



II Workshop Internacional de Inovações  
Tecnológicas na Irrigação  
&  
I Simpósio Brasileiro sobre o uso  
Múltiplo da Água  
10 a 13 de junho de 2008  
Fortaleza - CE

**EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO  
DE MICRONUTRIENTES EM PLANTAS DE  
FEIJÃO-DE-CORDA IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA  
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO**

**Francisco Leandro Barbosa da Silva<sup>1</sup>; Antonia Leila Rocha Neves<sup>2</sup>; Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>3</sup>;  
Francisco Valderez A. Guimarães<sup>4</sup>; Fernando Felipe F. Hernandez<sup>5</sup>; Daniel Rodrigues C. Feitosa<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Bolsista PIBIC/CNPq; Estudante de graduação em Agronomia; UFC, Fortaleza-CE. E-mail: leandrocmid@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Mestre em Irrigação e drenagem, UFC; Bolsista CNPq. leilaneves7@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE. E-mail: [cfeitosa@ufc.br](mailto:cfeitosa@ufc.br)

<sup>4</sup> Doutor, gerente do Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo, UFC. E-mail: [valderez@ufc.br](mailto:valderez@ufc.br)

<sup>5</sup> Professor Doutor, Departamento de Ciências do Solo, UFC, Fortaleza-CE. E-mail: [ferrey@ufc.br](mailto:ferrey@ufc.br)

<sup>6</sup> Bolsista IC/CT-HIDRO CNPq; Estudante de graduação em Agronomia; UFC. Fortaleza-CE. E-mail: daniel.feitosa@yahoo.com.br

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi investigar os efeitos da aplicação de água salina nos diferentes estádios de desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda sobre a extração e exportação de micronutrientes. O experimento foi conduzido no campo, e obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  e  $T_5$ ) e cinco repetições. Os tratamentos utilizados foram:  $T_1$  - plantas irrigadas com água do poço (CEa em torno de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) durante todo o ciclo;  $T_2$  - Água salina com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com aplicação iniciada após a germinação e permanecendo até o final do ciclo;  $T_3$  - Água salina com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , da sementeira até 22 dias após o plantio (DAP), correspondendo às fases de germinação e crescimento inicial, e água do poço no restante do ciclo;  $T_4$  - Água salina com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , aplicada de 23 a 42 DAP (fase de intenso crescimento vegetativo até a pré-floração), e água do poço nas demais fases do ciclo;  $T_5$  - Água do poço da sementeira até 42 DAP e água salina (CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) aplicada a partir dos 43 DAP (Floração e Frutificação). Foram avaliados os totais extraídos e a exportação de Fe, Mn, Cu e Zn. As plantas de feijão-de-corda extraíram os minerais analisados na seguinte ordem decrescente:  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ , sendo que a aplicação contínua de água salina ( $T_2$ ) reduziu a extração dos micronutrientes. De modo geral, Fe e Mn permaneceram preferencialmente nas partes vegetativas, enquanto Zn e Cu foram exportados em maiores quantidades pelos frutos. Os resultados mostraram a necessidade de estudos visando à obtenção de níveis adequados de adubação quando as plantas são irrigadas com águas ricas em sais.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, crescimento, absorção de íons, extração de minerais do solo, eficiência nutricional, tolerância à salinidade.

## **EXTRAÇÃO IN MICRO AND EXPORT OF PLANTS FOR FEIJÃO-DE-CORDA IRRIGADAS WITH WATER IN DIFFERENT SALINA ESTÁDIOS DEVELOPMENT**

