

Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento

Biomass accumulation and nutrient extraction by cowpea plants irrigated with saline water at different growth stage

Antonia Leila Rocha Neves^I Claudivan Feitosa de Lacerda^{I*} Francisco Valderéz Augusto Guimarães^{II}
Fernando Felipe Ferreyra Hernandez^{III} Flávio Batista da Silva^I José Tarquinio Prisco^{IV}
Hans Raj Gheyi^V

RESUMO

A utilização de águas de moderada e alta salinidade na agricultura é uma realidade cada vez mais próxima, tendo em vista a limitada disponibilidade de águas de baixa salinidade para expansão da agricultura irrigada. O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da aplicação de água salina sobre o crescimento e a extração de nutrientes pela cultura nos diferentes estádios de desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda. O experimento foi conduzido em condições de campo, no delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos empregados foram: T1 - água do poço (CEa de 0,8dS m⁻¹) durante todo o ciclo; T2 - água salina (CEa de 5,0dS m⁻¹) durante todo o ciclo; T3, T4 e T5 - água salina de zero a 22 dias após a semeadura (DAS), de 23 a 42DAS e de 43 a 62DAS, respectivamente. As plantas dos tratamentos T3, T4 e T5 foram irrigadas com água do poço nas demais fases do ciclo. Aos oito, 23, 43 e 63DAS, grupos de, no mínimo, quatro plantas foram coletadas para a determinação da produção de matéria seca e dos teores de Na, Cl, K, Ca, N, P, Fe, Cu, Zn e Mn. Foram avaliados os totais extraídos e a distribuição dos nutrientes na planta. A aplicação de água salina durante todo o ciclo (T2) e na germinação e fase inicial de crescimento (T3) inibiu e retardou, respectivamente, o crescimento da cultura. As plantas de feijão-de-corda extraíram os minerais analisados na seguinte ordem decrescente: N > K > Cl > Ca > Na > P > Fe > Mn > Zn > Cu, e a aplicação contínua de água salina (T2) reduziu a extração da maioria dos nutrientes, com exceção do Na. Os minerais Na, Cl, K, Ca, Fe e Mn permaneceram preferencialmente nas partes vegetativas, enquanto N e P foram translocados, em maiores proporções, aos frutos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, crescimento, absorção de minerais, salinidade.

ABSTRACT

Due to the limited availability of low salinity waters, the use of water of moderate to high salinity in agriculture is a close reality in the expansion of irrigated farms. The objective of this research was to evaluate the effect of irrigation with saline water, applied at different development stages of cowpea plants, on growth and nutrient uptake. The experiment was set up in the field during the dry season. A completely randomized block design, with five treatments and five replications was adopted. The treatments studied were: T1 - groundwater with electrical conductivity (ECw) of 0.8dS m⁻¹ during the whole crop cycle; T2 - saline water (ECw = 5.0dS m⁻¹) during the whole crop cycle; T3, T4 and T5 - saline water from 0 to the 22nd day after sowing (DAS), from the 23rd to the 42nd DAS and from the 43rd to 62nd DAS, respectively. The plants subjected to T3, T4 and T5 were irrigated with groundwater in the other stages of the crop cycle. At 8, 23, 43 and 63DAS plants were collected for evaluation of plant growth, Na, Cl, K, Ca, N, P, Fe, Cu, Zn and Mn contents and distribution in plant parts. The application of saline water during the whole crop cycle (T2) and during the germination and initial plant development (T3) caused, respectively, inhibition and retardation of plant growth. Cowpea plants removed the minerals in the following decreasing sequence: N > K > Cl > Ca > Na > P > Fe > Mn > Zn > Cu, but the continuous use of saline water (T2) reduced the total uptake of all nutrients, except for Na. The minerals Na, Cl, K, Ca, Fe and Mn were distributed preferentially in the vegetative parts of the plant, while most of the N and P were translocated to the pods.

Key words: *Vigna unguiculata*, plant growth, mineral uptake, salinity.

^IDepartamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará (UFC), Bloco 804, Campus do Pici, 60455-970, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: cfeitosa@ufc.br. *Autor para correspondência.

^{II}Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Fortaleza, CE, Brasil.

^{III}Departamento de Ciências do Solo, UFC, Fortaleza, CE, Brasil.

^{IV}Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, Fortaleza, CE, Brasil.

^VDepartamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB, Brasil.

