



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte

Brasil

Alves da Costa, Djeson Mateus; de Souza Melo, Henio Normando; Ribeiro Ferreira,  
Sebastião

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SOLUÇÃO DE SOLO APÓS CULTIVO SOB ESTRESSE  
SALINO E COBERTURA MORTA

HOLOS, vol. 1, 2008, pp. 4-14

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549229001>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SOLUÇÃO DE SOLO APÓS CULTIVO SOB ESTRESSE SALINO E COBERTURA MORTA

**Djeson Mateus Alves da Costa**

Professor do Departamento de Formação de Professores, CEFET-RN, Doutor em Engenharia Química.  
[djeson@cefetrn.br](mailto:djeson@cefetrn.br)

**Henio Normando de Souza Melo**

Professor do Departamento de Engenharia Química, UFRN, Doutor em Engenharia Química.  
[henio@eq.ufrn.br](mailto:henio@eq.ufrn.br)

**Sebastião Ribeiro Ferreira**

Professor do Departamento de Engenharia Química, UFRN, Doutor em Engenharia Química.  
[sebastiao@eq.ufrn.br](mailto:sebastiao@eq.ufrn.br)

---

### RESUMO

A composição química da solução de solo pode ser alterada após cultivo ocasionando a diminuição da quantidade de nutrientes e consequentemente a fertilidade do solo. Foi realizado um estudo, em casa de vegetação, em área experimental do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, em Natal-RN, de julho à novembro de 2006, para avaliar as alterações na composição química da solução de solo após irrigação com água salina e sob cobertura morta. Utilizaram-se colunas de PVC com 30 kg de um neossolo flúvico distrófico e textura franco-siltoso. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições, sendo testados o uso ou não de cobertura morta e quatro níveis de salinidade na água de irrigação (0,15; 1,50; 3,00 e 4,50 dS m<sup>-1</sup>, a 25 °C). O aumento da salinidade da água de irrigação e o uso de proteção do solo não afetaram os valores de pH, da capacidade de troca de cátions, da condutividade elétrica do extrato saturado e dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup> na solução do solo. Por outro lado, o teor de matéria orgânica, o valor da porcentagem de sódio trocável e a relação de adsorção de sódio foram afetados com o aumento da salinidade da água de irrigação ( $P<0,05$ ).

**Palavras-chave:** Salinidade, proteção do solo, água de irrigação, nutrientes.

### CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL SOLUTION AFTER TILLAGE UNDER SALINE STRESS AND MULCH

### SUMMARY

The chemical composition of the soil solution can be modified after tillage causing decreased in amount of nutrients and consequently soil fertility. A study was carried through, in greenhouse, in experimental area of the Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, in Natal-RN, Brazil, from july to november 2006, to evaluate the impact on the soil solution composition irrigated with saline water and under mulch. PVC columns with 30 kg of a soil with silt loam texture has been used. The randomized completely design with eight treatments and four repetitions was used, being

tested the use or not of mulch and four levels of salinity of irrigation water (0.15; 1.50; 3.00; 4.50 dS m<sup>-1</sup>, to 25 °C). The increased in the salinity of the irrigation water and the use of the soil protection did not affected the values of pH, cation exchangeable capacity, electric conductivity of saturated extract, and the amounts of calcium, magnesium, iron and manganese, in the soil solution. However, the amount of the organic matter, the value of the exchangeable sodium percentage and sodium adsorption ratio were affected due to increase in the salinity of the irrigation water.

**Key-words:** Salinity, mulch, irrigation water, soil nutrients.

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SOLUÇÃO DE SOLO APÓS CULTIVO SOB ESTRESSE SALINO E COBERTURA MORTA

### INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo é geralmente avaliada por meio da análise de amostras de substrato, que fornece informação qualitativa e quantitativa dos nutrientes do solo. A variabilidade dos nutrientes depende de fatores de formação do solo e antrópicos, podendo ser modificada ao final dos ciclos vegetativos das culturas agrícolas.