**ABSTRACT:** The objective of this paper was evaluate the effect of the irrigation with saline water, applied at different development stages of cowpea plants, on nutrient removal. The experiment was set up

in the field, during the dry season. A completely randomized block design, with five treatments ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  and  $T_5$ ) and five repetitions, was adopted. The treatments studied were:  $T_1$  - Groundwater with electrical conductivity ( $EC_w$ ) of  $0.8 \text{ dS m}^{-1}$  during the whole crop cycle;  $T_2$  - Saline water ( $EC_w = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$ ) during the whole crop cycle, starting after germination;  $T_3$  - Saline water ( $EC_w = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$ ) until 22th days after sowing (germination and initial growth) and groundwater in remaining stages of the crop cycle;  $T_4$  - Saline water ( $EC_w = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$ ) from the 23th to the 42th day sowing germination (intense growth and pre-flowering), and groundwater irrigation for the remaining growth stages.  $T_5$ - Groundwater until 42th days after sowing and saline water ( $EC_w = 5.0 \text{ dS m}^{-1}$ ) during flowering and pod-filling stages. The total removed from the soil and exportation of Fe, Cu, Zn and Mn were measured. Cowpea plants removed the minerals analysed in the following decreasing sequence:  $Fe > Mn > Zn > Cu$ , but the continuous use of saline water ( $T_2$ ) reduce the total extracted for all analysed nutrients. In general, Fe and Mn were distributed preferentially to vegetative plant parts, while the most of Zn and Cu were exported in the pods.

**Key-words:** *Vigna unguiculata*, growth, absorption of ions, extraction of mineral soil, nutritional efficiency, salt tolerance.

## INTRODUÇÃO

O processo de salinização dos solos é um problema comum de regiões áridas e semi-áridas. Como consequência desse processo tem-se a perda da capacidade produtiva dos solos e enormes prejuízos sócio-econômicos.

De acordo com Ayers & Westcot (1999), problemas de toxicidade iônica nas plantas sob condições salinas surgem quando certos íons, constituintes do solo ou da água são absorvidos e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar danos nos tecidos vegetais, acarretando redução no rendimento das culturas. Os problemas de toxicidade são decorrentes da concentração elevada de um cátion ou ânion específico, bem como de uma composição salina desfavorável na solução do solo, resultando em excessiva ou desbalanceada absorção pelas plantas.

A predominância de determinadas espécies iônicas no meio de crescimento, além de causar toxidez, quando se acumulam nos tecidos vegetais, acarreta mudanças na capacidade da planta em absorver, transportar e utilizar os íons necessários ao seu crescimento. Grattan & Grieve (1999) afirmam que em solos salinos e sódicos a solubilidade de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) é particularmente baixa, e plantas crescendo nestes solos podem apresentar deficiência destes elementos.

Avaliou-se nesse trabalho as quantidades extraídas e a exportação de Fe, Cu, Zn e Mn em função da irrigação com água salina aplicada nos diferentes estádios de desenvolvimento do feijão-de-corda.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo, em uma área de Argissolo Vermelho Amarelo, localizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza ( $3^{\circ}45'S$ ;  $38^{\circ}33'W$  e altitude de 19 m em relação ao nível do mar). Segundo a classificação de Köppen, a área do experimento está localizada numa região de clima  $Aw'$ .

Foram utilizadas sementes de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) cultivar Epacé 10. As plantas foram cultivadas em espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, com duas plantas por cova, sendo submetidas aos seguintes tratamentos:  $T_1$  - plantas irrigadas com água do poço ( $CEa$  em torno de  $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ ) durante todo o ciclo;  $T_2$  - Água salina com  $CEa$  de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , com aplicação iniciada após a germinação e permanecendo até o final do ciclo;  $T_3$  - Água

salina com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , da sementeira até 22 dias após o plantio (DAP), correspondendo às fases de germinação e crescimento inicial, e água do poço no restante do ciclo; T<sub>4</sub> - Água salina com CEa de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ , aplicada de 23 a 42 DAP (fase de intenso crescimento vegetativo até a pré-floração), e água do poço nas demais fases do ciclo e T<sub>5</sub> - Água do poço da sementeira até 42 dias após o plantio e água salina (CEa de  $5,0 \text{ dS.m}^{-1}$ ) aplicada a partir de 43 DAP (Floração e Frutificação). As irrigações foram realizadas até 62 DAP, em todos os tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo que cada parcela teve o comprimento de 5,0 m com 3,2 m de largura, com quatro linhas de plantio.

