



Estratégias de irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira

Irrigation strategies with salt waters and nitrogen fertilization in plant castor bean

Geovani Soares de Lima¹, Reginaldo Gomes Nobre², Hans Raj Gheyi³, Lauriane Almeida dos Anjos Soares⁴, Jutahy Jorge Elias⁵, Felipe Luênio de Azevedo⁵

Resumo: Objetivou-se avaliar a concentração de potássio, sódio e a produção na mamoneira cv. BRS Energia, em função da irrigação com águas salinizadas e adubação nitrogenada nas diferentes fases fenológicas, em experimento conduzido em lisímetros de drenagem sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologias Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 5x2x2, constituídos pela 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), duas doses de nitrogênio-DN (100 e 160 mg kg⁻¹ de solo) e duas fases fenológicas (vegetativa e formação da produção - floração e frutificação). A concentração de potássio e sódio nas folhas, caule e raízes da cv. BRS Energia foram mensuradas aos 120 dias após o semeio. O aumento dos níveis de salinidade da água elevou a concentração de sódio nas folhas, caule e raízes, sendo o efeito variável de acordo com os estádios de desenvolvimento. A maior concentração de K⁺ nas folhas, caule e raízes foi obtida quando se irrigou com água de CEa de 0,3; 1,8 e 0,3 dS m⁻¹ respectivamente. Os diferentes níveis de CEa afeta de forma negativa a produção, independente da fase de desenvolvimento. Doses crescentes de N e a interação entre os fatores estudados não interferiram sobre a concentração de K⁺ e Na⁺ em nenhuma parte avaliada.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., qualidade de água, nutrição mineral

Abstract: Thus, the aim of this study was to evaluate the concentration of potassium and sodium in the castor bean cv. BRS Energia as a function of irrigation water salinity and nitrogen fertilization in different phenological phases in an experiment conducted in drainage lysimeters under field conditions, at the Centro de Ciências e Tecnologias Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. The experimental design was in a randomized block with 20 treatments arranged in a factorial 5 x 2 x 2, constituted by the combination of five levels of electrical conductivity of irrigation water - ECw (0.3, 1.2, 2, 1, 3.0 and 3.9 dS m⁻¹), two nitrogen doses-DN (100 and 160 mg kg⁻¹ of soil) and two phenological stages (vegetative and formation of production - flowering and fruiting). The concentration of sodium and potassium in the leaves, stem and roots of cv. Energia BRS were measured at 120 days after sowing. The increased levels of salinity increased the sodium concentration in the leaves, stems and roots, and the effect varied according to the developmental stages. The highest concentration of K⁺ in the leaves, stem and roots was obtained when irrigated with water of ECw of 0.3, 1.8 and 0.3 dS m⁻¹ respectively. The different levels of ECw negatively affect the production, independent of the development phase; Increasing doses of N and the interaction between the factors studied did not interfere in the concentration of K⁺ and Na⁺ in any part.

Key words: *Ricinus communis* L., water quality, mineral nutrition

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 25/08/2016; aprovado em 15/11/2016

¹Eng. Agrônomo, Bolsista de Pós-Doutorado em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: geovanisoareslima@gmail.com;

²Eng. Agrônomo, Professor Adjunto II, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mail: rgomesnobre@yahoo.com.br;

³Eng. Agrônomo, Professor Visitante Nacional Sênior (CAPES), Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. E-mail: hans@pq.cnpq.br

⁴Eng. Agrônoma, Bolsista de Pós-Doutorado Júnior (PDJ/CNPq). E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com.

⁵Graduando em Agronomia, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil. E-mails: jutahy.jorge33@gmail.com; felipe.luenio19@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Na busca por fontes alternativas e limpas de energia, têm sido priorizadas, nos últimos anos, as fontes renováveis que não causem impacto negativo ao meio ambiente, e neste sentido, a cultura da mamoneira vem se destacando, tendo conseqüente expansão de seu cultivo no Brasil devido à possibilidade do uso do óleo de suas sementes como biodiesel (CAVALCANTI et al., 2005). A singularidade do óleo da mamoneira dá-se em virtude de sua composição quase exclusiva, com cerca de 90% do ácido graxo ricinoléico que lhe confere inúmeras aplicações, inclusive na fabricação de biodiesel (FREIRE, 2001).

