

CRESCIMENTO E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA MAMONEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

GEOVANI S. DE LIMA¹, REGINALDO G. NOBRE², HANS R. GHEYF³, LAURIANE A. DOS A. SOARES⁴, ALEXSANDRO O. DA SILVA⁵

RESUMO: Esta pesquisa foi realizada com o propósito de avaliar o crescimento e os componentes de produção da mamoneira cv. BRS Energia sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e de doses de nitrogênio em condições de campo, no Neossolo Regolítico eutrófico típico de textura franco-arenosa, no município de Pombal - PB, em delineamento de blocos ao acaso, testando-se cinco níveis de salinidade da água de irrigação-CEa (0,4-controle, 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹) e cinco doses de N (50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹), em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições. O aumento da CEa, a partir de 0,4 dS m⁻¹, promoveu redução do número de folhas (NF), da altura de planta (AP), do diâmetro de caule (DC), da massa seca da parte aérea (MSPA), do comprimento do racemo (CRP), do comprimento efetivamente ocupado pelas flores femininas (CREFF), do número de sementes (NSRP) no racemo primário e da produção total de sementes (PSemT) da cultivar estudada. A interação entre salinidade da água e doses de nitrogênio foi significativa para NF, DC, MSPA, CRP e CE do extrato de saturação do solo (CEes), tendo as doses crescentes de nitrogênio atenuado o efeito negativo da salinidade, até o nível de 2,4 dS m⁻¹. A CEes aumentou em função da CEa e das doses de N.

PALAVRAS-CHAVE: *Ricinus communis*, água salina, nitrogênio.

GROWTH AND COMPONENTS OF PRODUCTION OF CASTOR BEAN UNDER SALINE STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: The research was carried out to evaluate the growth and components of production of the castor bean cv. BRS Energia under different levels of salinity of the irrigation water (CEa) and nitrogen doses under field conditions in an eutrophic Usthorthent of sandy loam texture in the municipality of Pombal, PB. The experimental design consisted of randomized blocks, testing five levels of salinity of irrigation water – CEa (0.4-control, 1.4, 2.4, 3.4 and 4.4 dS m⁻¹) and five N doses (50, 75, 100, 125 and 150 mg kg⁻¹) in a 5 x 5 factorial scheme with three replications. The increase of CEa from 0.4 dS m⁻¹ reduced the number of leaves (NF), plant height (AP), stem diameter (DC), dry mass of the shoots (MSPA), cluster length (CRP), effective cluster length occupied by female flowers (CREFF), total number of seeds in primary cluster (NSRP) and total seed production (PSemT) of the studied castor bean cultivar. The interaction between water salinity and nitrogen dose for NF, DC, MSPA, CRP and CEes – electrical conductivity of the saturation extract of the soil was significant while the increase of nitrogen doses reduced the negative effects of salinity up to the level of 2.4 dS m⁻¹. The CEes increased with increase in CEa and nitrogen doses.

KEYWORDS: *Ricinus communis*, saline water, nitrogen.

¹ Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG/Campina Grande - PB, Fone: (83) 9945-9864, geovanisoareslima@gmail.com.

² Engº Agrônomo, Prof. Dr., Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG/Pombal - PB, rgomesnobre@yahoo.com.br.

³ Engº Agrônomo, Prof. Dr., Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB/Cruz das Almas - BA, hans@pq.cnpq.br.

⁴ Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG/Campina Grande - PB, Fone: (83) 9945-9864, laurispo.agronomia@gmail.com.

⁵ Engº Agrônomo, alexsandro.vip@hotmail.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 16-01-2013

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 14-2-2014

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa cultivada no Brasil com potencial de exploração econômica, na região semiárida do Nordeste devido à sua rusticidade, boa adaptação às condições adversas de clima e solo, rápido crescimento, elevada produção e às diversas possibilidades de uso de seu principal produto, isto é, o óleo extraído das sementes (SILVA et al., 2009).

A ocorrência de longos períodos de estiagem e a irregularidade anual das precipitações no Nordeste brasileiro tornam a prática da irrigação imprescindível para se garantir a produção agrícola com segurança; entretanto, a pressão antrópica sobre as fontes hídricas de boa qualidade e a crescente necessidade de expansão da produção agrícola fazem com que a utilização de fontes de água de qualidade inferior se torne uma realidade. Conforme MEDEIROS et al. (2007), tanto a escassez de água de boa qualidade para a irrigação quanto a concorrência de outros usuários (companhia de abastecimento de água, indústrias) legam aos agricultores a dificuldade para acessar este insumo, passando então a utilizar água de qualidade inferior, em geral salina, para a prática de irrigação.

O uso de água com excesso de sais pode limitar a produção agrícola em virtude da diminuição do potencial osmótico da solução do solo e as possíveis ocorrências de toxicidade iônica e de desequilíbrios nutricionais, ambos causados pela alta concentração de certos íons nos tecidos vegetais (ASSIS JÚNIOR et al., 2007; KHAN & PANDA, 2008). Todavia, a tolerância das plantas à salinidade varia em função da espécie vegetal, das cultivares de uma mesma espécie e de fatores como tipo e concentração de sal, tempo de exposição, estágio fenológico e condições edafoclimáticas, tal como da interação entre eles (NEVES et al., 2008).

O conhecimento do teor médio de sais na zona radicular que não afete significativamente a produtividade agrícola pode permitir a utilização de águas com certo grau de salinidade, comum no Nordeste brasileiro. Assim, devem-se realizar estudos visando a desenvolver tecnologias e a obtenção de índices de tolerância das culturas à salinidade, de modo a propiciar o estabelecimento do grau de restrição das determinadas águas para irrigação.