Para Alloway (1990) a reação do solo é o fator que mais controla o comportamento dos elementos no solo e sua disponibilidade para as plantas. Esta reação é definida pelo pH; pela porcentagem de saturação de bases (V %), na qual os íons H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> substituem as bases K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> na fase lábil; e pela saturação por alumínio (m %). Segundo Malavolta (2006), de um modo geral as condições de reação do solo mais adequadas, para a maioria das plantas, são pH (H<sub>2</sub>O) entre 5,5 e 6,5; V % entre 40 e 70; m % de 10 a 20. No entanto, sabe-se que a maioria das plantas se desenvolve muito bem na ausência de alumínio, pois esse elemento, mesmo em baixa concentração, pode inibir o crescimento das raízes das plantas (Ma et al., 2001).

Segundo Brady (1983), valores de pH inferiores a 4,5 podem provocar a dissolução de elementos como ferro, alumínio e manganês, em proporções tais que, podem tornar-se tóxicos, interferindo no desenvolvimento das plantas. Por outro lado, quando seu valor é superior a 8,0 o ferro, o manganês e o zinco tornam-se menos assimiláveis ao vegetal, também provocando alterações em seu desenvolvimento.

Segundo Oliveira (1999), os solos das aluviões apresentam grande variabilidade nos valores de pH, PST (porcentagem de sódio trocável) e CE<sub>ES</sub> (condutividade elétrica do extrato saturado), características que identificam sua heterogeneidade. Isto pode ser atribuído ao processo de formação desses solos, que ocorre pela acumulação e distribuição não-uniforme de sucessivos depósitos de materiais oriundos de outros lugares. Costa et al. (2004), trabalhando com esse tipo de solo, observaram que o aumento nos valores da CE<sub>ES</sub> sempre foi acompanhado por um aumento recíproco nos valores da CTC (capacidade de troca de cátions) e da PST.

Para Malavolta (1976), o que mais favorece o aumento da CTC em solo com textura franca é a presença de cargas negativas nas partículas que compõe a fração argila e que se encontram saturadas, as quais podem ser substituídas por outros cátions eventualmente adicionados ao solo. Ciotta et al. (2003) observaram, em sistema de plantio direto (SPD), que um pequeno aumento no conteúdo de matéria orgânica (MO) proporcionou acréscimos importantes nos valores da CTC do solo, a pH 7,0 até 8,0 cm de profundidade.

Segundo Bernardo (1995), um solo que apresenta CE<sub>ES</sub> > 4,0 dS m<sup>-1</sup>, PST > 15 e pH ≈ 8,5 é considerado salino-sódico ou salino-alcalino, devendo ser feita lixiviação dos sais e aplicação de corretivos para o melhoramento da sua capacidade produtiva.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto que a salinidade da água de irrigação e o uso de cobertura morta podem causar na presença de nutrientes na solução de solo, ao final do ciclo vegetativo do amaranto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação construída em terreno do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN), na cidade de Natal-RN, cuja sede situa-se nas coordenadas geográficas de 5°48'37" latitude sul e 35°12'14" longitude oeste, numa altitude média de 57 m, apresentando insolação média anual de 2800 h, com incidência de 0,86 cal cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup> ou 600 J m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Fontes Não Convencionais de Energia, 1999). A classificação climática para a região, segundo Köppen (1948), é do tipo Bsh (clima seco com chuvas de inverno e quente).

Foram observadas temperaturas muito altas durante o período experimental (23/07 a 27/10/2006), sendo que a máxima, mínima e média, para o interior da casa de vegetação, assumiram valores iguais a 46,0 °C, 21,0 °C e 33,2 °C ( $\pm 1,3$ ), respectivamente. A umidade relativa máxima e mínima diária do ar no interior da casa de vegetação foi de 99 % e 41 %, respectivamente, com valor médio para o período igual a 72,7 % ( $\pm 3,6$ ).