Decorrente da instabilidade climática, a garantia do sucesso de cultivos em regiões Semiáridas depende, dentre outras práticas do uso da irrigação; entretanto, devido à pressão antrópica por águas de boa qualidade e à crescente necessidade de expansão da produção agrícola, em todo o mundo, a utilização de águas consideradas de qualidade inferior tem aumentado (ZENG et al., 2001). No entanto, a utilização de águas de qualidade marginal principalmente nas regiões áridas e semiáridas, tem gerado vários problemas ao meio ambiente, como a salinização do solo, em virtude de suas fontes hídricas possuírem, normalmente, elevados teores de sais (RHOADES et al., 2000).

Altas concentrações de sais no solo, além de reduzir o potencial hídrico do solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (SILVA et al., 2003). Por outro lado, o uso de águas salinas na agricultura fica condicionado à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação, visando se evitar impactos ambientais, com conseqüentes prejuízos às culturas e à sociedade (MUNNS, 2002).

Sabe-se que o crescimento e o desenvolvimento das plantas são resultados de fatores genéticos e ambientais e suas interações, e que a quantificação dos fatores ambientais possibilita a melhoria nas técnicas de produção. Neste sentido, diversos estudos têm demonstrado que o efeito do estresse salino sobre o desenvolvimento das plantas pode ser diferenciado em função de diversos fatores, como genótipo e estágio de desenvolvimento da cultura, bem como do suprimento nutricional (QUEIROZ; BULL, 2001).

Assim, dentre as técnicas de manejo, a adubação destaca-se como uma das principais tecnologias utilizadas para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas (MARINHO et al., 2010) e, dentre os elementos que influenciam o desenvolvimento das plantas, o nitrogênio é de vital importância, por fazer parte da estrutura da planta, sendo componente de aminoácidos, proteínas, enzimas, RNA, DNA,

ATP, clorofila dentre outras moléculas (MARSCHNER, 1995). Entre os diversos efeitos da salinidade sobre as plantas, existem evidências de competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma maior absorção de cloreto pela planta (AMOR et al., 2000).

Pelo exposto, objetivou-se avaliar a concentração de potássio e sódio em diferentes partes da planta e a produção da mamoneira cv. BRS Energia, em função da irrigação com águas salinizadas e adubação nitrogenada em duas fases fenológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

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

Adotou-se o delineamento estatístico em blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2x2, com três repetições, cujos tratamentos consistiram de níveis de condutividades elétricas da água de irrigação – CEa (0,3 - testemunha; 1,2; 2,1; 3,0 e 3,9 dS m⁻¹), duas doses de adubação nitrogenada (100 e 160 mg kg⁻¹ de solo, conforme Novais et al. (1991) e duas fases fenológicas (vegetativa e formação da produção - floração e frutificação).

As águas com distintas salinidades usadas na irrigação foram obtidas a partir da dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água proveniente do sistema de abastecimento local, sendo a quantidade a ser adicionada calculada conforme a equação de Rhoades et al. (2000), $C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$, na qual a CEa representa o valor pré-estabelecido.

Usaram-se sementes da mamoneira cultivar BRS Energia, cujas plantas, possuem ciclo de 120 a 150 dias, frutos semi-indeiscentes, teor de óleo nas sementes em média de 48% e produtividade de aproximadamente 1.800 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2009).

Nesta pesquisa, utilizaram-se lisímetros de drenagem com 100 L de capacidade, preenchidos com 2,0 kg de brita (nº zero) a qual cobria a base do lisímetro, mais 107,8 kg de material de solo (tipo franco-argila-arenoso) não salino e não sódico, devidamente destorroado e proveniente do município de Pombal, PB, cujas características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, segundo metodologia proposta por Claessen (1997). Os lisímetros possuíam furos na base para permitir o acompanhamento do volume drenado e estimativa do consumo de água pela cultura.

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

Densidade (kg dm ⁻³)	Porosidade total (%)	Umidade (%)		Água disponível (%)	Complexo sortivo				pH _{ps}	CE _{es} (dS m ⁻¹)
		0,33 atm	15,0 atm		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺		
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 de saturação; CE_{es} - condutividade elétrica do extrato de saturação

Realizou-se a adubação básica com 162,5 g de superfosfato simples, 12 g de K_2SO_4 e 2,5 kg (equivalente a 2,5%) de vermicomposto por vaso. O material de solo após ser acondicionado nos lisímetros foi colocado em capacidade de campo, usando as respectivas águas conforme tratamentos. O fator adubação nitrogenada foi parcelado, sendo 1/3 aplicado em fundação e os 2/3 divididos em 4 aplicações iguais via fertirrigação em intervalos de 10 dias a partir de 25 dias após a semeadura (DAS), sendo aplicado por vaso no tratamento N1 (100% de N) 33,34 g de fosfato monoamônio mais 8,88 g de uréia.