O desenvolvimento das plantas apresenta elevada relação com o suprimento nutricional, sendo o N requerido em maiores quantidades e, principalmente, em razão de participar diretamente de seu metabolismo. Conforme CANNECCHIO FILHO & FREIRE (1958), a mamoneira exporta, da área de cultivo, cerca de 80 kg ha⁻¹ de N para cada 2.000 kg ha⁻¹ de bagas; no entanto, a quantidade de N absorvida aos 133 dias da germinação chega a 156 kg ha⁻¹. SEVERINO et al. (2006) constataram, estudando o efeito da adubação com N sobre a mamoneira cv. BRS Nordestina, que plantas adubadas com 100 kg ha⁻¹ de N tiveram produtividade 114% superior às não adubadas.

BARHOUMI et al. (2010) relatam que a fertilização nitrogenada pode não apenas promover o crescimento vegetal, mas também reduzir o efeito do estresse salino sobre as plantas. A relação Cl/N nas partes da planta pode constituir um importante indicativo da tolerância das mesmas à salinidade por sais de Cl, já que são causados distúrbios quando este nutriente alcança teores internos excessivos, associados a teores internos de nitrato inadequados, como resultado de um efeito antagônico entre esses íons (GREENWAY & MUNNS, 1980). Tal hipótese encontra suporte em trabalhos de CURTIN et al. (1993), que constataram redução do teor de N e aumento do teor de Cl em plantas de cevada, enquanto em *Kochia scoparia* L. (tolerância maior que cevada) ocorreu aumento do N e do Cl, porém deste último, pouco expressivo quando comparado com o ocorrido na espécie sensível.

A mamoneira é uma cultura moderadamente tolerante à salinidade e cuja produção é reduzida sob a salinidade da água superior a 2,7 dS m⁻¹ (AYERS & WESTCOT, 1999). Segundo SILVA et al. (2008a), a salinidade da água de irrigação promoveu efeito negativo sobre o crescimento, produção e consumo hídrico de cultivares de mamoneira. Em relação à adubação, OLIVEIRA et al. (2009) constataram, avaliando o desenvolvimento inicial da mamoneira submetida a diferentes

fontes e doses de matéria orgânica, resposta quadrática para as plantas submetidas a doses de esterco bovino com maior desenvolvimento observado nas doses de até 30% e linear crescente para as doses de esterco ovino. Esses autores verificaram, ainda, que as fontes orgânicas utilizadas (esterco bovino e ovino) proporcionaram diferentes condições nutricionais ao meio, razão por que houve respostas diferenciadas em relação ao desenvolvimento das plantas.

Diante da evidente necessidade do uso de águas de qualidade inferior e da carência de informações sobre a relação entre salinidade e nutrição da mamoneira, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos da irrigação com água salina e da adubação com N sobre o crescimento e os componentes de produção da mamoneira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre outubro de 2010 e fevereiro de 2011, em vasos dispostos no campo experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Pombal - PB, situada a 6°48'16" de latitude S, 37°49'15" de longitude W e altitude média de 144 m.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, o primeiro fator constituído dos diferentes níveis de salinidade da água de irrigação - CEa (0,4-controle; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹), e o segundo, de doses de N [50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹, em base de recomendação de Novais et al. (1991), para ensaios (100 mg kg⁻¹), correspondendo a 4,44 g de ureia e 16,67 g de fosfato monoamônio por vaso]. Da adubação com N, 1/3 foi aplicado em adubação de semeadura, e os demais, 2/3, parcelados em 5 vezes, em intervalos de 11 dias, a partir de 24 dias após a semeadura (DAS). Cada parcela foi constituída de um vaso e disposta em fileira simples, espaçada 0,9 m entre fileiras e 0,7 m entre plantas dentro da fileira.

As águas com diferentes níveis salinos foram obtidas pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local (0,4 dS m⁻¹), cuja quantidade (Q) foi determinada pela equação $Q \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, em que a CEa representa o valor desejado da condutividade elétrica da água.

Utilizou-se da cultivar de mamona BRS Energia, cujas sementes foram fornecidas pela Embrapa Algodão. Conforme SILVA et al. (2009), trata-se de um material genético vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade e de porte baixo.

Neste estudo, foram utilizados vasos plásticos de 100 L de capacidade, com dois furos na base, preenchidos com 2 kg de brita (nº zero), a qual cobria a base do vaso, seguida de 107,8 kg do material de solo (Neossolo Regolítico eutrófico típico de textura franco-arenosa), não salino e não sódico, coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Pombal – PB. As características físicas e químicas do solo (Tabela 1) foram determinadas de acordo com os métodos descritos em EMBRAPA (1997). Os furos na base do vaso serviam para permitir a drenagem e, abaixo dos mesmos, um microtubo (12 mm de diâmetro) conectava sua base a duas garrafas plásticas de 2 L de capacidade para o acompanhamento do volume drenado e do consumo de água pela cultura, com base no balanço hídrico.

Realizou-se adubação básica com 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de sulfato de potássio e 2.200 g (equivalente a 2%) de vermicomposto (6,3 g kg⁻¹ de N; 1,28 g kg⁻¹ de P e 0,53 g kg⁻¹ de K) por vaso, visando a melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de forma a aumentar a capacidade de retenção e circulação de água no solo. Após o acondicionamento do material do solo nos vasos, aplicou-se, por tratamento, o volume de água necessário para o solo atingir a capacidade de campo determinado conforme o método de saturação por capilaridade, seguida por drenagem livre.

Foram semeadas, em 28 de outubro de 2010, 10 sementes de mamona 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, sendo realizado, aos 14 DAS o

primeiro desbaste, deixando-se por parcela as 4 plântulas que apresentavam melhor vigor; aos 21; 35 e 46 DAS, foram feitos novos desbastes, eliminando-se, a cada vez, uma planta por vaso.