No interior da casa de vegetação colocou-se uma bancada de madeira, medindo 0,50 m de largura, 3,00 m de comprimento e 1,20 m de altura, sobre a qual foram postos 4 tambores plásticos, nos quais colocou-se os fluidos de irrigação (capacidade de 50 L), providos de uma torneira plástica de 20,0 mm. Em cada tambor foi introduzida, em ordem, uma solução aquosa de NaCl, previamente preparada em laboratório, com a seguinte seqüência de salinidade, medida em termos da condutividade elétrica: 0,15; 1,50; 3,00 e 4,50 dS m<sup>-1</sup>, sendo identificadas como soluções salinas S1, S2, S3 e S4, respectivamente.

Outras 4 bancadas com superfície de 2,00 m<sup>2</sup> e altura de 0,30 m foram dispostas com espaçamento de 1,00 m, entre si. Em cada uma delas foram colocadas oito colunas de PVC (parcelas), com solo agrícola ( $\approx 30,0$  kg), das quais quatro apresentavam proteção na superfície do solo (com cobertura morta) e as outras quatro estavam desprotegidas. As colunas plásticas possuíam diâmetro interno de 0,245 m, altura de 0,60 m (área superficial de 0,0471 m<sup>2</sup>) e uma abertura na base (20 mm) para permitir a drenagem do solo. As colunas foram dispostas sobre as bancadas em delineamento inteiramente casualizado.

O solo agrícola utilizado foi oriundo de um terreno de formação aluvial e apresentou a seguinte granulometria: 32,55% de areia, 8,0% de argila e 59,45% de silte, tendo como classificação textural a denominação Franco-Siltoso. As características físicas e químicas do solo amostrado, utilizado para o enchimento das colunas constam no Tabela 1. O substrato foi recolhido de uma propriedade rural localizada às margens do Rio Cabugí, no município de Afonso Bezerra-RN, distando de 170 km da cidade de Natal. Essa área situa-se, segundo IDEMA (1999), numa região de clima semi-árido, apresentando uma média anual para temperatura, umidade relativa do ar e precipitação de 27,2 °C, 70% e 516,5 mm, respectivamente. A classificação climática de Köppen, para essa região, é do tipo Bsh. As análises físicas e químicas do substrato foram feitas no Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A, em Natal-RN).

**Tabela 1: Características físico-químicas do solo antes do plantio e dos tratamentos.**

Determinação	Teor	Determinação	Teor
pH em água (1:2,5)	7,01	$K^+$ , mg kg <sup>-1</sup>	174,00
$Ca^{2+}$ , cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	12,10	$Na^+$ , mg kg <sup>-1</sup>	592,00
$Mg^{2+}$ , cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	4,50	CE (extrato saturado), dS m <sup>-1</sup>	0,59
$Al^{3+}$ , cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,00	Porcentagem de sódio trocável (%)	12,53
$H^+ + Al^{3+}$ , cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,90	Umidade a 0,03 MPa, %	1,50
P, mg kg <sup>-1</sup>	220,00	Densidade aparente, g cm <sup>-3</sup>	1,36
Zn <sup>2+</sup> , mg kg <sup>-1</sup>	2,50	$Cu^{2+}$ , mg kg <sup>-1</sup>	1,20
Mn <sup>2+</sup> , mg kg <sup>-1</sup>	31,37	$Fe^{2+}$ , mg kg <sup>-1</sup>	24,00
Pb <sup>2+</sup> , mg kg <sup>-1</sup>	0,60	$Ni^{2+}$ , mg kg <sup>-1</sup>	1,55
Cd <sup>2+</sup> , mg kg <sup>-1</sup>	0,05	$Cr^{2+}$ , mg kg <sup>-1</sup>	0,60
Matéria orgânica, g kg <sup>-1</sup>	4,71	pH em KCl	6,35

Adotou-se o sistema de irrigação localizada (gotejamento) com um emissor por coluna, tendo sido adicionado aproximadamente 25 L de solução salina a cada parcela, durante o ciclo de cultivo do amaranto. Esse volume de solução não foi suficiente para drenar o solo. Nesta etapa foram utilizadas folhas secas (acácia) trituradas como forma de proteção do solo. A escolha por esse tipo de material protetor deve-se à sua facilidade de aquisição no local onde se realizou o experimento. As folhas secas foram colocadas e pressionadas manualmente sobre a superfície do solo, após o transplante das plantas em cada coluna, perfazendo uma espessura de, aproximadamente, 5,0 cm.