Na semeadura, colocou-se 10 sementes por vaso, de forma equidistante, a uma profundidade de 0,02 m. Aos 22 DAS realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se apenas três plantas por vaso, as de melhor vigor e aos 30 e 40 DAS foram realizados novos desbastes, onde eliminou-se em cada um, uma planta por vaso.

O solo foi mantido em capacidade de campo com irrigações diárias, mensuradas pelo consumo de água, obtido pelo método da lisimetria de drenagem, ou seja, o volume aplicado menos o drenado, acrescido de fração de lixiviação média de 10%. As plantas foram irrigadas conforme as fases fenológicas e levando em consideração as seguintes estratégias de manejo: 1- Sem estresse salino durante a fase vegetativa e com estresse salino na fase de formação da produção e 2- Com estresse salino durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. As plantas submetidas à estratégia de manejo 1, foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) durante a fase vegetativa, sendo o término com o início da emissão do botão floral em 90% das plantas e, com o início da florescimento, as plantas foram irrigadas com águas salinas estendendo-se até o final do ciclo da cultura e na estratégia de manejo 2, as plantas foram submetidas a irrigação com águas de salinidades crescentes desde a semeadura até o final do ciclo da cultura.

Avaliaram-se aos 120 dias após o semeio (DAS), o conteúdo de potássio (K^+) e sódio (Na^+) nas folhas, caule e raízes, o número de frutos (NFruRP) e o de sementes (NSemRP) do racemo primário. Para determinação do conteúdo de K^+ e Na^+ foram coletadas todas as folhas, caule e raízes das plantas conforme os respectivos tratamentos estudados, cujo o material vegetal amostrado foi lavado com água destilada e após o acondicionamento em sacos de papel devidamente identificados foram postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C , até a obtenção de massa constante. Após a secagem, as amostras foram moídas e submetidas a análises químicas segundo metodologia recomendadas por Silva (1999). As análises do respectivo material foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas (LSNP) do CCTA/UFCG. A colheita do racemo primário foi realizada manualmente quando 90% dos frutos atingiram sua maturação fisiológica, e na sequência foram separados e identificados por tratamento e repetição, e para completar a secagem foi feita a exposição ao sol. Após secagem, determinou-se o número de frutos e de sementes no racemo primário.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F; quando significativo, realizou-se análise de regressão para o fator 'níveis de CEa' e o teste de Tukey para comparação de médias ao nível de 0,05 de probabilidade para o fator "fases fenológicas" e "doses de nitrogênio" utilizando do software estatístico SISVAR-ESAL.

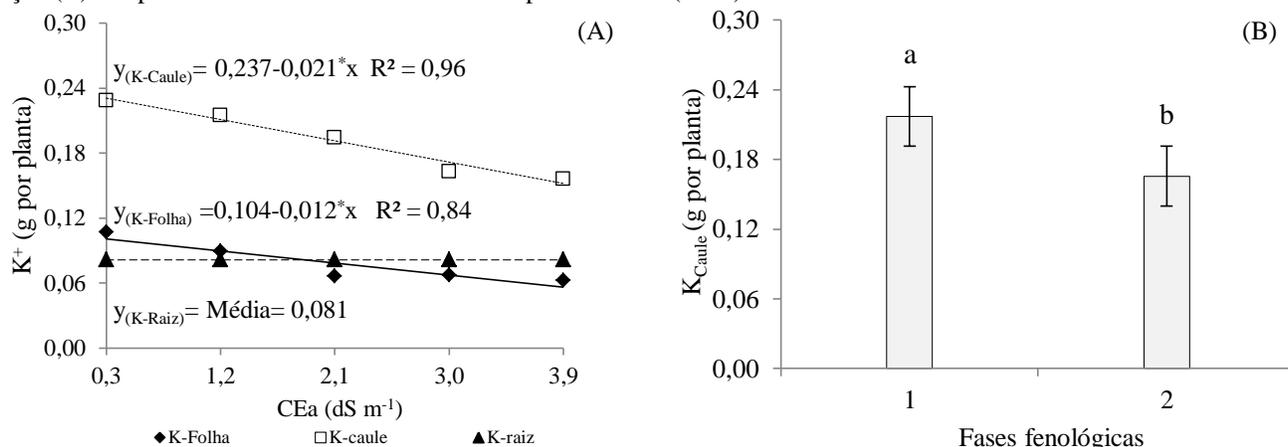
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conteúdo de potássio nos tecidos foliares e caulinar e o de sódio nas folhas, caule e raízes e número de frutos e de sementes do racemo primário foram afetados significativamente pelos os níveis de salinidade da água de irrigação. Em relação ao fator fases fenológicas, houve diferença significativa para o conteúdo de potássio nos tecidos do caule e das raízes e para o conteúdo de sódio nos tecidos foliar e das raízes. E não houve efeito significativo do fator doses de nitrogênio e da interação entre os fatores ($S \times FF$; $FF \times DN$; $S \times FF \times DN$) sobre nenhuma variável estudada. A ausência de interação significativa denota-se que o efeito dos níveis salinos e doses de N sobre fases fenológicas ocorrem de modo semelhante.