Aos 29 e 37 DAS, ou seja, no período inicial da emissão das flores, foram realizadas adubações foliares com 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, aplicando-se 5 L com auxílio de um pulverizador costal. Ressalta-se que, devido à quantidade do adubo foliar aplicado ter sido irrisória, foi realizada a aplicação em todas as parcelas experimentais, independentemente da dosagem de N aplicada.

TABELA 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento, na camada de 0-30 cm. **Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm layer used in the experiment**

Densidade	Porosidade Total	Areia	Silte	Argila	Complexo Sortivo				P	pH _{ps}	CE _{es}
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺			
kg dm ⁻³	%g kg ⁻¹g kg ⁻¹g kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-	dS m ⁻¹			
1,31	48,22	830	71	99	7,50	5,15	0,29	0,29	0,72	7,33	0,53

Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹; P- extrator de Mehlich1; pH 7,0; pH_{ps} - pH da pasta de saturação; CE_{es} - condutividade do extrato de saturação.

As irrigações foram realizadas diariamente, sempre ao final da tarde (17 h), de acordo com a necessidade hídrica das plantas, sendo a lâmina aplicada determinada por meio de balanço hídrico que considerou o volume aplicado menos o drenado e uma fração de lixiviação média de 10%.

Durante a condução do experimento, foram realizados os seguintes tratamentos culturais: tutoramento das plantas, eliminação manual das plantas daninhas e escarificação superficial do solo, antes de cada irrigação, além de duas pulverizações ao longo da condução, com produto indicado para controle preventivo de insetos (VERTIMEC[®] 18 EC - 0,5 g L⁻¹).

Para a análise do efeito dos tratamentos sobre o crescimento e o desenvolvimento da mamoneira, foram mensurados, aos 46 e 108 DAS, o número de folhas (NF), o diâmetro do caule (DC) e a altura da planta (AP) além da massa seca da parte aérea (MSPA), aos 46 e 120 DAS.

Na contagem do NF, foram consideradas as que estavam totalmente expandidas, com comprimento mínimo de 3 cm e que apresentavam, no mínimo, 50% de sua área fotossinteticamente ativa. A AP foi mensurada conforme distância entre o colo da planta e a inserção do racemo primário, enquanto o DC foi medido a 5 cm do colo da planta; aos 46 e 120 DAS, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo, sendo acondicionada a parte aérea (caule e folhas) em sacos de papel devidamente identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, mantida na temperatura de 65 °C até obtenção de massa constante, quando então foi determinada a MSPA. É importante destacar que a fitomassa foliar e caulinar, avaliada aos 46 DAS, foi proveniente da planta desbastada, e a de 120 DAS foi decorrente das plantas conduzidas durante todo o ciclo de cultivo (na colheita).

Os componentes de produção da mamoneira avaliados foram: comprimento total (CRP) e efetivo com flores femininas (CREFF) do racemo primário aos 46 DAS e por ocasião da colheita, ou seja, quando os racemos apresentavam 90% de seus frutos maduros, com início aos 72 DAS; após a completa maturação (exposição ao sol), realizou-se, manualmente, a debulha e aferiram-se o número de sementes do racemo primário (NSRP) e a produção de sementes totais (PSemT) por planta; as flores femininas situavam-se na parte final do racemo; daí, a partir do CRP, mensurou-se o CREFF.

No final do ensaio, aos 120 DAS, estimou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) em base de condutividade elétrica da água de drenagem (CE_{ad}), utilizando a relação (CE_{es} = 0,5 x CE_{ad}) recomendada por AYERS & WESTCOT (1999) e confirmada em estudo anterior em condições semelhantes às deste experimento (TRAVASSOS et al., 2011).

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância, pelo teste F, e, nos casos de efeito significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática, utilizando-se do software estatístico SISVAR. A escolha da regressão foi feita mediante melhor ajuste em base de coeficiente de determinação (R^2) e levando-se em consideração uma provável explicação biológica. Outrossim, em função da heterogeneidade dos dados percebidos através dos valores de coeficiente de variação (Tabelas 2 e 3), foi necessário realizar análise exploratória dos dados, com transformação de dados em \sqrt{X} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultados do teste F dos dados (Tabela 2), constata-se haver efeito significativo do fator salinidade da água de irrigação sobre as variáveis NF, DC e AP, em ambas as épocas de avaliação e sobre a CEes, aos 120 DAS. Em relação ao fator doses de adubação nitrogenada, assim como para interação entre os fatores (salinidade da água de irrigação e dose de N), verifica-se efeito significativo para as variáveis NF aos 46 DAS, DC aos 108 DAS e CEes aos 120 DAS, além de efeito significativo da interação sobre o DC, aos 46 DAS. Diferentemente, NOBRE et al. (2010) verificaram, estudando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades e doses de adubação nitrogenada no crescimento e na floração de outra oleaginosa, o girassol, não haver interação entre os fatores.

De acordo com o teste F (Tabela 2), a interação entre salinidade da água de irrigação e doses de N afetou o NF apenas aos 46 DAS, onde se constata, conforme modelo linear (Figura 1A), decréscimo do NF das plantas adubadas com 50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹ de N na ordem de 8,25; 9,08; 9,87; 9,98 e 12,05%, respectivamente, por aumento unitário da CEa, ou seja, reduções equivalentes a 33,02; 36,32; 39,48; 39,95 e 50,62% no NF das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação aquelas sob CEa de 0,4 dS m⁻¹.

Conforme OLIVEIRA et al. (2011), devido à menor disponibilidade de água, as plantas sob estresse salino tendem a promover alterações morfológicas e anatômicas e, dentre esses artifícios, reduzem o número de folhas. ALVES et al. (2012) também verificaram, em estudo com a mamoneira cultivar BRS Energia, redução linear do NF, sendo de 7,67% por incremento unitário da CEa, aos 40 DAS.