INTRODUÇÃO

O processo de salinização dos solos é um problema comum em regiões áridas e semi-áridas e se dá pelo acúmulo predominante dos cátions Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e dos ânions Cl^- e SO_4^{2-} . Nessas regiões, é também comum a ocorrência de fontes de água com elevada concentração total de sais e com elevadas concentrações de sódio - dois fatores que reduzem a qualidade desse recurso para utilização na agricultura. Como consequência desse processo, tem-se perda da capacidade produtiva dos solos e enormes prejuízos socioeconômicos.

Em função da estabilidade de produção no semi-árido, a cultura de feijão-de-corda pode oferecer grande contribuição para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de alimentos (FREIRE FILHO et al., 2005), além de ser uma cultura que apresenta grau moderado de tolerância tanto à salinidade, quanto ao déficit hídrico (AYERS & WESTCOT, 1999; DADSON et al., 2005). Embora existam muitos estudos relacionados com a tolerância do feijão-de-corda à salinidade sob condições de laboratório e casa de vegetação (MAAS & POSS, 1989; DANTAS et al., 2002; LACERDA et al., 2006), poucas são as informações sobre os efeitos da salinidade da água de irrigação em diferentes estádios de desenvolvimento dessa cultura, especialmente sob condições de campo.

A utilização de águas salinas, bem como o reuso de águas de drenagem na irrigação, dependem de estratégias de longo prazo que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos sistemas agrícolas, permitindo a obtenção de colheitas rentáveis sem que ocorra degradação do solo. Dentre essas estratégias, é possível citar: o cultivo de espécies tolerantes, a utilização de práticas de manejo do solo, a rotação de culturas, as misturas de águas de diferentes qualidades e o uso de diferentes fontes de água em diferentes estádios de desenvolvimento da planta (OSTER et al., 1984; MAAS & POSS, 1989; GLENN et al., 1998; SHARMA & RAO, 1998; MALASH et al., 2005; MURTAZA et al., 2006; CHAUHAN & SINGH, 2008).

De maneira geral, a redução no crescimento e na produtividade pode ser consequência de efeitos da diminuição do potencial osmótico, provocando redução na disponibilidade de água, ou de efeitos específicos de íons que podem acarretar toxidez ou desequilíbrio nutricional nas plantas. Apesar de muitos trabalhos terem demonstrado os efeitos da salinidade na nutrição mineral das plantas, verifica-se que as respostas são bastante variáveis e complexas

(LACERDA, 2005). Essas respostas variam em função do tipo de planta, do índice de salinidade, da concentração do nutriente e das condições de crescimento. Além disso, o estágio de desenvolvimento da planta e a duração do estresse podem alterar as quantidades de minerais extraídos do solo. Também é relevante o fato de que o menor crescimento pode resultar em menor extração de nutrientes pelas culturas, o que favorece a lixiviação de nutrientes e a contaminação do lençol freático. Vale salientar que são escassos os estudos que quantificam a extração de nutrientes do solo em plantas sob estresse salino.

Neste trabalho, foram avaliados o acúmulo de matéria seca e as quantidades extraídas de Na, Cl, K, Ca, N, P, Fe, Cu, Zn e Mn ao longo do ciclo do feijão-de-corda, em função da irrigação com água salina aplicada nos seus diferentes estádios de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento foram utilizadas sementes de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] cultivar 'Epace 10'. O experimento foi conduzido em condições de campo, durante a estação seca do ano de 2006 (outubro a dezembro), em uma área de ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, em Fortaleza, Ceará, Brasil (3°45'S; 38° 33' W e altitude de 19m em relação ao nível do mar). De acordo com a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima Aw'.

A semeadura foi feita colocando-se três sementes por cova. Após oito dias (DAS), foi feito o desbaste, deixando-se duas plantas por cova. As plantas foram cultivadas em espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,3m entre plantas, sendo submetidas aos seguintes tratamentos de irrigação: T1 - com água de baixa salinidade (CEa em torno de 0,8dS m^{-1}) durante todo o ciclo; T2 - com água salina (CEa de 5,0dS m^{-1}) desde a emergência até o final do ciclo; T3 - água salina, que foi utilizada da semeadura até 22DAS, correspondendo às fases de germinação, emergência e crescimento inicial, e água de baixa salinidade no restante do ciclo; T4 - água salina aplicada dos 23 aos 42DAS (fase de intenso crescimento vegetativo até a pré-floração) e água de baixa salinidade nas demais fases do ciclo; T5 - água de baixa salinidade da semeadura até 42DAS e água salina aplicada a partir de 43DAS (floração e frutificação). O valor de 5,0dS m^{-1} foi escolhido com base nos trabalhos de DANTAS et al. (2002) e ASSIS JÚNIOR et al. (2007). Essa concentração de sais na água de irrigação causa redução na produtividade na faixa de 40%, sendo superior à