Com base nas equações de regressão obtidas para o conteúdo de potássio acumulado nos tecidos foliar e caulinar (Figura 1A), verifica-se ser linear o efeito dos níveis de salinidade da água sobre o conteúdo de K^+ foliar e caulinar, que observa-se medida que se elevaram os níveis salinos da água de 0,3 para $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ houve uma tendência para a concentração de potássio diminuir, sendo encontrado valor máximo de 0,043 e 0,075 g respectivamente, no conteúdo de potássio das folhas e caule das plantas irrigadas com água de menor nível de salinidade. O teor de K^+ nas raízes não foi influenciado pela salinidade da água de irrigação. Contudo, a irrigação com água de CEa variando de 0,3 a $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou um acúmulo médio de potássio sobre as raízes de 0,081 g por planta (Figura 1A). Os resultados obtidos evidenciam não ter ocorrido mecanismos de exclusão dos íons tóxicos (Na^+) após o processo de absorção, resultando em acúmulo no caule da planta ao longo do tempo (GORHAM et al., 1988), o que possivelmente pode ser explicado pelo fato deste íon, durante seu transporte na planta, ou seja, das raízes até as folhas, ser eliminado do fluxo transpiratório para ser compartimentalizados nos tecidos do caule (SILVA, 1998).

Pela Figura 1B visualiza-se superioridade no conteúdo de potássio caulinar das plantas cultivadas com água de baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) na primeira fase de desenvolvimento (vegetativa) e irrigada com águas salinas na fase de formação da produção. Verifica-se (Figura 1B) que, com o aumento do tempo de exposição das plantas ao estresse salino houve uma diminuição no conteúdo de potássio no caule, sendo que, as plantas submetidas à irrigação com águas salinizadas na fase vegetativa e de formação da produção, ou seja, durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, obtiveram um maior declínio no conteúdo de K^+ nos tecidos caulinares, o que pode estar relacionado à alta concentração de Na^+ na água de irrigação que, certamente, contribuiu para tal redução.

Figura 1. Conteúdo de potássio nos tecidos foliares (K_{Folha}), caulinar (K_{caulinar}), radicular ($K_{\text{raízes}}$), em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A) e conteúdo de K_{caulinar} em função das fases fenológicas: 1-Vegetativa; 2-Formação da produção (B) das plantas de mamoneira aos 120 dias após o semeio (DAS)