TABELA 2. Resumo do teste F para número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e altura de planta (AP) da mamoneira aos 46 e 108 dias após a semeadura (DAS) e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) aos 120 DAS, em função de diferentes níveis da salinidade da água de irrigação e doses de N. **Summary of the F test for the number of leaves (NF), stem diameter (DC) and plant height (AP) of castor bean at 46 and 108 days after sowing (DAS) and electrical conductivity of the saturation extract of the soil (CEes) at 120 DAS as a function of salinity of irrigation water and doses of nitrogen**

Fonte de Variação	Teste F						
	NF		DC (mm)		AP (cm)		CEes (dS m ⁻¹)
	46 DAS	108 DAS ¹	46 DAS	108 DAS	46 DAS	108 DAS	
Salinidade da água (S)	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	*	ns	ns	ns	ns	**	**
Doses N (DN)	**	ns	ns	*	ns	**	**
Reg. Linear	**	-	-	**	-	*	*
Reg. Quadrática	ns	-	-	ns	-	ns	ns
Interação (S x DN)	*	ns	*	**	ns	**	**
Bloco	ns	*	ns	ns	ns	*	*
CV (%)	15,48	20,27	5,84	7,45	9,76	15,96	15,96

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; ¹ para dados transformados em raiz de x.

Verifica-se, aos 108 DAS, que apenas o fator salinidade da água afetou o NF (Tabela 2), em que, conforme a equação de regressão (Figura 1B), o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor, foi o linear, indicando decréscimo do NF de 8,98% por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 35,94% (13,22 folhas) do NF das plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação às submetidas a 0,4 dS m⁻¹. SILVA et al. (2008a) obtiveram, aos 80 dias após a germinação, redução linear do número de folhas da mamoneira cv. BRS Energia de 7,5% por incremento unitário da CEa, e aos 100 DAS as plantas submetidas à CEa de 6,7 dS m⁻¹ tiveram redução no NF de 72,1% em comparação às irrigadas com água de 0,7 dS m⁻¹.

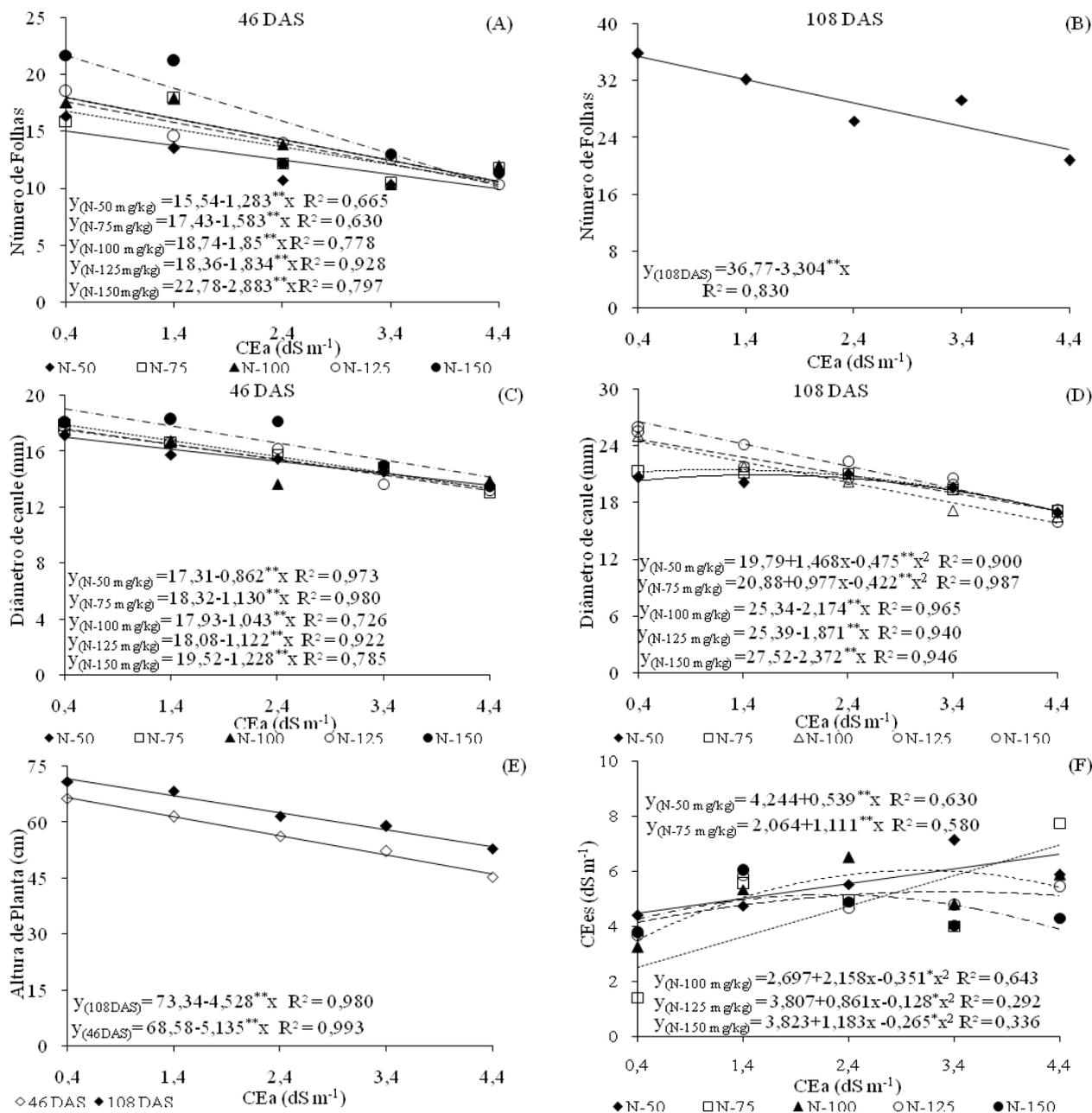


FIGURA 1. Número de folhas (A e B), Diâmetro de caule (C e D), Altura de planta (E) e Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo – CEEs (F) em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e doses de N nas diferentes épocas (DAS) da mamoneira. **Number of leaves (A and B), stem diameter (C and D), plant height (E) and the electrical conductivity of saturation extract of the soil – CEEs (F) as a function of of salinity of water (CEa) and nitrogen doses in different stages (DAS) of castor bean**