salinidade limiar da cultura que, segundo AYERS & WESTCOT (1999), é de 3,3dS m⁻¹. Para o preparo das águas, foram adicionados à água de baixa salinidade os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo-se proporção equivalente de 7:2:1 entre Na, Ca e Mg, obedecendo-se a relação entre CEa e sua concentração (mmol L⁻¹ = CE x 10), conforme RHOADES et al. (2000).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, gerando, assim, uma área com 25 parcelas. Cada parcela teve o comprimento de 5,0m com 3,2m de largura, com quatro linhas de plantas. A parcela útil consistiu de 56 plantas localizadas nas duas fileiras centrais.

A água foi aplicada em sulcos nivelados e fechados, e as lâminas de irrigação foram definidas com base nos valores de evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos pela aplicação do método do Tanque Classe A (DOOREMBOS & PRUITT, 1977; ALLEN et al., 1998) e dos coeficientes de cultura (K_c) recomendados por SOUZA et al. (2005), adicionando-se a fração de lixiviação de 13%, que, por sua vez, foi calculada de acordo com AYERS & WESTCOT (1999). O turno de rega utilizado foi de três dias, e as plantas de todos os tratamentos foram irrigadas até os 62DAS. A lâmina total de água aplicada ao longo do ciclo das plantas e em todos os tratamentos foi de 353mm.

Na adubação das plantas, foram utilizados 1,1g de uréia, 8g de superfosfato simples e 1,5g de cloreto de potássio por cova, correspondendo às doses de 20, 60 e 30kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (FERNANDES, 1993). As doses de uréia e superfosfato simples foram aplicadas por ocasião da semeadura, enquanto a dose de cloreto de potássio foi aplicada metade na semeadura e metade 30DAS. Os adubos foram aplicados em sulco de 5cm de profundidade feito ao redor das duas plantas e distanciados de 5cm entre estas.

Por ocasião do desbaste (oito dias após a semeadura) e aos 23, 43 e 63DAS, grupos de plantas (20 plantas no desbaste, quatro nas coletas intermediárias e oito na coleta final), em competição plena em cada tratamento, foram coletados, separando-se folhas (limbos foliares) e hastes (ramos e pecíolos). Nas coletas intermediárias e na coleta final, eram retiradas duas plantas da mesma cova, localizadas nas duas fileiras centrais (parcela útil). Após a obtenção de massa fresca, amostras homogêneas de aproximadamente 200g de folhas e hastes foram acondicionadas em sacos de papel e, depois de secas em estufa a 60°C, foram pesadas para obtenção da matéria seca. A produção de matéria seca foi obtida multiplicando-se a produção de massa fresca pelo teor

de matéria seca das diferentes partes da planta. No final do ciclo (58 a 71DAS), também foram coletados os frutos secos, separando-se os pericarpos e grãos.

As amostras secas (limbos foliares, hastes, pericarpos e grãos) foram trituradas em moinho tipo Wiley e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, sendo esse o material utilizado nas determinações dos teores dos elementos minerais (N, K, Ca, P, Na, Cl, Fe, Cu, Zn e Mn), de acordo com as metodologias descritas por MALAVOLTA et al. (1997).

