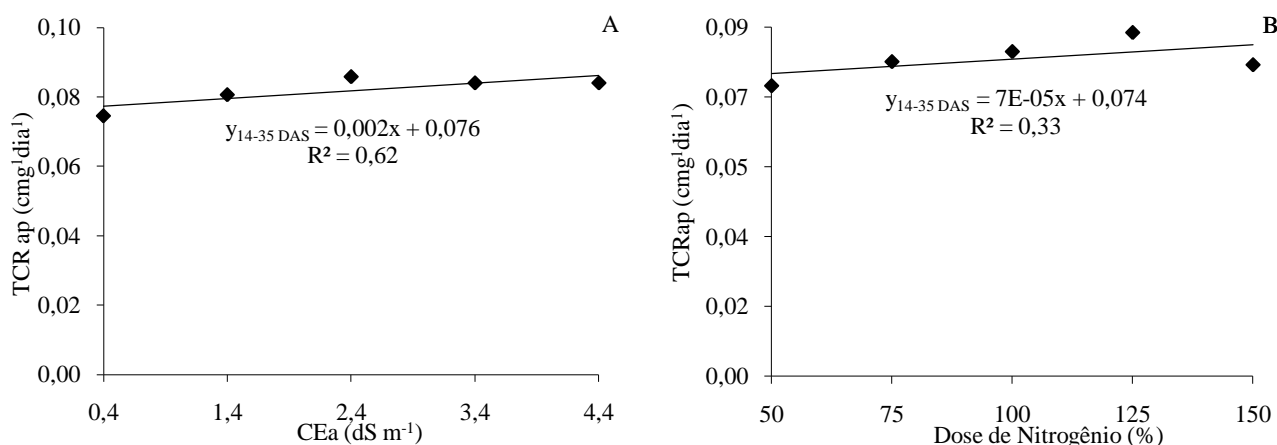


Figura 2: Taxa de crescimento relativo da altura das plantas de mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa(A), e doses de adubação nitrogenada (B) no período de 14 à 35 dias após semeadura (DAS).

Na Tabela 2 observa-se que a taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro caulinar foram significativamente influenciado ($p < 0,01$) e ($p < 0,05$) respectivamente, pela salinidade da água de irrigação no período entre 14 e 35 dias após a semeadura.

Para a variável taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar (Figura 3A) cujo comportamento foi descrito por uma equação linear, verificou-se um decréscimo de 3,11% por incremento unitário da CEa. Analisando-se a Figura 3A observa-se que, entre o nível S1 (0,4 dS m⁻¹) e S5 (4,4 dS m⁻¹) houve redução de 12,45% (0,06 mm dia⁻¹) na TCAdc. Resultados nesse sentido foram obtidos por Nery et al. (2007) em estudos com a cultura do pinhão manso sob condições de estresse salino, verificaram que a taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar do pinhão manso, foi reduzida linearmente com o incremento da salinidade da água de irrigação.

De acordo com a equação de regressão para TCRdc (Figura 3B), nota-se que, o incremento da salinidade da água de irrigação não afetou negativamente a taxa de crescimento relativo das plantas de mamoneira. Observa-se ainda na figura 3B, haver um pequeno incremento na TCRdc das plantas quando submetidas a CEa acima de 0,4 dS m⁻¹. Trabalhando com o pinhão manso sob condições de estresse salino Nery et al. (2007), não verificaram significância para a taxa de crescimento relativo em diâmetro, sob estresse salino. Conforme Ferri (1985), a taxa de crescimento relativo (TCR) da planta, é uma variável bastante utilizada para avaliação do crescimento vegetal e é dependente da quantidade de material previamente acumulado. Este parâmetro representa o aumento de matéria seca na planta por unidade de material preexistente, ao longo do tempo.