Para o preparo das soluções salinas, foram utilizados os sais de NaCl,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , na proporção de 7:2:1, obedecendo-se à relação entre CEa e concentração ( $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$ ), extraída de Rhoades et al. (2000). A água foi aplicada em sulcos nivelados e fechados e sua quantidade foi calculada para atender às necessidades da cultura, através de dados de uma estação meteorológica localizada a cerca de 40 m do local do experimento, adicionando-se a fração de lixiviação calculada de acordo com Ayers & Westcot (1999). A lâmina total de irrigação utilizada por tratamento foi de 352 mm. A adubação das plantas seguiu a recomendação de Fernandes (1993).

Aos 8, 23, 43 e 63 dias após a germinação as plantas foram colhidas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de circulação forçada a  $60^\circ\text{C}$ , para posterior determinação dos teores de íons. Nas amostras secas em estufa e finamente trituradas em moinho tipo Wiley foram determinados os teores de Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas, de acordo com as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997). Com os dados de produção de matéria seca e os teores de minerais, calcularam-se os totais extraídos de cada elemento mineral e a distribuição percentual nas diferentes partes das plantas analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os minerais analisados foram extraídos na seguinte ordem decrescente:  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ , o que está de acordo com os dados de outros autores (Oliveira & Dantas, 1984; Melo et al., 2005). Comparando-se os tratamentos, verificou-se que a aplicação contínua de água salina (T<sub>2</sub>) reduziu os totais extraídos de Fe, Mn, Cu e Zn (Tabela 1). Os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub> apresentaram comportamentos similares para a quase totalidade dos minerais analisados, mas as plantas do T<sub>3</sub> extraíram menores quantidades de Fe, Mn e Cu. As reduções observadas nesse tratamento devem-se, em parte, à menor produção de grãos nestas plantas.

O Fe e o Mn permanecem preferencialmente nas partes vegetativas, apresentando valores superiores a 70% (Tabela 2). Isso mostra que os restos culturais de feijão-de-corda constituem-se fontes importantes desses nutrientes que podem retornar ao solo após a incorporação dos restos no final do ciclo. Os nutrientes Cu e Zn se distribuíram preferencialmente nas partes reprodutivas, na maioria dos tratamentos. O entanto, o T<sub>3</sub> se diferenciou dos demais em relação à distribuição de nutrientes de Cu e Zn, sendo que as plantas desse tratamento apresentaram, em relação aos demais, aumentos na proporção desses nutrientes na parte vegetativa, o que se deveu à recuperação no crescimento vegetativo dessas plantas no final do ciclo sem o concomitante aumento na produção de grãos.

Tabela 1. Totais extraídos, em g ha<sup>-1</sup>, de Fe, Mn, Cu e Zn em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento

Tratamentos	Coletas			
	8	23	43	63
<b>Fe</b>				
1	2,88 ± 0,26 <sup>1</sup>	36,53 ± 3,30	388,46 ± 23,67	1133,44 ± 156,17
2	2,65 ± 0,21	25,77 ± 1,53	187,68 ± 16,93	738,57 ± 49,58
3	2,75 ± 0,03	20,17 ± 1,32	214,72 ± 12,60	975,37 ± 102,33
4	2,75 ± 0,03	41,51 ± 4,38	359,83 ± 35,57	1095,62 ± 102,01
5	2,81 ± 0,14	43,68 ± 5,05	420,84 ± 54,72	1109,32 ± 29,41
<b>Mn</b>				
1	0,72 ± 0,12	14,10 ± 3,51	171,78 ± 29,71	433,27 ± 103,88
2	0,61 ± 0,06	14,63 ± 0,68	139,11 ± 11,62	317,92 ± 46,76
3	0,62 ± 0,06	11,25 ± 0,68	154,03 ± 18,03	409,62 ± 40,19
4	0,51 ± 0,06	17,38 ± 2,79	258,11 ± 27,70	477,25 ± 27,96
5	0,50 ± 0,04	18,44 ± 2,80	196,17 ± 14,44	462,23 ± 45,88
<b>Cu</b>				
1	0,26 ± 0,02	4,04 ± 0,23	23,95 ± 1,33	58,98 ± 4,99
2	0,22 ± 0,01	3,27 ± 0,19	12,46 ± 0,76	29,95 ± 1,46
3	0,18 ± 0,01	2,84 ± 0,14	14,66 ± 0,66	42,33 ± 2,58
4	0,17 ± 0,01	2,18 ± 0,08	21,24 ± 0,73	55,88 ± 6,02
5	0,17 ± 0,01	2,37 ± 0,15	21,42 ± 1,77	52,04 ± 2,33
<b>Zn</b>				
1	0,63 ± 0,03	8,20 ± 0,60	111,03 ± 5,69	183,12 ± 17,14
2	0,60 ± 0,02	6,85 ± 0,23	58,01 ± 2,71	110,84 ± 8,75
3	0,64 ± 0,01	6,42 ± 0,46	70,01 ± 3,45	173,61 ± 12,39
4	0,56 ± 0,01	10,32 ± 0,49	100,58 ± 3,75	206,36 ± 17,71
5	0,56 ± 0,01	12,14 ± 0,65	103,84 ± 7,00	200,43 ± 10,46

<sup>1</sup>valores médios erro padrão

Tabela 2. Distribuição (g ha<sup>-1</sup>) e percentagem de Fe, Mn, Cu e Zn nas partes vegetativas e reprodutivas de plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento.

Parte da Planta	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
<b>Fe</b>					
Vegetativa	859,55 aA (75)	599,87aA (81)	767,71aA (79)	843,67aA (76)	821,88aA (74)
Reprodutiva	273,89 aB (25)	138,70 aB(19)	207,67aB (21)	254,04 aB (23)	287,44aB(26)
<b>Mn</b>					
Vegetativa	329,42aA (71)	266,41aA (82)	317,35aA (83)	389,78aA (81)	356,83aA (76)
Reprodutiva	103,84 aB (29)	51,61aB (18)	58,13aB (17)	87,48aB (19)	105,39aB (24)
<b>Cu</b>					
Vegetativa	24,17aB (41)	12,50aA (41)	23,15abA (55)	25,45aA (44)	22,77abA (44)
Reprodutiva	34,35aA (59)	17,45cA (59)	19,18bcA (45)	32,65aA (56)	29,27abA (56)
<b>Zn</b>					
Vegetativa	71,35abB (38)	56,20bA (50)	100,61aA (58)	89,70abB (43)	77,46abB (39)
Reprodutiva	111,77abA 62)	54,65bA (50)	71,96bB (42)	116,19 aA (57)	122,97aA (61)

## CONCLUSÕES

As plantas de feijão-de-corda extraem os minerais analisados na seguinte ordem decrescente:  $Fe > Mn > Zn > Cu$ , sendo que a aplicação contínua de água salina (T2) reduz a extração da maioria dos nutrientes.

Os minerais Fe e Mn permanecem preferencialmente nas partes vegetativas enquanto Cu e Zn são exportados em maiores proporções pelos frutos.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R.S.; WESCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.
- FERNANDES, V. L. B. (Coord.). Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Fortaleza, CE: UFC, 1993. p. 248.
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, v. 78, p. 127–157, 1999.
- LACERDA, C. F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: NOGUEIRA, R. J. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (eds.). *Estresses Ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE: Imprensa universitária, 2005, p. 95-105.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2a ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. p.319.
- MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. *Feijão caupi: avanços tecnológicos*. Brasília: EMBRAPA, 2005. cap. 6, p 231 – 242.
- OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. Sintomas de deficiências nutricionais e recomendações de adubação para o caupi. EMBRAPA-CNPAP, 1984. 23p.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48). 2000. 117p.