Durante todo o período experimental e de desenvolvimento do amaranto (~ 90 dias) nenhum tratamento contra praga e doença foi realizado. Realizou-se apenas uma adubação corretiva 10 dias após o início da floração – 55 dias após a emergência das plântulas - devido ao surgimento de sintomas de deficiência nutricional (detecção visual). A solução nutritiva foi preparada pela adição de 600 g de fertilizante a 8,0 litros de água destilada. A adição dessa solução às 32 parcelas foi feita em duas doses, num intervalo de uma semana. A natureza física do fertilizante era uma mistura de grãos com a seguinte composição: 10 % de nitrogênio (N), 10 % de fósforo ( $P_2O_5$ ), 10 % de potássio ( $K_2O$ ), 1,0 % de magnésio (Mg), 6 % de enxofre (S), 0,03 % de boro (B), 0,05 % de cobre (Cu), 0,1 % de manganês (Mn), 0,02 % de molibdênio (Mo) e 0,1 % de zinco (Zn).

Ao final do ciclo vegetativo do amaranto (*Amaranthus ssp*) foram realizadas novas análises do solo (Embrapa, 1997) visando identificar os impactos causados no substrato, devido aos tratamentos. As amostras de solo foram coletadas nas 32 parcelas constituintes do experimento, na profundidade de 0 a 5 cm.

O delineamento estatístico escolhido foi inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos foram arranjados no esquema fatorial 4x2 (4 níveis de salinidades e 2 níveis de tratamento para o solo – com e sem proteção de cobertura morta) com 4 réplicas, num total de 32 parcelas.

Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e Shapiro-Wilk (SW), sendo os dados sucessivamente transformados sempre que os estes indicavam ausência de normalidade, conforme recomendações de Steel & Torrie (1980), ou então, até que o coeficiente de variação assumisse valor inferior a 10 % (Pimentel-Gomes, 1987). A significância de cada

tratamento foi avaliada através da análise de variância (teste F), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% e/ou 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características físicas e químicas do solo após cultivo

#### pH da solução de solo

O valor médio do pH do solo em água (1:2,5) apresentou pequena redução, aumento de acidez, ao final do ciclo vegetativo do amaranto quando comparado ao seu valor antes do plantio. No entanto, os tratamentos aplicados não proporcionaram alterações e interações significativas ( $P<0,05$ ). Os valores médios de pH variaram de 7,01 antes do plantio a 5,82 em solo protegido e a 5,89 em solo descoberto, com média geral igual a 5,86 e coeficiente de variação igual a 10 %, após cultivo.

A proximidade dos valores obtidos para o pH é um indicativo de possíveis ajustes dos dados desta variável à distribuição normal, o que foi comprovado por meio da aplicação dos testes KS e SW ( $P<0,05$ ).

A diminuição nos valores de pH está associada ao aumento na saturação por bases, visto que os íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , responsáveis pela acidez, substituem as bases  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  na fase lâbil (Alloway, 1990) ou, ainda, pode ser atribuído à produção de ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica (Moraes, 1991). Fireman & Wadleigh (1951) afirmam que se o pH do solo for inferior a 7,0 seguramente o substrato possui quantidade considerável de hidrogênio trocável ( $H^+$ ).

O valor médio do pH do solo, ao final do cultivo do amaranto, apresentou-se um pouco abaixo da faixa considerada adequada para essa espécie (Putnam et al., 2003), porém, não atingiu valor crítico, abaixo ou acima do qual a planta teria seu desenvolvimento mais rigorosamente afetado (Brady, 1983). Para Malavolta (2006), essa faixa de pH favorece a reação do solo para a maioria das culturas agrícolas.