Constata-se, na Tabela 2, que a interação (S x DN) afetou o diâmetro do caule da mamoneira aos 46 DAS e aos 108 DAS. Pelas equações de regressão (Figura 1C) referente ao DC aos 46 DAS, o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor, foi o linear, ocorrendo decréscimos do DC das plantas adubadas com 50; 75; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹ de N de 4,97; 6,16; 5,81; 6,20 e 6,29% , respectivamente, por aumento unitário da CEa, ou seja, reduções de 3,45; 4,52; 4,17; 4,49 e 4,91 mm no DC das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ em relação à testemunha; aos 108 DAS, conforme estudos de regressão (Figura 1D), verifica-se efeito quadrático para as doses de 50 e 75 mg kg⁻¹ de N, indicando que os maiores valores do DC (20,92 e 21,44 mm) foram obtidos, respectivamente, com CEa de 1,60 e 1,30 dS m⁻¹. Em relação às plantas submetidas às doses de 100; 125 e 150 mg kg⁻¹ de N (Figura 1D), houve efeito linear e decrescente no DC, na ordem de 8,57; 7,36 e 8,61%, respectivamente, por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 8,7; 7,59 e 8,93 mm no DC das plantas irrigadas com CEa, de 4,4 dS m⁻¹, quando comparadas com aquelas sob CEa de 0,4 dS m⁻¹. Em geral, o excesso de sais na zona radicular das plantas exerce efeitos nocivos no crescimento, em virtude do maior efeito osmótico externo à raiz e restrição ao fluxo de água do solo para as plantas. SILVA et al. (2008a) também encontraram, conduzindo ensaio em ambiente protegido com cultivares de mamona, efeito linear e decrescente da CEa sobre o DC, constatando redução de 9,1 e 9,8% por incremento unitário da CEa, respectivamente, aos 80 e 100 DAS.

Observa-se (Figura 1D) que o incremento salino promoveu decréscimos no DC das plantas adubadas com doses crescentes de N; entretanto, e conforme equações, quando as plantas foram submetidas à irrigação com CEa até 3,4 dS m⁻¹, as que estavam sob adubação de 125 e 150 mg kg⁻¹ de N tiveram os maiores DC. A fertilização nitrogenada, além de promover o crescimento das plantas, pode, também, reduzir o efeito da salinidade sobre as mesmas (DING et al., 2010), devido à acumulação desses solutos elevar a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumentar a resistência das culturas aos estresses hídrico e salino (SILVA et al., 2008b).

Observa-se, na Tabela 2, a ocorrência de efeitos significativos dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre a AP de mamoneira avaliadas aos 46 e 108 DAS. Conforme equações de regressão, o modelo linear indica decréscimos da AP de 7,48 e 6,17% aos 46 e 108 DAS, respectivamente, por aumento unitário dos níveis de salinidade da água de irrigação (Figura 1E), ou seja, decréscimo da AP de 30,88% (20,54 cm) aos 46 DAS e 25,32% (18,19 cm) aos 108 DAS, nas plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹, em relação à testemunha. Segundo GARCIA et al. (2010), com o incremento dos níveis de salinidade do solo, possivelmente, a redução do potencial osmótico pode causar resistência à absorção de água pelas plantas e, como consequência, a redução no crescimento das culturas. Conduzindo experimento em casa de vegetação com as cultivares de mamoneira BRS Energia e BRS Paraguaçu, SILVA et al. (2008a) verificaram que, aos 100 DAS, houve redução média da altura das plantas irrigadas com CEa, de 6,7 dS m⁻¹ de 62,92% em relação àquelas sob CEa de 0,7 dS m⁻¹; este resultado confirma os obtidos no presente estudo, apontando a mamoneira como sensível ao estresse salino.

Analisando as equações de regressão (Figura 1F), verifica-se haver comportamento linear crescente da CEes com plantas adubadas com 50 e 75 mg kg⁻¹ de N, cujos acréscimos foram, respectivamente, de 12,70 e 53,82% por aumento unitário da CEa, ou seja, aumento de 50,80% e 215,31% na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo cultivado com plantas submetidas à CEa de 4,4 dS m⁻¹, em relação às irrigadas com água de 0,4 dS m⁻¹. Quanto às doses de nitrogênio de 100; 125 e 150 mg kg⁻¹, o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o quadrático, verificando-se que as plantas que receberam essas doses de N e estavam sob irrigação com água de CEa de 3,1; 3,4 e 2,2 dS m⁻¹, respectivamente, propiciaram os maiores valores de CEes (6,0; 5,3 e 5,1 dS m⁻¹). TRAVASSOS et al. (2011) também constataram, estudando os efeitos da salinidade da água de irrigação na cultura do girassol, em ambiente protegido, aumento significativo da CEes devido à acumulação de sais no solo. Neste sentido, pode-se afirmar que as reduções nos valores das variáveis de crescimento (Figura 1) e dos componentes de produção (Figura 2) da mamoneira ocorreram em virtude do efeito osmótico dos sais acumulados no solo. Salienta-se que, mesmo no menor nível de CEa (0,4 dS m⁻¹), a CEes, dependendo da dose de N, alcançou valores

entre 1,4 e 4,4 dS m⁻¹, no final do ciclo, indicando que a fração de lixiviação (FL) utilizada no presente estudo (0,10) não foi suficiente para o controle da salinidade do solo.