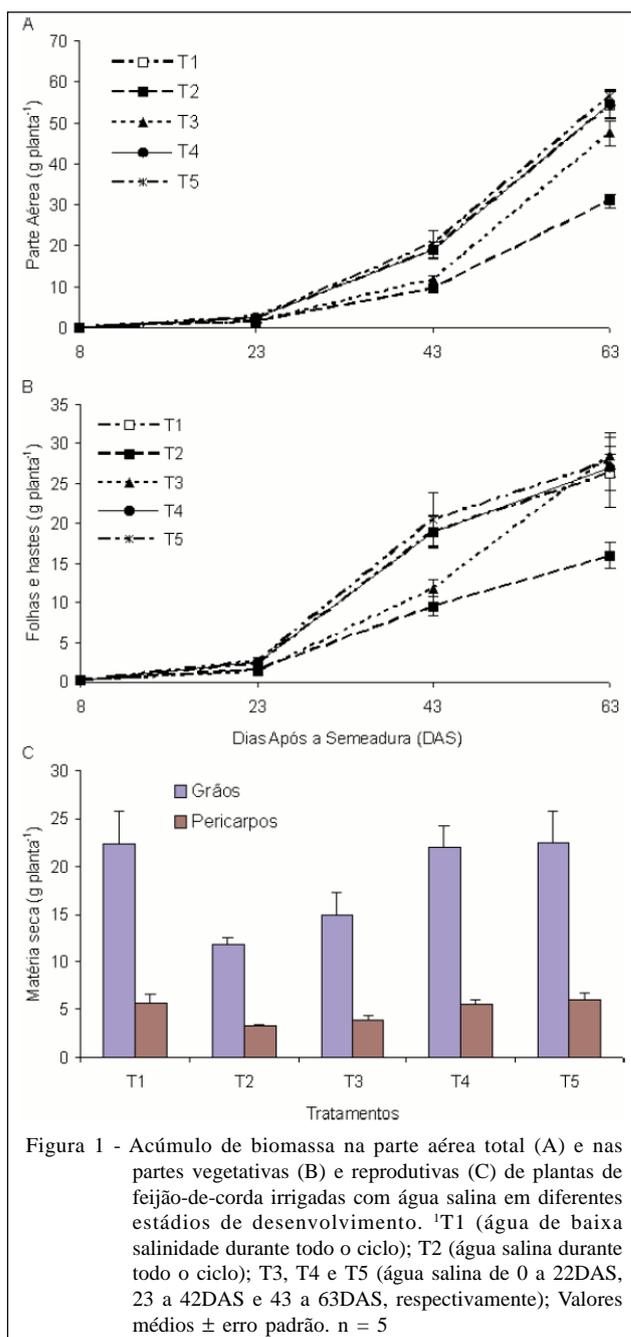
Com os dados de produção de matéria seca e os teores de minerais, foram calculados os totais extraídos de cada elemento mineral, e a distribuição percentual nas diferentes partes das plantas foram analisadas. Os resultados de massa seca e dos totais de minerais extraídos foram submetidos à análise de variância por meio do programa SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acúmulo de matéria seca

As curvas de crescimento das plantas de T1, T4 e T5 são similares, sendo observado maior incremento na matéria seca depois dos 23DAS (Figura 1). Nos tratamentos T4 e T5, em que a água salina foi utilizada dos 23DAS aos 42DAS e dos 43DAS aos 63DAS, respectivamente, não houve diferença significativa no crescimento das plantas desses tratamentos quando comparados com o T1, que foi irrigado com água de baixa salinidade, mostrando que o uso de água salina (CEa de 5dS m⁻¹) nesses estádios de desenvolvimento não interferiu no crescimento da cultura. As plantas que foram irrigadas com água salina desde a semeadura até os 22DAS (T3) tiveram atraso de crescimento até os 43DAS (Figura 1A e B), não se diferenciando, até esse momento, das plantas do T2; a partir de 43DAS, quando já eram irrigadas com água de baixa salinidade, as plantas apresentaram taxa de ganho de massa seca mais elevada do que no período anterior, especialmente em relação ao crescimento vegetativo, conforme se pode verificar pela maior inclinação positiva da reta de crescimento de massa seca de folhas e hastes (Figura 1B) nesse período. No entanto, isso não foi suficiente para que as plantas do T3 se igualassem em termos de massa seca acumulada às plantas dos tratamentos T1, T4 e T5 aos 63DAS (Figura 1A), visto que a produção de grãos foi inferior nas plantas daquele tratamento (Figura 1C).

Com relação às plantas do T2 (aplicação contínua de água salina durante todo o ciclo), estas apresentaram a menor produção de matéria seca ao



final do ciclo, sendo esse resultado semelhante aos observados por DANTAS et al. (2002) e ASSIS JÚNIOR et al. (2007). A redução na produção de matéria seca nessa cultura está associada aos efeitos osmóticos, tóxicos e nutricionais decorrentes do acúmulo de sais na zona radicular da planta, que afetam a assimilação líquida de CO_2 , inibem a expansão foliar e aceleram a senescência de folhas maduras, reduzindo, conseqüentemente, a área destinada ao processo

fotossintético e à produção total de fotoassimilados (MUNNS, 2002; LACERDA et al., 2006; WILSON et al., 2006), afetando negativamente a produtividade da cultura (Figura 1C).