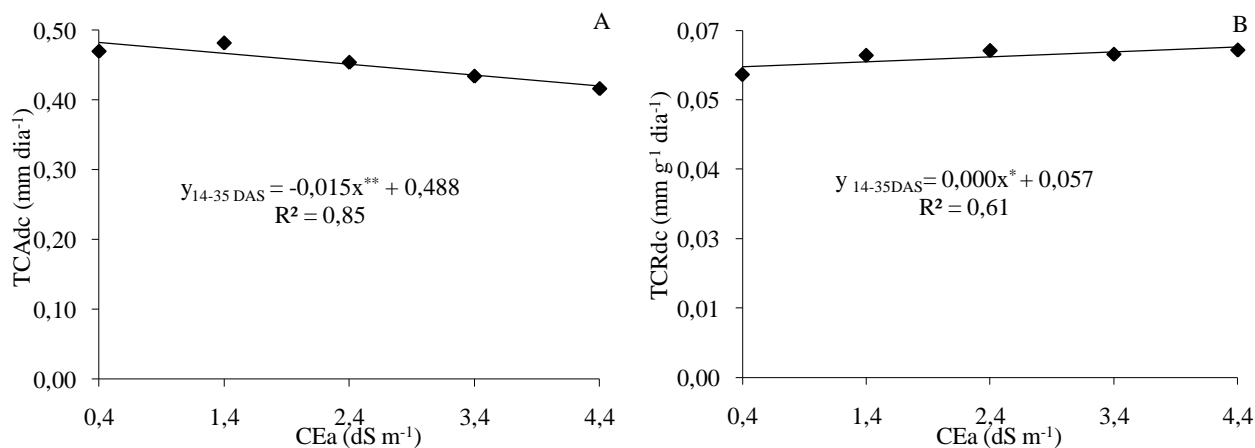


Figura 3: Taxa de crescimento absoluto (A) e relativo (B) do diâmetro caulinar da mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, no período de 14 à 35 dias após semeadura (DAS).

Constata-se com base nos resultados da análise de variância (Tabela 2), a ocorrência de efeito significativo dos níveis de salinidades da água de irrigação ($p < 0,01$) sobre a área foliar das plantas de mamoneira aos 21 DAS. Analisando-se a equação de regressão (Figura 4A) observa-se decréscimo linear de 5,07% da AF por aumento unitário da condutividade elétrica da água. Verifica-se ainda que, entre o nível S1 ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$) e S5 ($4,4 \text{ dS m}^{-1}$) houve redução da AF de 20,29% ou seja, redução de $2,86 \text{ cm}^2$. Os resultados obtidos neste estudo são condizentes com os de Cavalcanti et al. (2005) estudando o efeito de águas salinas no crescimento inicial da mamoneira BRS 149 – Nordestina (CEa variando de $0,7$ a $4,7 \text{ dS m}^{-1}$) onde observaram que, a área foliar foi afetada pela salinidade, com decréscimo de 6,55% por aumento unitário da CEa. Silva et al. (2005) também verificaram, aos 60 DAS, que a área foliar da mamoneira (CEa variando de $0,70$ a $8,70 \text{ dS m}^{-1}$) foi reduzida em mais de 11,0% por incremento unitário de CEa. Para Tester e Davenport (2003), o decréscimo da área foliar das plantas em condições salinas pode estar relacionado com um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante. Desta forma,

a redução da área foliar sob tais condições é importante para a manutenção de elevado potencial hídrico na planta, obtido através da diminuição na transpiração.

A área foliar também foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) pelas doses crescentes de adubação nitrogenada (Tabela 2). De acordo com o modelo matemático obtido para esta característica, o efeito das doses de nitrogênio foi linear e decrescente (Figura 4B). Com redução na ordem de 0,97% por incremento de 25% das doses de nitrogênio aplicada, ou seja, declínio de 3,88% ($0,50 \text{ cm}^2$) na área foliar. Conforme relatos de Larcher (2000) quando o conteúdo de NaCl no solo é alto, a absorção de nutrientes minerais é reduzida, especialmente o NO_3^- , K^+ e Ca^{2+} .

De acordo com Ribeiro et al. (2009), a área foliar é um dos mais importantes índices de crescimento das plantas, pois, retrata o tamanho do seu aparelho assimilatório, o qual está diretamente relacionado com os processos fisiológicos das plantas. A medição da área foliar da mamoneira é uma ação importante para a pesquisa com essa cultura, por tratar-se da característica que melhor expressa à adequação, ou não, das condições ambientais ao desenvolvimento da planta.