#### Capacidade de troca de cátions (CTC) e condutividade elétrica ( $CE_{ES}$ )

A análise conjunta dos valores das médias e medianas, coeficientes de variação e dos testes KS e SW ( $P<0,05$ ) indicaram ausência de normalidade dos dados das variáveis CTC e  $CE_{ES}$ . Este fato pôde ser também evidenciado pelos altos coeficientes de variação apresentados por essas variáveis. Em ordem crescente de valores, a sequência foi a seguinte:  $CTC < CE_{ES}$ . Essas características são típicas dos solos aluvionais e essas observações estão de acordo com as de Oliveira (1999). Por conseguinte, realizaram-se as transformações dos dados e, em seguida, a análise de variância, conforme recomendações de Steel & Torrie (1980).

A CTC e a  $CE_{ES}$  não foram significativamente afetadas ( $P<0,05$ ) devido ao uso de proteção do solo e ao aumento da salinidade da água de irrigação. Não foi verificada interação significativa entre os tratamentos proteção do solo versus salinidade da água de irrigação.

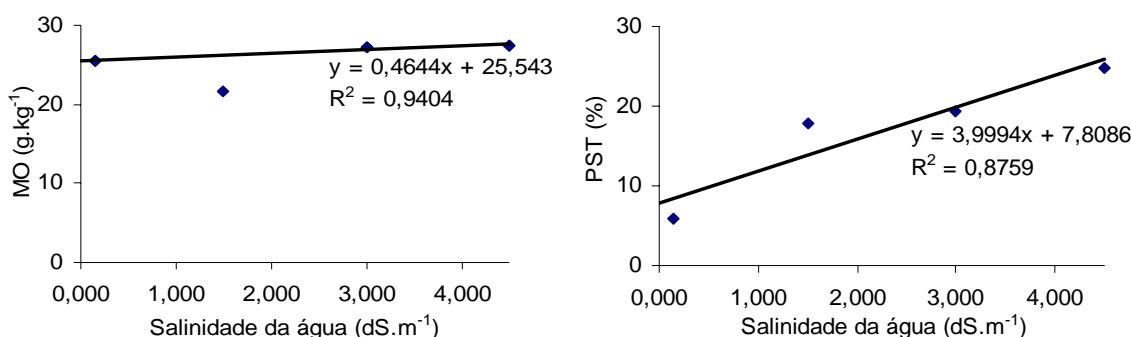
Ao final do ciclo vegetativo do amaranto o valor médio da CTC do solo (22,34) foi 8,82 % maior que o seu valor antes do plantio (20,53). Segundo Malavolta (1976), o aumento da CTC em solo com textura franco, é favorecido pelas cargas negativas das partículas que

compõem a fração argila e que se encontram saturadas, as quais podem ser substituídas por outros cátions incidentalmente adicionados ao solo.

A medida da condutividade elétrica no extrato saturado ( $CE_{ES}$ ), ao final do ciclo da cultura, variou de 1,20 a 30,6 dS m<sup>-1</sup>, apresentando média geral igual a 11,45 dS m<sup>-1</sup>. Os aumentos nos valores dessas variáveis estão diretamente relacionados aos sais adicionados ao solo, carreados pela própria água de irrigação e, também, pelos fertilizantes utilizados na adubação do solo, durante o cultivo do amaranto.

### **Matéria orgânica (MO) e porcentagem de sódio trocável (PST) na solução de solo**

Embora o valor absoluto do teor médio de MO em solo protegido tenha sido superior ao obtido em solo sem proteção, a análise de variância indicou ausência de acúmulo significativo ( $P<0,05$ ) desse material ao solo, como consequência do uso de cobertura morta. Por outro lado, o aumento da salinidade da água de irrigação ocasionou retenção significativa ( $P<0,05$ ) no teor de matéria orgânica no solo experimentado, ratificando os resultados obtidos por Ciotta et al. (2003). Esses autores obtiveram aumentos importantes no valor da CTC em função de pequenos acréscimos no valor da MO do solo. Evidencia-se, portanto, menor taxa de mineralização da matéria orgânica com o aumento da salinidade da água de irrigação. Observou-se aumento linear na retenção de matéria orgânica do solo em função do aumento da salinidade da água de irrigação, com equação de regressão dada por  $y = 0,4644x + 25,543$ ,  $R^2 = 0,9404$ , como representado na Figura 1. Nesse caso,  $x$  representa a salinidade da água de irrigação e  $y$  o conteúdo de matéria orgânica.