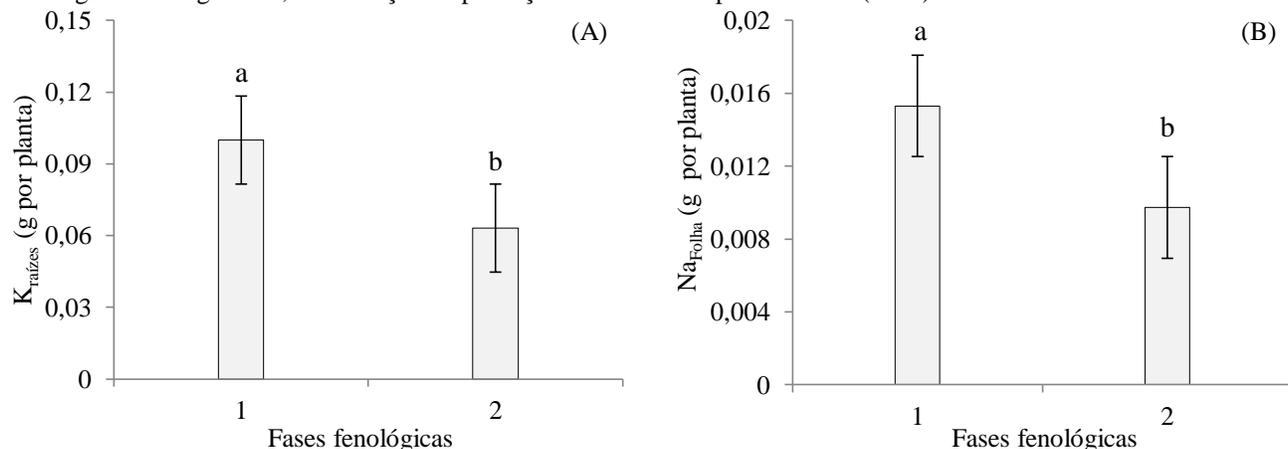


Por outro lado, o incremento na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente K e Ca, e interferem nas funções fisiológicas (FERREIRA-SILVA et al., 2008), todavia, a habilidade de genótipo de plantas em manter altos teores de K dentro do tecido é um dos mecanismos chaves que contribui para expressar maior tolerância à salinidade (MANSOUR, 2003), por se tratar do principal íon no ajustamento osmótico e na manutenção da turgescência celular (MUNNS, 2002).

Para a variável conteúdo de potássio nos tecidos das raízes, nota-se comportamento semelhante ao observado para o acúmulo de potássio nos tecidos caulinar e conforme a Figura

2A, pode-se verificar, que as médias em relação ao conteúdo de potássio nos tecidos caulinar diferiram estatisticamente, de forma que as plantas ao serem irrigadas com água de baixo nível salino ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) na fase vegetativa e com posterior irrigação com as águas salinas na fase de formação da produção, apresentaram superioridade em termos de conteúdo de $K_{\text{raízes}}$, comparada à as que receberam águas de níveis crescentes de salinidade durante a fase vegetativa e de formação da produção, evidenciando que a resposta da mamoneira ao potássio nos tecidos das raízes depende em parte, do estágio de desenvolvimento da cultura e do nível salino da água ou do solo.

Figura 2. Conteúdo de potássio nos tecidos radicular- $K_{\text{raízes}}$ (A) e de sódio- Na_{folha} (B) das plantas de mamoneira, em função das fases fenológicas: 1-Vegetativa; 2-Formação da produção aos 120 dias após o semeio (DAS)



De acordo com Schroeder et al. (1994), em ambientes salinos onde o Na^+ predomina em relação ao K^+ , a exigência nutricional da planta em relação a este último pode ser prejudicada, sugerindo ser semelhante o mecanismo de absorção desses cátions.

Com relação ao conteúdo de sódio foliar, verifica-se na Figura 2B, diferença estatística entre as fases fenológicas (vegetativa e formação da produção). Observando-se, ainda na Figura 2B, as médias em cada fase fenológica, percebe-se que

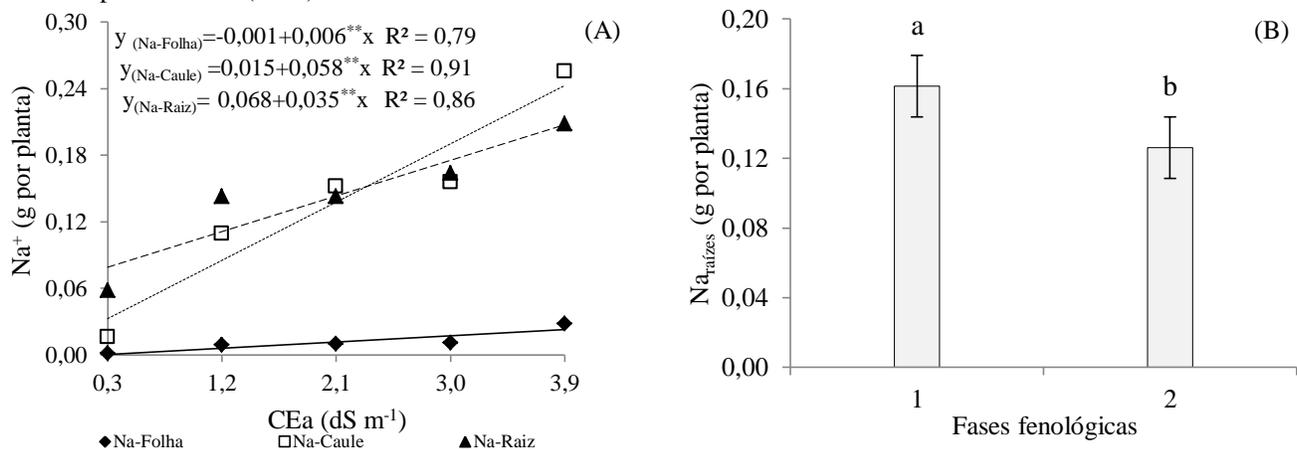
as plantas ao serem irrigadas com águas de níveis crescentes de salinidade desde a fase vegetativa foram as que mais concentraram sódio nos tecidos foliares ($0,015 \text{ g por planta}$), obtendo conteúdo de sódio foliar superior as plantas que receberam águas salinas apenas na fase de formação da produção. Este aumento no conteúdo de Na^+ nas folhas com o incremento dos níveis salinos pode estar associado à perda da seletividade da membrana, o que provavelmente contribuiu para um aumento expressivo deste cátion nos tecidos foliares e/ou a