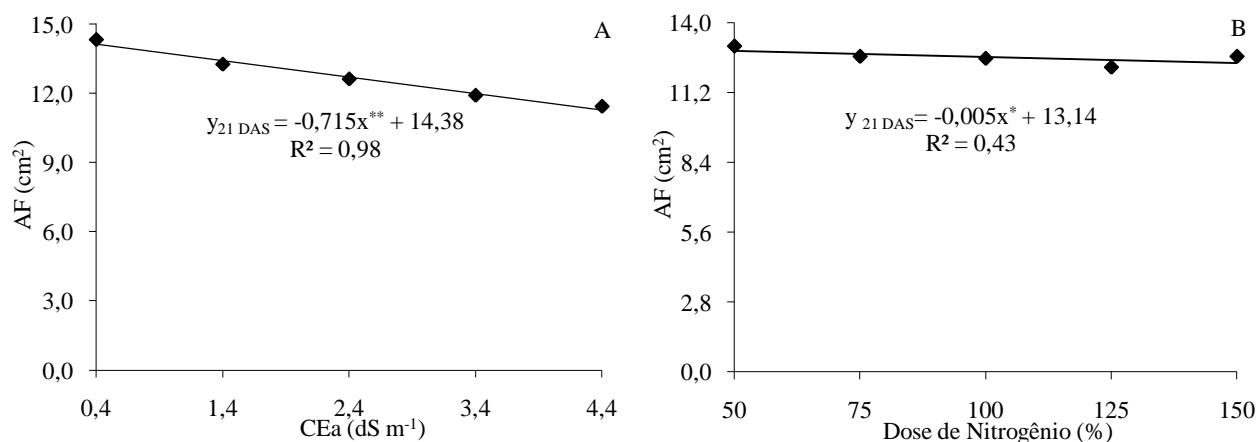


Figura 4 – Área foliar de plantas de mamona, em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e doses de nitrogênio (B) aos 21 dias após o semeio (DAS).

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou de forma significativa ($p < 0,01$) a fitomassa seca da parte aérea da mamoneira aos 35 DAS (Tabela 2). Constata-se conforme equação de regressão (Figura 5), que os dados se ajustaram melhor ao modelo linear ocorrendo decréscimo de 9,93% da FSPA por aumento unitário da CEa. Segundo estimativas originadas a partir da equação de regressão, comparando os tratamento S1($0,4 \text{ dS m}^{-1}$) em relação S5($4,4 \text{ dS m}^{-1}$) verifica-se uma redução de 39,73% ($10,86 \text{ g}$) na FSPA. Os resultados obtidos nesta pesquisa são condizentes com os obtidos por Cavalcanti et al. (2005) onde observaram em seus estudos com a mamoneira que a fitomassa seca da parte aérea reduziu

linearmente, com decréscimo de 2,17 g (8,38%) a cada aumento unitário da CEa.

Flowers (2004) cita que a inibição do crescimento de plantas sob estresse salino pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, além da possibilidade de ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função da acumulação em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais. Outrossim, as plantas tendem a fechar os estômatos para reduzir as perdas de água por transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, e contribuindo para redução do crescimento das espécies sob tal estresse.

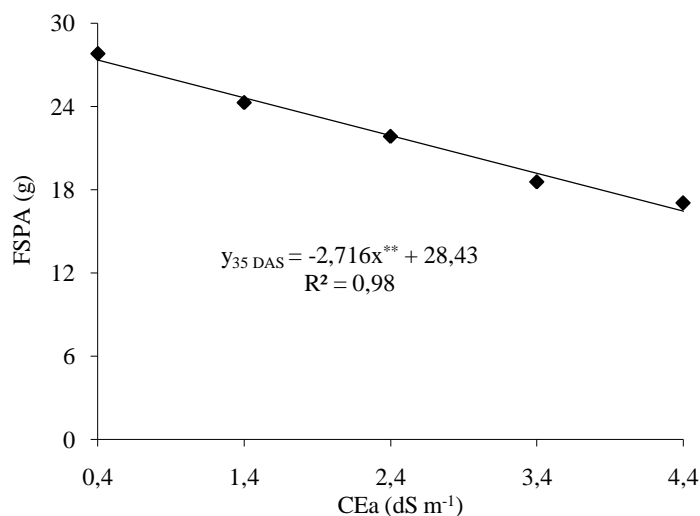


Figura 5 - Fitomassa seca da parte aérea (FSPA) de plantas de mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa aos 35 dias após o semeio (DAS).