**Figura 1: Variação do teor de matéria orgânica retida no solo (a) e da porcentagem de sódio trocável (b) em função da salinidade da água de irrigação, ao final do cultivo do amaranto.**

O aumento da salinidade da água de irrigação ocasionou aumento significativo ( $P<0,01$ ) no valor da PST, ao mesmo tempo em que o uso de proteção do solo não causou modificações nesse parâmetro. Foi observada interação significativa ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos adotados, mostrando que eles não se comportam independentes com relação a essa variável. Os acréscimos nos valores da  $CE_{ES}$  foram acompanhados por aumentos nos valores da CTC e da PST, indicando que estes dados estão coerentes com as observações de Costa et al. (2004).

Através de estudo de regressão é possível estimar a variação da PST do solo ( $R^2 = 0,8759$ ) por meio da equação  $y = 3,9994x + 7,8086$ , 90 dias após a emergência de plântulas de

amaranto, onde  $x$  representa a condutividade elétrica da água de irrigação ( $\text{dS m}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ), conforme indicado na Figura 1.

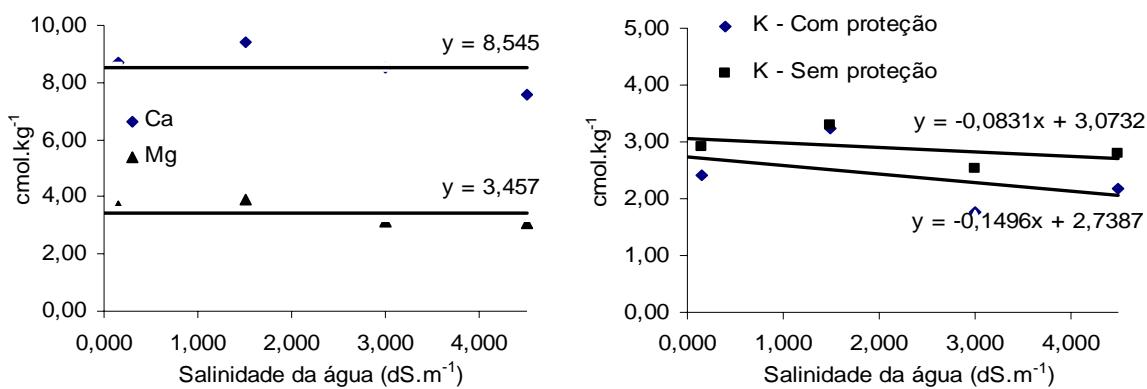
### Razão da adsorção de sódio (RAS) e de potássio (RAP) da solução de solo

O aumento na salinidade da água de irrigação aumentou significativamente os valores da RAS ( $P<0,01$ ) e da RAP ( $P<0,05$ ) disponíveis no solo, após o cultivo. Por outro lado, o uso da cobertura morta não afetou o valor médio do primeiro parâmetro, ao mesmo tempo em que proporcionou reduções significativas ( $P<0,05$ ) no valor do segundo. Constatou-se, portanto, que o aumento da salinidade induziu, relativamente, maior fixação de K no solo, ao mesmo tempo em que o uso de proteção do solo inibiu esse processo. Pode-se, ainda, inferir que o aumento da RAS, por diminuir a velocidade de movimentação da solução do solo, dificultou a absorção desse nutriente pelas raízes das plantas.

A aplicação dos testes KS e SW ( $p<0,05$ ) indicou que os dados referentes à MO, PST, RAS e RAP podem ser considerados procedentes de uma população cuja distribuição é normal. De forma semelhante se analisou os dados referentes aos macro e micronutrientes, constatando-se, portanto, que todos provinham de populações com distribuição normal. Porém, se tratando do manganês, os dados foram transformados por indicarem ausência de normalidade (Steel & Torrie, 1980).