Extração e distribuição de minerais

Os conteúdos de nutrientes minerais na planta foram influenciados pelos tratamentos e pelas épocas de coleta ($P < 0,01$). Os totais de nutrientes extraídos aos 8DAS foram baixos e não diferiram entre os diferentes tratamentos (Tabelas 1 e 2), ao passo que aos 23DAS os valores da maioria dos nutrientes (K, P, N, Fe, Zn e Mn) foram menores nos tratamentos T2 e T3, sendo os menores valores encontrados nesse último, refletindo os maiores efeitos do estresse evidenciados também pelo menor ganho de massa seca nas plantas desse tratamento (Figura 1A). De modo geral, as maiores quantidades de nutrientes extraídas do solo foram verificadas nas fases de intenso crescimento vegetativo (23 a 42DAS) e durante o período reprodutivo (após 43DAS). Isso reflete o acúmulo de matéria seca na planta e a demanda para a formação de vagens, sendo esse resultado comumente observado em outros estudos (PRATA, 1999; MELO et al., 2005). Os minerais analisados foram extraídos na seguinte ordem decrescente: $\text{N} > \text{K} > \text{Cl} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{P} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$. OLIVEIRA & DANTAS (1984) encontraram seqüência similar para os nutrientes extraídos pelo feijão-de-corda, porém maior extração de K em relação ao N e maiores extrações de Ca. Esses pesquisadores não quantificaram as extrações de Na e de Cl. A elevada extração de N é justificada pela eficiência da fixação biológica desse elemento no feijão-de-corda em associação com bactérias do solo (RUMJANEK et al., 2005). Por outro lado, as elevadas quantidades extraídas de Na e Cl, no presente estudo, se devem à presença destes na água de irrigação, inclusive na água de baixa salinidade, e à aplicação do cloreto na adubação potássica (KCl).

Comparando-se os tratamentos, verificou-se que a aplicação contínua de água salina (T2) reduziu os totais extraídos de K, Ca, P, N e Cl (Tabela 1) e de Fe, Mn, Cu e Zn (Tabela 2). A menor extração de nutrientes pelas plantas desse tratamento sugere que as quantidades de adubos aplicadas em cultivos irrigados com águas salinas devem ser menores do que as aplicadas em plantas irrigadas com águas não-salinas, conforme foi também constatado por GRATTAN & GRIEVE (1999) e LACERDA (2005). A menor extração

Tabela 1 - Quantidades extraídas de K, Ca, P, N, Na e Cl em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina, em diferentes estádios de desenvolvimento.

Tratamentos ¹	-----Dias após a semeadura-----				-----Dias após a semeadura-----			
	8	23	43	63	8	23	43	63
	-----K (kg ha ⁻¹)-----				-----Ca (kg ha ⁻¹)-----			
T1	0,64 a ²	8,52 a	65,14 ab	95,84 a	0,13 a	1,97 a	23,97 a	37,15 a
T2	0,54 a	6,04 b	34,86 c	48,86 b	0,15 a	1,79 a	16,02 b	29,95 b
T3	0,52 a	4,83 b	50,32 bc	94,54 a	0,18 a	1,76 a	17,33 b	43,19 a
T4	0,62 a	10,18 a	66,42 ab	89,94 a	0,14 a	2,80 a	27,72 a	44,10 a
T5	0,59 a	11,78 a	76,37 a	97,26 a	0,13 a	2,54 a	27,98 a	38,30 a
	-----P (kg ha ⁻¹)-----				-----N (kg ha ⁻¹)-----			
T1	0,06 a	0,67 a	6,07 a	10,33 a	0,64 a	7,15 a	33,08 a	90,58 a
T2	0,05 a	0,56 b	3,04 c	5,00 b	0,58 a	5,40 b	26,04 b	59,02 b
T3	0,05 a	0,50 b	4,07 bc	8,83 a	0,61 a	4,58 b	32,67 b	95,55 a
T4	0,06 a	0,89 a	5,59 ab	9,24 a	0,66 a	7,05 a	43,81 a	102,7 a
T5	0,05 a	0,97 a	6,43 a	9,58 a	0,65 a	7,66 a	41,19 a	106,7 a
	-----Na (kg ha ⁻¹)-----				-----Cl (kg ha ⁻¹)-----			
T1	0,05 a	1,18 a	13,04 a	18,30 bc	0,31 a	5,68 a	35,16 bc	74,58 a
T2	0,05 a	1,20 a	8,72 ab	22,38 ab	0,32 a	5,09 a	27,88 c	61,04 b
T3	0,06 a	1,05 a	6,43 b	16,03 c	0,37 a	4,38 a	35,02 bc	84,07 a
T4	0,04 a	1,40 a	11,84 a	16,36 c	0,33 a	6,04 a	48,83 a	72,88 ab
T5	0,05 a	1,37 a	9,34 ab	25,96 a	0,31 a	6,72 a	46,08 ab	81,69 a