compartimentalização intracelular dos íons de Na^+ para folhas senescentes, causando como consequência à abscisão foliar, como alternativa de dessalinização, evitando que os mesmos atinjam os processos e as funções essenciais do vegetal. Outrossim, este comportamento resultou, provavelmente, de alteração no balanço hormonal, na perda de turgescência das células-guarda e na redução generalizada da atividade metabólica da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Aumento na concentração de sódio nos tecidos das plantas também foi reportado por Silva et al. (2009), avaliando a influência da salinidade na acumulação de Na^+ , Cl^- e K^+ em plantas jovens de pinhão manso, verificaram acúmulo excessivo de Na^+ , sendo este proporcional ao aumento das doses de NaCl chegando a 661% na dose mais elevada de salinidade (100 mM).

No que se refere ao conteúdo de sódio nos tecidos foliares, caulinar e das raízes das plantas de mamoneira, vê-se pelas equações de regressão (Figura 3A) que o aumento da CEA proporcionou efeito linear, cujos acréscimos foram respectivamente, na ordem de 600; 386,6 e 51,14% para cada incremento unitário da salinidade de irrigação, ou seja, as plantas submetidas à CEA de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$, apresentaram aumento no conteúdo de Na^+ de 0,021; 0,20 e 0,37 g nos tecidos das folhas, caule e raízes respectivamente, em comparação às irrigadas com $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. Verifica-se ainda a partir das equações regressão (Figura 2A) que o conteúdo de sódio nos tecidos foliares, caulinar e das raízes foram mais pronunciados nas plantas que receberam irrigação com água de condutividade elétrica de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$, sendo obtido o maior teor de Na^+ nos tecidos foliares.

Figura 3. Conteúdo de sódio nos tecidos foliares (Na_{Folha}), caulinar ($\text{Na}_{\text{caulinar}}$) e radicular ($\text{Na}_{\text{raízes}}$) das plantas de mamoneira, em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEA (A) e das fases fenológicas: 1-vegetativa; 2-Formação da produção (B) aos 120 dias após o semeio (DAS)



Nobre et al. (2013) conduzindo experimento sob condições de campo com a cultura da mamoneira cv. BRS Energia, avaliando o efeito da irrigação com águas de salinidades crescentes e a aplicação das doses de nitrogênio sobre o acúmulo de NPK e sódio, constataram, assim como no presente estudo, haver aumento linear sobre o acúmulo de sódio nos tecidos foliar e do caule das plantas de mamoneira.

Assim como observado para o conteúdo de Na_{Folha} , o fator fases fenológicas exerceu influência significativa sobre a o conteúdo de sódio caulinar e pelos dados apresentados na Figura 3B, constata-se que, as plantas quando expostas ao estresse salino desde a fase vegetativa apresentaram um conteúdo de $\text{Na}_{\text{raízes}}$ superior ao observado nas plantas submetidas a irrigação com águas de distintos níveis salinos apenas na fase de formação da produção. O incremento no conteúdo em função das fases fenológicas pode estar relacionado à exposição direta das raízes ao sal, o que provoca alterações na integridade e permeabilidade seletiva da membrana plasmática (VIÉGAS et al., 2001). Outrossim, este elevado conteúdo de Na^+ no tecido vegetal durante a exposição das plantas ao estresse salino representou um dos principais efeitos desse estresse sobre o metabolismo vegetal.