### Macronutrientes na solução de solo

A análise de variância indicou ausência de modificações significativas ( $P<0,05$ ) para os macronutrientes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , com os tratamentos adotados. Porém, mostrou que o aumento da concentração salina na água de irrigação proporcionou reduções significantes ( $P<0,01$ ) nos valores absolutos de  $\text{K}^+$  e P do solo. Como não ocorreu drenagem do solo, constatou-se, portanto, que o aumento da salinidade não afetou a absorção desses nutrientes pelo amaranto. O uso de proteção do solo diminuiu significativamente ( $P<0,05$ ) o teor de  $\text{K}^+$ , mas não alterou o de P, como apresentado na Figura 2.

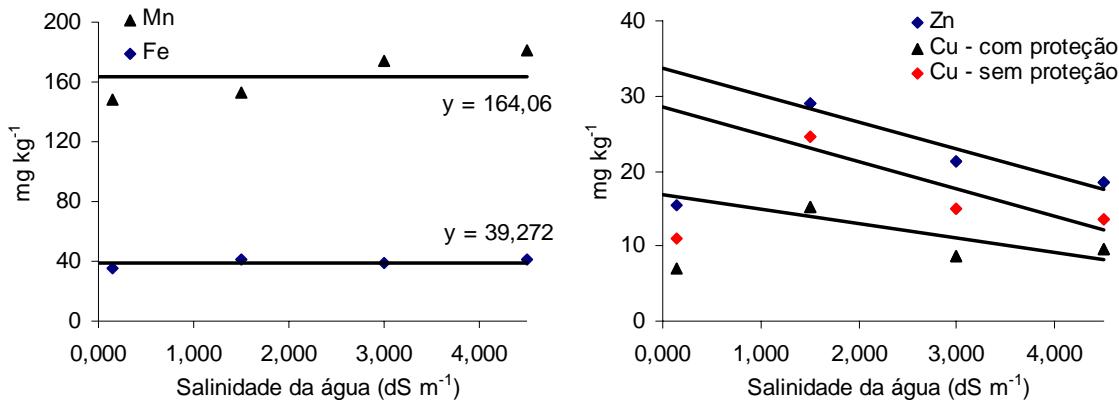


**Figura 2: Variação de macronutrientes do solo em função da salinidade da água de irrigação, ao final do cultivo do amaranto.**

### Micronutrientes na solução de solo

A análise estatística ANOVA ( $P<0,05$ ) indicou ausência de efeito e interação significativos dos tratamentos proteção *versus* salinidade da água de irrigação, relativos aos valores das concentrações de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  no solo. Entretanto, os valores das concentrações de  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$ , no solo, foram significativamente reduzidos, respectivamente, ao nível de 5 % e 1 %

de probabilidade, com o aumento da salinidade da água de irrigação. O uso de proteção do solo afetou de forma significativa ( $P<0,01$ ) o teor de  $\text{Cu}^{2+}$ , ao mesmo tempo em que não afetou ( $P<0,05$ ) o valor da concentração de  $\text{Zn}^{2+}$  no solo. Não foi observada interação significativa ( $P<0,05$ ) para esses elementos, entre os tratamentos (Figura 3).



**Figura 3: Variação de micronutrientes do solo, ao final do cultivo do amaranto, em função da salinidade da água de irrigação.**