¹T1 (água de baixa salinidade durante todo o ciclo); T2 (água salina durante todo o ciclo); T3, T4 e T5 (água salina de 0 a 22DAS, 23 a 42DAS e 43 a 63DAS, respectivamente);

² Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, para cada coleta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P \geq 0, 05); n = 5.

de nutrientes em plantas sob estresse salino deve-se, principalmente, à inibição do crescimento provocada principalmente pelos efeitos osmóticos e tóxicos do excesso de sais na zona radicular (LACERDA, 2005). Além disso, o excesso de determinados nutrientes no solo pode reduzir a absorção de outros, em decorrência dos processos de competição pelos sítios de absorção nas membranas das células radiculares (MARSCHNER, 1995).

As plantas do T2 e as do T5 apresentaram maior extração de Na no final do ciclo (63DAS) em função da elevada absorção desse elemento ocorrida nesses dois tratamentos, a partir dos 43DAS. Os tratamentos T1, T4 e T5 apresentaram comportamentos similares para a quase totalidade dos minerais analisados, mas as plantas do T3 extraíram menores quantidades de Fe, Mn e Cu. As reduções observadas nesse tratamento devem-se, em parte, à menor produção de grãos nessas plantas (Figura 1C).

Em todos os tratamentos, os minerais Na, Cl, K, Ca, Fe e Mn (Tabela 3) permanecem preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores superiores a 70%. Isso mostra que os restos

culturais de feijão-de-corda constituem-se em fontes importantes desses nutrientes que podem retornar ao solo após a incorporação dos restos no final do ciclo. Por outro lado, os nutrientes N e P distribuíram-se, preferencialmente, para os frutos, que serão exportados em maiores proporções por ocasião da colheita. Os nutrientes Cu e Zn também se distribuíram preferencialmente nas partes reprodutivas, na maioria dos tratamentos. A distribuição diferencial entre as partes vegetativas e reprodutivas reflete, em grande parte, as funções do elemento e os tipos de compostos orgânicos dos quais eles fazem parte (MARSCHNER, 1995). A maior proporção de N nos frutos reflete a maior proporção de proteínas de reserva nas sementes do que na parte vegetativa.

Comparando as percentagens contidas nas partes vegetativas e reprodutivas das plantas entre os diferentes tratamentos, verificou-se que, no tratamento T3, os percentuais de K, N, P, Cu e Zn, nas partes reprodutivas, foram menores do que nos demais tratamentos (Tabela 3). Como consequência, em comparação com os demais tratamentos, as plantas desse tratamento (T3) apresentaram maiores proporções desses nutrientes na parte vegetativa. Isso

Tabela 2 - Quantidades extraídas de Fe, Mn, Cu e Zn em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina, em diferentes estádios de desenvolvimento.

Tratamentos ¹	-----Dias após a semeadura-----				-----Dias após a semeadura-----			
	8	23	43	63	8	23	43	63
	-----Fe (g ha ⁻¹)-----				-----Mn (g ha ⁻¹)-----			
T1	2,88 a ²	36,53 a	388,5 ab	1133,4 a	0,72 a	14,10 a	171,8 bc	433,3 ab
T2	2,65 a	25,77 b	187,7 b	738,6 c	0,61 a	14,63 a	139,1 c	317,9 c
T3	2,75 a	20,17 b	214,7 ab	975,4 b	0,62 a	11,25 b	154,0 c	409,6 b
T4	2,75 a	41,51 a	359,8 ab	1095,6 a	0,51 a	17,38 a	258,1 a	477,3 a
T5	2,81 a	43,68 a	420,8 a	1109,3 a	0,50 a	18,44 a	196,2 b	462,2 a
	-----Cu (g ha ⁻¹)-----				-----Zn (g ha ⁻¹)-----			
T1	0,26 a	4,04 a	23,95 a	58,98 a	0,63 a	8,20 a	111,0 a	183,1 a
T2	0,22 a	3,27 a	12,46 b	29,95 c	0,60 a	6,85 b	58,0 c	110,8 b
T3	0,18 a	2,84 a	14,66 b	42,33 b	0,64 a	6,42 b	70,0 bc	173,6 a
T4	0,17 a	2,18 a	21,24 a	55,88 a	0,56 a	10,32 a	100,6 ab	206,4 a
T5	0,17 a	2,37 a	21,42 a	52,04 a	0,56 a	12,14 a	103,8 ab	200,4 a