Conforme os resultados do teste F (Tabela 3), vê-se que o fator salinidade da água de irrigação afetou ($p < 0,01$) as variáveis MSPA, aos 46 e 120 DAS, CREFF, NSRP e PSemT, assim como se constata efeito ($p < 0,05$) do fator dose de N e da interação entre os fatores (S x DN) sobre a MSPA, aos 120 DAS e sobre o CRP.

A MSPA das plantas foi afetada pela CEa, aos 46 DAS (Tabela 3), e, de acordo com os estudos de regressão (Figura 2A), houve decréscimo linear da MSPA de 13,10% por aumento unitário da CEa, ou seja, a produção de massa seca das plantas irrigadas com CEa de 4,4 dS m⁻¹ teve biomassa 31,65 g menor que a testemunha. A redução do crescimento sob salinidade tem sido atribuída 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) e, por consequência, afetam a produção de biomassa da parte aérea e das raízes (CAMPOS et al., 2010). LIMA et al. (2007) verificaram, em estudos com mamoneira cv. BRS Nordestina, cultivada em ambiente protegido, assim como no presente estudo, redução no acúmulo de MSPA com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

TABELA 3. Resumo de teste F para massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento do racemo primário (CRP), efetiva ocupação pelas flores femininas (CREFF), número de sementes no racemo primário (NSRP) e produção de sementes totais (PSemT) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação, e doses de N em diferentes épocas (DAS) do cultivo. **Summary of the F test for the dry mass of shoots (MSPA), the length of primary cluster (CRP) and effective occupation by female flowers (CREFF), number of seeds in the primary cluster (NSRP) and total seed production (PSemT) of castor bean in response to salinity of irrigation water and nitrogen at different stages (DAS) of cultivation**

Fonte de Variação	Teste F					
	MSPA (g planta ⁻¹)		CRP (cm) ¹	CREFF (cm) ¹	NSRP ¹	PSemT (g planta ⁻¹)
	46 DAS ¹	120 DAS ¹	46 DAS	46 DAS		
Salinidade da água (S)	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	ns	ns	**	ns	ns	ns
Doses N (DN)	ns	*	*	ns	ns	ns
Reg. Linear	-	**	*	-	-	-
Reg. Quadrática	-	ns	ns	-	-	-
Interação (S x DN)	ns	*	*	ns	ns	ns
Bloco	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12,98	11,86	18,88	18,01	16,50	19,76

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; ¹ para dados transformados em raiz de x.

Aos 120 DAS, a MSPA foi afetada pela interação entre os fatores estudados (S x DN) (Tabela 3), e segundo equação de regressão (Figura 2B), em relação à dose de nitrogênio de 75 mg kg⁻¹, o modelo ao qual os dados se ajustaram melhor foi o quadrático, onde se notou que a CEa de 0,80 dS m⁻¹ promoveu a máxima produção de MSPA das plantas (76,69 g), sendo que, a partir daí, ocorreu redução da massa seca da parte aérea das plantas. Conforme regressões das demais doses de 50; 100; 125 e 150 mg kg⁻¹ de N (Figura 2B), a MSPA foi afetada linearmente com reduções de 13,12; 16,72; 15,82 e 16,80%, respectivamente, por aumento unitário da CEa, ou seja, redução de 40,84; 68,76; 67,24 e 84,00 g na MSPA das plantas irrigadas com água de maior salinidade (4,4 dS m⁻¹),

em comparação àquelas irrigadas com água de menor nível salino ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$). Segundo FERREIRA NETO et al. (2007), sob estresse salino, o conteúdo de NaCl na solução do solo é alto, a absorção de nutrientes minerais é reduzida, especialmente o NO_3^- , K^+ e Ca^{2+} , e assim o crescimento e o desenvolvimento da cultura são prejudicados. Apesar de o incremento da CEa ter promovido decréscimos na MSPA das plantas adubadas com doses crescentes de N, observa-se que, quando as plantas foram submetidas a irrigação com CEa até $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, as que estavam sob dose de 150 mg kg^{-1} de N produziram maior fitomassa. Entre as variáveis de crescimento e desenvolvimento analisados nesta pesquisa, a MSPA foi a mais afetada pelo incremento de salinidade da água de irrigação.

Com base nas equações de regressão (Figura 2C), vê-se efeito linear decrescente da salinidade da água sobre o CRP das plantas adubadas com 50; 75; 100; 125 e 150 mg kg^{-1} de N, cujos decréscimos foram, respectivamente, de 8,92; 5,07; 10,09; 13,53 e 12,89% por incremento unitário da CEa, ou seja, reduções de 12,66; 8,06; 17,2; 25,6 e 28,86 cm no CRP, nas plantas irrigadas com CEa de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$, em relação à testemunha. Segundo SANTOS et al. (2012), essa tendência pode ser atribuída ao fato de a planta, com intuito de ajustar-se osmoticamente, desprender determinada quantidade de energia para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia que poderia ser utilizada no crescimento e na produção da planta. Verifica-se que as plantas que receberam 150 mg kg^{-1} de N e que estavam sob irrigação com água de CEa de até $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, conseguiram promover maior CRP (Figura 2C). SILVA et al. (2007) avaliaram a adubação com macro e micronutrientes na mamoneira e concluíram que a adubação promoveu aumento de produtividade da cultivar BRS Nordeste, com destaque para a adubação nitrogenada.