CONCLUSÃO

1. A taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta e do diâmetro do caule, a área foliar e a fitomassa seca da parte aérea da mamoneira, são afetados linear e negativamente pela salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹.
2. A adubação nitrogenada proporcionou aumento da taxa de crescimento absoluto e relativo de altura das plantas.
3. A fitomassa seca da parte aérea da mamoneira é a variável de crescimento mais sensível ao estresse salino.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento do projeto e pela concessão da bolsa PIBIC.

A Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, W. G.; AZEVEDO, C. A. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, M. A. de O.; NASCIMENTO, J. J. V. R. do. Crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função de níveis de água e adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. Anais... Salvador: EMBRAPA, 2008.

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v. 166, n.01, p. 3-16, 2004.

BELTRÃO, N.E. de M.; ARAÚJO, A.E. de; AMARAL, J.A.B. do; CARDOSO, G.D.; PEREIRA, J.R. Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o Nordeste brasileiro com aptidão sem restrições (Comunicado Técnico, 193). Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.

CAVALCANTI, M. L. F., FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., BARROS JÚNIOR, G., SOARES, F. A. L., SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.57-61, Campina Grande, PB, 2005.

CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. *Revista de Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n. 1, p. 126-133, 2011.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna, 1982. 368 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA (EMBRAPA). Manual e métodos De análise de solo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.,1997.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4.6 sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2003.

FERRI, M. G. Fisiologia vegetal 1. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

- FLORES, P., BOTELLA, M. A., MARTINEZ, V. CERDA, A. et al. Response to salinity of tomato seedlings with a split-root system: Nitrate uptake and reduction. *Journal of Plant Nutrition*, v. 25, n. 01, p. 177-187, 2002.
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004
- LACERDA, R. D. de.; GUERRA, H. O. C., JÚNIOR, G. B. Influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.4, n.4, p.440-448, Recife- PE, 2009.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. de. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.4, n.1, p.31-42. Fortaleza, CE, 2010.
- MEDEIROS, J. F. de; DIAS, N. da S.; BARROS, A. de. Caracterização das águas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n. 04, p.469-472, 2003.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A.D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.3, p.248-255, Campina Grande- PB, 2007.
- NERY, A. R.; SILVA, M. B. R.; RODRIGUES, L. N.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; VIEGAS, R. A. Taxas de crescimento do pinhão manso cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. In: *WORKSHOP MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA*, 2007. Recife. Convivência em Busca da Sustentabilidade: anais... Recife-PE: UFRPE/UFCG. 2007. 4 p.
- NOVAIS R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- 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, n.1, p.68-74, 2006.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.M.; MARSHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. 2000. 117p. (Estudos da FAO – Irrigação e Drenagem, 48).
- RIBEIRO, S., CHAVES, L. H. G., GUERRA, H. O. C., GHEYI, H. R., LACERDA, R. D. de. Resposta da mamoneira cultivar BRS-188 Paraguaçu à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. *Revista. Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 4, p. 465-473, Fortaleza-CE, 2009.
- SANTOS, A. C. M.; FERREIRA, G. B.; XAVIER, R. M.; FERREIRA, M. M. M.; SEVERINO, L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, J. P.; MORAES, C. R. A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): Descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA*, 1. 2004. Anais... Campina Grande – Paraíba. CD-ROM. 2004.
- SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. DE M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, Suplemento, p.347-352, 2005.
- Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- VALE, L. S.; COSTA, J. V. T.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. Crescimento da mamona em solo compactado. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA*, 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD ROM.
- WENDT, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agronomy Journal*, Madison, v.59, p.484-486, 1967.

Recebido em 02/03/2011

Aceito em 23/07/2011