¹T1 (água de baixa salinidade durante todo o ciclo); T2 (água salina durante todo o ciclo); T3, T4 e T5 (água salina de 0 a 22DAS, 23 a 42DAS e 43 a 63DAS, respectivamente);

²Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, para cada coleta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P≥0, 05); n = 5.

Tabela 3 - Distribuição Na, Cl, K, Ca, N e P, em kg ha⁻¹, e de Fe, Mn, Cu e Zn, em g ha⁻¹, nas partes vegetativas e reprodutivas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina, em diferentes estádios de desenvolvimento.

Elementos	-----Tratamentos ¹ -----				
	1	2	3	4	5
	-----Partes Vegetativas ² -----				
Na	14,6 bcA (79)	19,3 abA (86)	13,8 bcA (86)	13,0 cA (79)	22,0 aA (84)
Cl	53,5 abA (71)	49,4 bA (81)	66,9 abA (80)	65,8 abA (90)	69,6 aA (85)
K	59,0 aA (60)	29,7 bA (60)	67,9 aA (72)	53,9 aA (60)	58,6 aA (60)
Ca	34,4 abA (92)	28,2 bA (94)	41,3 aA (95)	41,2 aA (93)	35,4 abA (92)
N	34,4 abB (38)	25,1 bA (42)	49,7 aA (52)	36,1 abB (35)	34,8 abB (33)
P	2,7 abB (26)	1,4 bB (29)	3,8 aA (43)	2,31 abB (25)	2,35 abB (26)
Fe	859,5 aA (75)	599,9 aA (81)	767,7 aA (79)	843,7 aA (76)	821,9 aA (74)
Mn	329,4 aA (71)	266,4 aA (82)	317,4 aA (83)	389,8 aA (81)	356,8 aA (76)
Cu	24,2 aB (41)	12,5 aA (41)	23,2 abA (55)	25,5 aA (44)	22,8 abA (44)
Zn	71,3 abB (38)	56,2 bA (50)	100,6 aA (58)	89,7 abB (43)	77,5 abB (39)
	-----Partes Reprodutivas ² -----				
Na	3,7 aB (21)	3,1 aB (14)	2,3 aB (14)	3,4 aB (21)	4,0 aB (16)
Cl	21,1 aB (29)	11,6 aB (19)	17,2 aB (20)	7,1 aB (10)	12,1 aB (15)
K	37,9 abB (40)	19,8 bA (40)	25,8 abB (28)	36,0 aB (40)	38,6 abB (40)
Ca	2,7 aB (08)	1,8 aB (06)	1,9 aB (05)	2,90 aB (07)	2,9 aB (08)
N	56,2 abA (62)	33,9 cA (58)	45,9 bcA (48)	66,7 aA (65)	71,9 aA (67)
P	7,6 aA (74)	3,6 cA (71)	5,0 bcA (57)	6,9 abA (75)	7,2 aA (74)
Fe	273,9 aB (25)	138,7 aB (19)	207,7 aB (21)	254,0 aB (23)	287,4 aB (26)
Mn	103,8 aB (29)	51,6 aB (18)	58,1 aB (17)	87,5 aB (19)	105,4 aB (24)
Cu	34,4 aA (59)	17,5 cA (59)	19,2 bcA (45)	32,7 aA (56)	29,3 abA (56)
Zn	111,8 abA(62)	54,7 bA (50)	72,0 bB (42)	116,2 aA (57)	123,0 aA (61)

¹T1 (água de baixa salinidade durante todo o ciclo); T2 (água salina durante todo o ciclo); T3, T4 e T5 (água salina de 0 a 22DAS, 23 a 42DAS e 43 a 63DAS, respectivamente);

²Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas, nas colunas, para parte da planta, e minúsculas, nas linhas, para tratamentos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P≥0, 05); valores entre parênteses representam as porcentagens em cada parte da planta.

se deveu à recuperação no crescimento vegetativo dessas plantas na fase final do ciclo (Figura 1B), sem o concomitante aumento na produção de grãos (Figura 1C).