Ao final do cultivo do amaranto observou-se que os valores dos teores de  $\text{Zn}^{2+}$ , no solo, variaram de 7,0 a 43,5  $\text{mg kg}^{-1}$ , com média geral igual a 21,0  $\text{mg kg}^{-1}$ . Constatou-se, portanto, um aumento médio de 740 % na quantidade desse parâmetro, com relação àquela existente antes do plantio, devendo-se isso à adubação realizada. A análise da regressão apresentou alto coeficiente de correlação, com equação  $y = -3,571x + 33,617$  ( $R^2 = 0,9332$ ), indicando a facilidade da explicação desse micronutriente no solo em razão do aumento da salinidade da água de irrigação. Para o  $\text{Cu}^{2+}$  esses valores variaram de 4,75 a 29,9  $\text{mg kg}^{-1}$ , apresentando média igual a 10,1  $\text{mg kg}^{-1}$  em solo protegido e 16,0  $\text{mg kg}^{-1}$  em solo descoberto. Esse fato evidencia que o uso de proteção do solo favoreceu a assimilação desse elemento pela planta, o que ocasionou sua redução no substrato. As análises de regressão forneceram as equações  $y = -1,934x + 16,93$  ( $R^2 = 0,6326$ ) para solo coberto e  $y = -3,632x + 28,576$  ( $R^2 = 0,8475$ ), para solo descoberto, onde  $x$  é a salinidade da água de irrigação (Figura 3).

Levando-se em consideração os valores determinado para a CE<sub>ES</sub> e a PST, ao final do cultivo do amaranto, verificou-se uma tendência à salinização e à sodificação do solo (salino-sódico), muito embora o valor de pH não se aproxime de 8,0 (Bernardo, 1995). Neste caso, torna-se necessário a aplicação de corretivos e a lixiviação dos sais para o seu posterior uso, principalmente se desejar fazer cultivo com espécies sensíveis a sais.

## CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação e o uso de proteção do solo não afetaram os valores de pH, da capacidade de troca de cátions, da condutividade elétrica do extrato saturado e dos teores de cálcio, magnésio, ferro e manganês na solução de solo.

O aumento da concentração salina na água de irrigação ocasionou maior retenção de matéria orgânica, aumentou o valor da porcentagem de sódio trocável, da razão de

adsorção de sódio e de potássio na solução de solo. Entretanto, o uso de proteção do solo não afetou os três primeiros fatores.

Os teores dos macronutrientes fósforo e potássio e dos micronutrientes zinco e cobre não se alteraram com o aumento da salinidade da água de irrigação, nos níveis testados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B. J. Soil processes and the behaviour of metals. In: ALLOWAY, B. J., ed. Heavy metals in soils. Ipswich, John Wiley & Sons, 1990. p.7-28.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1995. 386p.
- BRADY, N. C. Natureza e Propriedades dos Solos. Rio de Janeiro, Editora Biblioteca Universitária Freitas Bastos, 1989. 647p.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R. & ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. Ciência Rural, v.33, p.1161-1164, 2003.
- COSTA, D. M. A.; HOLANDA, J. S. & FILHO, O. A. F. Caracterização de solos quanto a afetação por sais na bacia do Rio Cabugí – Afonso Bezerra, RN. Holos, v.1, p.1-13, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- FIREMAN, M. & WADLEIGH, C. H. A Statistical Study of the Relation Between pH and the Exchangeable-sodium-percentage of Western Soils. Soil Sci. v.71, p.:273-285, 1951.
- FONTES NÃO CONVENCIONAIS DE ENERGIA. As Tecnologias Solar, Eólica e de Biomassa. 3<sup>a</sup> Edição – Revista, Modificada e Ampliada - UFSC. 1999.
- IDEMA-RN, Informativo Municipal de Afonso Bezerra-RN. Natal, v.5, p.1-2. 1999.
- KÖPPEN, W. Climatologia. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948. 478p.
- MA, J. F.; RYAN, P. R. & DELHAIZE, E. Aluminum tolerance in plants and the complexing role of organic acids. Trends in plant science, v.6, p.273-279, 2001.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1976. 312p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MORAES, J. F. V. Movimento de nutrientes em latossolo vermelho-escuro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26, p.85-97, 1991.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E. & LUNA, J. G. de. de. Variabilidade espacial de propriedades químicas de um solo salino-sódico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.783-789, 1999.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 12. Ed. Nobel. São Paulo, 1987. 466p.

PUTNAM, D. H.; OPLINGER, E. S.; DOLL, J. D. & SCHULTE, E. M. Amaranth. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/amaranth.html>. Acesso em 20 nov. 2003.

STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.