A expressão do sexo das culturas é afetada por fatores genéticos e ambientais como os ocasionados por estresse salino, hídrico ou temperaturas ambientais elevadas, de forma que esses fatores do ambiente podem induzir a formação de maior número de flores masculinas (SAVY FILHO, 2005). No presente estudo, verificou-se que o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação afetou o CREFF da mamoneira, havendo, conforme equação de regressão (Figura 2D), decréscimo linear de 14,26% por aumento unitário da CEa, ou seja, ocorreu redução de 57,02% no CREFF das plantas irrigadas com $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ em relação à testemunha.

O NSRP e a PSemT foram as variáveis mais afetadas pelo aumento do nível de salinidade da água de irrigação, havendo declínio linear de 17,02 e 18,18% (Figura 2E e F), respectivamente, por aumento unitário da CEa, ou seja, redução do NSRP de 68,11% (156,12 sementes) e da PSemT de 72,72% (50,64 g) nas plantas irrigadas com água de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$, em relação ao menor nível salino ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$). O estresse salino tende a afetar a fisiologia das plantas, promovendo distúrbios metabólicos, principalmente pela redução na absorção da água e de nutrientes do solo e devido à redução da área foliar, o que implica menor superfície fotossintetizante e, em consequência, menor rendimento da cultura. Conforme GARCIA et al. (2007), a inibição do crescimento em plantas ocasionada pelo estresse salino progressivo pode estar relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo, podendo ir além de uma simples redução no potencial hídrico no solo até a injúria celular, causada por um estresse oxidativo na planta, resultando em diminuição no número de frutos, no peso dos frutos e sementes, isto é, influencia diretamente sobre a produção da cultura.

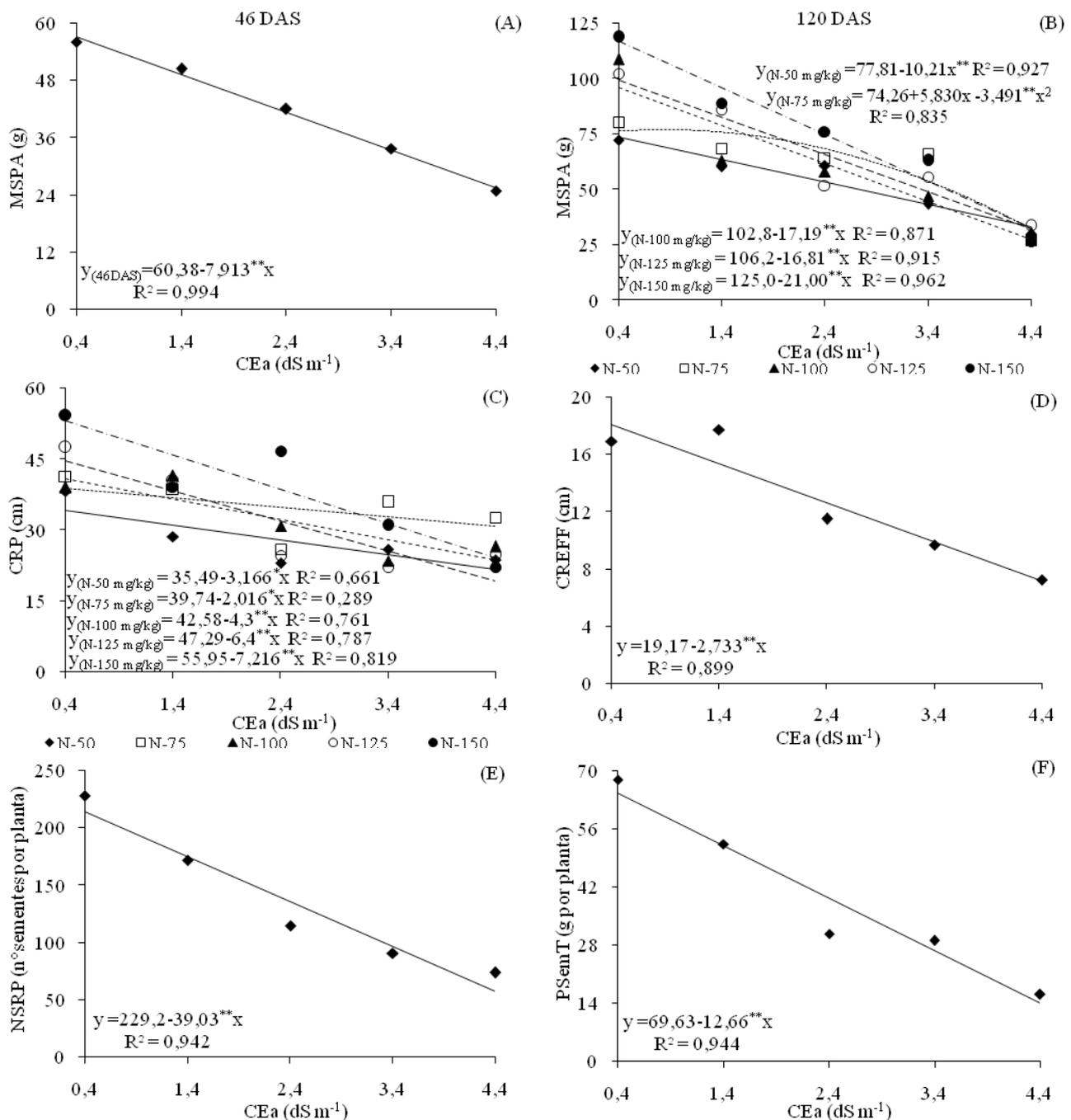


FIGURA 2. Massa seca da parte aérea – MSPA (A e B), Comprimento do racemo primário – CRP (C), Comprimento do racemo efetivamente ocupado pelas flores femininas – CREFF (D), Número de sementes no racemo primário – NSRP (E) e Produção de sementes totais - P_{SemT} (F) da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação (CEa), e doses de N em diferentes épocas (DAS) de cultivo. **Dry mass of the shoots - MSPA (A and B), Length of primary cluster - CRP (C), Length of primary cluster effectively occupied by female flowers - CREFF (D), Number of seeds in the primary cluster - NSRP (E) and Total seed production - P_{SemT} (F) of castor bean as a function of the salinity of the water (CEa) and nitrogen levels in different stages (DAS) of cultivation**