CONCLUSÕES

A aplicação de água salina com CEa de 5,0dS m⁻¹ durante todo o ciclo e na germinação e fase inicial de crescimento inibe e retarda, respectivamente, o crescimento da cultura de feijão-de-corda. As plantas de feijão-de-corda extraem os minerais na seguinte ordem decrescente: N > K > Cl > Ca > Na > P > Fe > Mn > Zn > Cu. A aplicação contínua de água salina reduz a extração da maioria dos nutrientes, com exceção do Na. Os minerais Na, Cl, K, Ca, Fe e Mn permanecem preferencialmente nas partes vegetativas das plantas de feijão-de-corda, enquanto N e P são encontrados em maiores proporções nos frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo Setorial CT-HIDRO e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Pan evaporation method. In: **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. p.78-85. (Irrigation and drainage, 56).

ASSIS JÚNIOR, J.O. et al. 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**, v.27, n.3 p.702-713, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000400013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Doi: 10.1590/S0100-69162007000400013.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

CHAUHAN, C.P.S.; SINGH, R.B. Supplemental irrigation of wheat with saline water. **Agricultural Water Management**, v.95, p.253-258, 2008.

DADSON, R.B. et al. Effect of water stress on the yield of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] genotypes in the Delmarva region of the United States. **Journal Agronomy & Crop Science**. v.191, p.210-217, 2005. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/118738611/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>. Doi: 10.1111/j.1439-037X.2005.00155.x.

DANTAS, J.P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.425-430, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/>

[scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Doi: 10.1590/S1415-43662002000300008.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 194p.

FERNANDES, V.L.B. (coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248p.

FREIRE FILHO, F.R. et al. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 519p.

GLENN, E. et al. Water use, productivity and forage quality of the halophyte *Atriplex nummularia* grown on saline waste water in a desert environment. **Journal of Arid Environments**, v.38, p.45-62, 1998.

GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.127-157, 1999. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC3-3V92BN9-5&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=3b1bf482bd5b55760ea4fd54d7555c86. Doi: 10.1016/S0304-4238(98)00192-7.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R.J.C. et al. (eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. p.95-105.

LACERDA, C.F. et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.18, p.455-465, 2006.

MAAS, E.V.; POSS, J.A. Salt sensitive of cowpea at various growth stages. **Irrigation Science**. v.10, p.313-320, 1989.

MALASH, N. et al. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, v.78, p.25-38, 2005. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T3X-4GCX1GK-1&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=0e00b4634d0d47d8629ed6529abb2748. Doi: 10.1016/j.agwat.2005.04.016.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 674p.

MELO, F. de B. et al. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F.R. et al. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap.6, p.231-242.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant and Cell Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

MURTAZA, G. et al. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton-wheat rotation. **Agricultural Water Management**, v.81, p.98-

114, 2006. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T3X-4G24XF5-1&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=9e52c3e33728bd62b6a338c0b2ce91a7. Doi: 10.1016/j.agwat.2005.03.003.

OLIVEIRA, I.P.; DANTAS, J.P. **Sintomas de deficiências nutricionais e recomendações de adubação para o caupi**. Goiânia: EMBRAPA: CNPAF, 1984. 23p.

OSTER, J.D. et al. Management alternatives: crops, water, and soil. **California Agriculture**, v.36, p.29-32, 1984.

PRATA, E.B. **Acumulação de biomassa e absorção de nutrientes por híbridos de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. 1999. 61f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

RHOADES, J.D. et al. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

RUMJANEK, N.G. et al. Composição química da semente. In: FREIRE FILHO, F.R. et al. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Cap.8, p.339-365.

SHARMA, D.P.; RAO, K.V.G.K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. **Soil & Tillage Research**, v.48, p.287-295, 1998. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC6-3V8TMXX-5&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=ecef61e093336d15ffd66d603c287828. Doi: 10.1016/S0167-1987(98)00135-4.

SOUZA, M.S.M. et al. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. **Irriga**, v.10, n.3, p.241-248. 2005.

WILSON, C. et al. Growth response of major USA cowpea cultivars: Biomass accumulation and salt tolerance. **HortScience**, v.41, p.225-230. 2006.