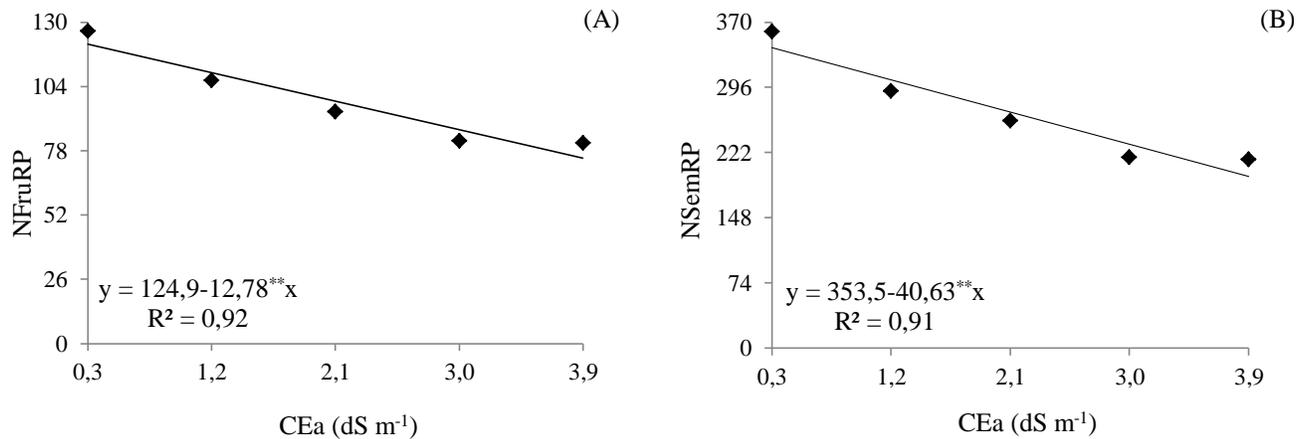
O componente iônico da salinidade pode causar danos irreparáveis em estruturas celulares as quais podem comprometer a eficiência metabólica e até mesmo provocar a morte celular (SHI et al., 2002). Corroborando com o presente estudo, Silva et al. (2009) em trabalho com o pinhão manso, também constataram aumento nas concentrações de Na^+ no sistema radicular, sendo obtido no nível mais elevado de salinidade (100 mM) incremento de 1250%. A partir dos dados obtidos para teor de sódio nos diferentes órgãos da mamoneira é possível verificar que o maior teor deste cátion, ocorreu nos tecidos do caule, onde conforme Santos et al. (2009) esta resposta esta relacionada possivelmente com a capacidade das plantas em diminuir a concentração deste elemento nos órgãos fotossinteticamente ativos, possibilitando a manutenção de produção contínua de folhas, fator este considerado positivo na definição da tolerância da cultura ao estresse salino, podendo se caracterizar como um mecanismo de proteção do metabolismo contra o excesso de sódio nas folhas.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou expressivamente o número de frutos total da mamoneira e de acordo com a equação de regressão (Figura 4A) percebe-se declínio de 10,23% por aumento unitário da CEA, equivalente a uma redução de 36,83% no NFruRP das plantas

irrigadas com água de $3,9 \text{ dS m}^{-1}$ quando comparado com as que estavam sob o menor nível salino ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). Os decréscimos na produção da mamoneira em consequência do aumento da CEa pode ser atribuída à menor absorção de água pelas plantas, devido principalmente a redução do potencial osmótico da

solução do solo provocada excesso de íons, dificultar a entrada de água nas células da planta, diminuindo dessa forma, a assimilação de CO_2 , a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese das plantas (GULZAR et al., 2003).

Figura 4. Número de frutos – NFruRP (A) e de sementes - NSemRP (B) do racemo primário das plantas de mamoneira, em função da condutividade elétrica da água – CEa, aos 120 dias após a semeadura



Em relação ao número de sementes do racemo primário, verifica-se conforme equação de regressão (Figura 4B) que o fator níveis de salinidade da água de irrigação afetou linearmente e de forma negativa, promovendo diminuição no NSemRP de 10,23% por aumento unitário da CEa. Observa-se ainda de acordo com a equação de regressão (Figura 1B) que as plantas de mamoneira quando foram irrigadas com água de maior CEa ($3,9 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram uma redução de 146,27 sementes (36,83%) em relação as que receberam níveis de CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$. Conforme Munns et al. (2006) plantas cultivadas sob estresse salino podem ter acúmulo de sais nas vias transpiratórias, o que provoca danos nos tecidos foliares, levando à inibição mais acentuada da fotossíntese e, por consequência, afeta as variáveis de crescimento e produção. Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Lima et al. (2012), analisando os efeitos da irrigação com água de diferentes salinidades (CEa: $0,4$ à $4,4 \text{ dS m}^{-1}$) e doses de adubação nitrogenada no cultivo da mamoneira cv. BRS Energia, constataram reduções no número de sementes do racemo secundário de 12,60% por aumento unitário da CEa.