Efeito do estresse salino sobre variáveis de produção foi observado também por SILVA et al. (2008a), estudando a irrigação com CEa variando de 0,7 a 6,7 dS m⁻¹ sobre a produção de cultivares de mamoneira (BRS Energia e BRS Paraguaçu) verificando-se que acima de 4,7 dS m⁻¹ as plantas não frutificaram e que o incremento salino reduziu o número e a massa de frutos, e a massa de

sementes; os autores constataram redução de 96,8% na massa de sementes do racemo primário das plantas sob CEa de 4,7 dS m⁻¹ em comparação àquelas sob CEa de 0,7 dS m⁻¹.

CONCLUSÕES

O número de folhas, a altura de planta, o diâmetro de caule e a massa seca da parte aérea, o comprimento do racemo primário e o comprimento efetivamente ocupado pelas flores femininas, o número de sementes e a produção de sementes total por planta são afetados pela salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹.

A produção total de sementes e o número de sementes do racemo primário da mamoneira foram as variáveis mais sensíveis ao estresse salino.

O efeito da interação entre salinidade de água e dose de N foi significativo para número de folhas, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e comprimento do racemo primário, tendo as doses crescentes de N atenuado o efeito negativo da salinidade da água até o nível de 2,4 dS m⁻¹.

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo aumentou com a salinidade da água de irrigação e das doses de nitrogênio.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, pela concessão do auxílio financeiro (Projeto Universal) e bolsa PIBIC, e à Embrapa Algodão, pelo fornecimento das sementes de mamona.

REFERÊNCIAS

- 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*, Fortaleza, v.6, n. 2, p. 151-163, 2012.
- ASSIS JÚNIOR, J.O.; LACERDA, C.F. de; SILVA, F.B. da; SILVA, F.L.B. da; BEZERRA, M.A.; GHEYI, H.R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.702-713, 2007.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 29).
- BARHOUMI, Z; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALL, W.; ABDELLY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus littoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Weinheim, v.173, n.1, p.149-157, 2010.
- CAMPOS, M. de S.; OLIVEIRA, F. de A. de; OLIVEIRA, F. R. A. de; SILVA, R. C. P. da; CÂNDIDO, W. dos S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v.5, n.3, p.165-171, 2010.
- CANECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S. Adubação da mamoneira: experiências preliminares. *Bragantia*, Campinas, v.17, p.243-259, 1958.
- CURTIN, D.; STEPPUHN, H.; SELLES, F. Plant responses to sulfate and chloride salinity: growth and ionic relations. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 57, n. 5, p. 1304-1310, 1993.
- DING, X.; TIAN, C.; ZHANG, S.; SONG, J.; ZHANG, F.; MI, G.; FENG, G. Effects of NO₃⁻-N on the growth and salinity tolerance of *Tamarix laxa* Willd. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 331, n. 1-2, p. 57-67, 2010.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Brasileira. *Manual e métodos de análise do solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 1997. 212p.
- FERREIRA NETO, M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; HOLANDA, J. S. de; BLANCO, F. F. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1675-1681, 2007.
- GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A.A.; MORAES, W.B.; GONÇALVES, I.Z.; MADALÃO, J.C. Respostas de genótipos de feijoeiro à salinidade. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.18, n.4, 2010.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, n.31, p.149-190, 1980.
- KHAN, M.H.; PANDA, S.K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, Bangalore, v.30, n.1, p.81-89, 2008.
- LIMA, C.B. e; SANTOS FILHO, S.V. dos; SANTOS, M.A. dos; OLIVEIRA, M. de. Influência da água salina nas características físico químicas do solo e no desenvolvimento da mamoneira cultivada em vasos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.20, n.4, p.132-136, 2007.
- MEDEIROS, J. F. de; SILVA, M.C.C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. de. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.3, p.248-255, 2007.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, New York, v.59, n.1, p.651-681, 2008.
- NEVES A.L.R.; GUIMARÃES, F.V.A.; LACERDA, C.F.; SILVA, F.B.; SILVA, F.L.B. Tamanho e composição mineral de sementes de feijão-de-corda irrigado com água salina. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.39, n.4, p.569-574, 2008.
- NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; SOARES, F.A.L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. (Ed.) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253.
- OLIVEIRA, F. A.; CARRILO, M. J. S.; MEDEIROS, J. F.; MARACÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n.8, p.771-777, 2011.
- OLIVEIRA, M.K.T.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, C.J.G.S.; GUIMARÃES, I.P. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- SANTOS, B. dos.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G. de.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. *Revista Idesia*, Arica, v.30, n.2, p. 69-74, 2012.
- SAVY FILHO, A. *Mamona – Tecnologia agrícola*. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T.M. S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento e produtividade da

mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n.4, p. 563-568, 2006.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAUJO, F.P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v.63, n.1-3, p.147-157, 2008.a

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de 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*, Campina Grande, v.12, n.4, p.335-342, 2008.b

SILVA, T.G.F.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J.A.S.; BARBOSA, J.G.; MOURA, C.R.W.; MUNIZ, M.A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v.56, n.5, p.602-610, 2009.

SILVA, T. R. B. da; LEITE, V. E.; SILVA, A. R. B. da; VIANA, L. H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.9, p.1357-1359, 2007.

TRAVASSOS, K.D.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; SILVA, D.R.S.; NASCIMENTO, A.K.S.; DIAS, N. da S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.4, p.371-376, 2011.