CONCLUSÕES

O aumento dos níveis de salinidade da água eleva a concentração de sódio nas folhas, caule e raízes, sendo o efeito variável de acordo com os estádios de desenvolvimento;

A maior concentração de K^+ nas folhas, caule e raízes é obtida quando se irriga com água de CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$;

Os diferentes níveis de CEa afeta de forma negativa a produção, independente da fase de desenvolvimento;

Doses de N e a interação entre os fatores estudados não interferem sobre a concentração de K^+ e Na^+ em nenhuma parte avaliada.

REFERÊNCIAS

- AMOR, F. M. del. RUIZ-SANCHEZ, M. C.; MARTINEZ, V.; CERDA, A. Gás exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.23, p.1315-1325, 2000.
- 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, p.57-61, 2005.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; VOIGT, E. L.; SOARES, L. S. P.; VIÉGAS, R. A. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.20, p.51-59, 2008.
- FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (eds.). O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 13, p. 295-336.
- GORHAM, J. TOMAR, O.S.; WYN JONES, R.G. Salinity induced changes in the chemical composition of *Leucaena leucocephala* and *Sesbania bispinosa*. *Journal of Plant Physiology*, v.132, p. 678–682, 1988.

- GULZAR, S.; KHAN, M.A.; UNGAR, I.A. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. *Soil Sci. Plant Ana*, v.34, p. 2595-2605, 2003.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; LOURENÇO, G. S. Resposta da mamoneira cv. BRS Energia a diferentes níveis de salinidade da água e doses de nitrogênio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, p.79-87, 2012.
- MANSOUR, M. M. F.; SALAMA, K. H. A.; AL-MUTANA, M. M. Transport of protein and salt tolerance in plants. *Plant Science*, v.146, p.891-900, 2003.
- MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. de. Influência da fertirrigação nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, p.31- 42, 2010.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, v. 25, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; JAMES, R. A.; LÄUCHLI, A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, v.57, p.1025-1043, 2006.
- NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; LOURENÇO, G. da S.; SOARES, S. da S. Acúmulo de NPK e sódio na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.1066-1073, 2013.
- 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. p. 189-253. 1991.
- QUEIROZ, S. O. P. de.; BULL, L. T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo. *Revista Irriga*, v. 6, n. 2, p. 124-134, 2001.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas salinas para produção agrícola. UFPB, 2000, 117p. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 48, revisado.
- SANTOS, P. R. dos; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Acúmulo de cátions em dois cultivares de feijoeiro crescidos em soluções salinas. *Revista Ceres*, v. 56, p. 666-678, 2009.
- SCHROEDER, J. I.; WARD, J. M.; GASSMANN, W. Perspectives on the physiology and structure of inward-rectifying K^+ channels in higher plants: Biophysical implications for K^+ uptake. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, v. 23, p.441-471, 1994.
- SHI, H.; QUINTERO, F. J.; PARDO, J. M.; ZHU, J. K. The putative plasma membrane Na^+/H^+ antiporter SOS1 controls long-distance Na^+ transport in plants. *The Plant Cell*, v.14, p.466-477, 2002.
- SILVA, E. N. da; SILVEIRA, J. A. G.; FERNANDES, C. R. R.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. de. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansão sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, p.240-246, 2009.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, p. 370, 1999.
- SILVA, J. V. Efeitos do $CaCl_2$ no crescimento e acumulação de osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas com $NaCl$. 103 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, 1998.
- SILVA, J. V.; LACERDA, C. F. de; COSTA, P. H. A. da; ENÉAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological responses of $NaCl$ stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with $CaCl_2$. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.15, p.99-105, 2003.
- 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 719 p.
- VIÉGAS, R. A.; QUEIROZ, J. E.; SILVA, L. M. de M.; SILVEIRA, J. A. G.; ROCHA, I. M. A.; VIÉGAS, P. R. A. Plant growth, accumulation and solute partitioning of four Forest species under salt stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p. 258-262, 2003.
- ZENG, L.; SHANNON, M.C.; LESCH, S. M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. *Agricultural Water Management*, v.48, p.191-206, 2001.