

SEÇÃO 8 IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM BETERRABA SUBMETIDA A DIFERENTES MANEJOS DE FERTIRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE SALINIDADE

Alexsandro Oliveira da Silva¹, Antônio Evaldo Klar¹

¹Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - FCA/UNESP, Departamento de Engenharia Rural, Rua José Barbosa de Barros, nº1780, CEP: 18.610-307 - Botucatu, SP. E-mail: alexsandro_oliveira01@hotmail.com, klar@fca.unesp.br

RESUMO: O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta fornece importantes informações que podem auxiliar no programa de adubação das culturas. Visando estudar o efeito salino provocado por elevadas quantidades de fertilizantes aplicadas pela fertirrigação, foi realizado um experimento em casa de vegetação na FCA/UNESP, Botucatu, SP. O experimento foi realizado durante 90 dias (01/11/11 a 29/01/12) constituindo-se de cinco níveis de condutividade elétrica (1,0; 3,0; 6,0; 9,0; e 12,0 dS m⁻¹), dois manejos de fertirrigação (M1: manejo tradicional, M2: manejo por controle da concentração iônica da solução do solo) e dois cultivares de beterraba (Early Wonder e Itapuã) em blocos casualizados com 4 repetições formando um fatorial 5x2x2. A partir da massa de matéria seca da parte aérea e raízes foi determinado os teores de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn, mg kg⁻¹), e pela multiplicação da massa de matéria seca determinou-se o acúmulo destes na planta. O acúmulo dos micronutrientes nas diferentes partes da planta seguiu a seguinte ordem: Fe > Mn > Zn > B > Cu, para os diferentes manejos da fertirrigação estudados. Os elementos B, Cu, Fe, Mn apresentaram respostas para o aumento da salinidade do solo levando a maiores absorção dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Beta vulgaris L., solução do solo, condutividade elétrica

ACCUMULATION OF MICRONUTRIENT IN BEET POSTED TO DIFFERENT FERTIGATION MANAGEMENT AND SALINITY LEVELS

ABSTRACT: Knowledge of the amount of nutrients accumulated in the plant provides important information that can assist in the fertilization of crops program. To study the salt effect caused by high amounts of fertilizers applied by fertigation, an experiment was conducted in a greenhouse at the FCA/UNESP, Botucatu, SP. The experiment lasted 90 days (01/11/11 to 29/01/12) constituting five levels of electrical conductivity (1.0, 3.0, 6.0, 9.0, and 12.0 dS m⁻¹), fertigation two management (M1: traditional management, M2: management by controlling the ionic concentration of the soil solution) and two varieties of beets (Early Wonder and Itapuã) blocks with 4 repeats forming a 5x2x2 factorial. From the dry weight of shoots and roots was determined the levels of micronutrients (B, Cu, Fe, Mn, Zn mg kg⁻¹), and by multiplying the dry matter accumulation was determined in these plant. The accumulation of micronutrients in different parts of the plant followed the order: Fe > Mn > Zn > B > Cu for the different

management fertigation studied. The Cu, Fe, Mn element present responses to increased soil salinity leading to greater absorption.

KEYWORDS: *Beta vulgaris* L., soil solution, electrical conductivity

INTRODUÇÃO

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta fornece importantes informações que podem auxiliar no programa de adubação das culturas, dentre as formas de programar a adubação da cultura de forma eficiente encontra-se a fertirrigação, esta técnica consiste na aplicação de fertilizantes no sistema de irrigação, sendo utilizada em diversas culturas desde hortaliças a fruteiras (Dias et al., 2006, Silva et al., 2000). Porém, a quantificação dos micronutrientes ainda é pouco conhecida para hortaliças como a beterraba, devido à baixa exigência destes nutrientes pela cultura, sendo a fertilidade do solo suficiente para suprir a necessidade da cultura em alguns casos (Matsi et al. 2005; Allison et al., 1999). No entanto, a aplicação destes nutrientes de forma adequada e de maneira consciente, podem elevar a produção de sementes (Dordas et al., 2007,) assim como ajudar na absorção de outro elementos (Malavolta et al., 1997).

A condição que torna os micronutrientes nocivos para as plantas é o excesso destes (Grattan e Grieve, 1999), neste contexto, culturas submetidas ao uso inadequado da fertirrigação podem apresentar tais problemas, pois o uso de maneira arbitrária e empírica desta técnica, devido à expectativa de ganhos produtivos, podem salinizar o solo de maneira a causar baixos rendimentos das plantas e prejuízos econômicos para os produtores (Dias et al., 2006; Silva et al., 2000), principalmente em cultivos em casa de vegetação que apresentam alto valor de investimento (Tulio et al., 2013). Diante disto, uma das soluções para reduzir a salinidade do solo é o cultivo de plantas com maior tolerância a salinidade e valor econômico promissor (Silva et al., 2013) estas podem reduzir a salinidade do solo, devido a extração de nutrientes para o seu desenvolvimento e ainda contribuir com a renda do produtor.

A beterraba é uma das opções para a produção em ambientes salinizados devido a sua tolerância a valores elevados de condutividade elétrica (Silva et al., 2013a, Silva et al., 2013b; Katerji et al., 2003) e seu valor econômico no mercado nacional. Segundo Gondim et al., (2011) apesar do cultivo da beterraba em ambiente protegido ser atividade recente no Brasil, a mesma se encontra em franca expansão principalmente nos estados do Sul e Sudeste do Brasil (Tulio et al., 2013). Portanto, estudos sobre a

absorção de micronutrientes e seus efeitos quando em excesso nas hortaliças como a beterraba, devem ser estudadas para a obtenção das condições adequadas de cultivo, levando em consideração as questões econômicas e o valor agregado que estes podem trazer no sistema produtivo desta cultura.

Este trabalho teve como objetivo estudar o acúmulo de micronutrientes em cultivares de beterraba submetida a diferentes manejos de fertirrigação e níveis de salinidade do solo para as condições de Botucatu-SP.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu-SP, no Departamento de Engenharia Rural em ambiente protegido. O ensaio foi realizado em vasos de 14 L, com solo retirado de uma camada de 0 a 30 cm, onde o mesmo foi colocado em uma lona durante um mês para secagem e depois peneirado em peneira de 4 mm. Antes do experimento o solo foi submetido à análise física e química (Tabela 1) realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UNESP/FCA, no qual foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999), anteriormente foi realizada uma calagem para elevação de bases em 80%.

Tabela 1. Análise física e química do solo antes da realização do experimento

Granulometria			Parâmetros físico-hídricos							
Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	dg (g cm ⁻³)	ds (g cm ⁻³)	P (%)	Cc (g g ⁻¹)	PMP (g g ⁻¹)			
39,55	13,81	46,64	2,77	1,28	53,9	0,28	0,14			
pH	CE	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	dSm ⁻¹	gdm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			----- (%)			
5,1	0,32	11	6	0,6	22	7	26	29	55	53

CE- Condutividade elétrica, M.O = matéria orgânica; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; CTC = complexo de troca catiônica; V (%) = saturação por bases

Os tratamentos consistiam em cinco níveis de salinidade inicial do solo (1,0; 3,0; 6,0; 9,0 e 12 dS m⁻¹), duas cultivares de beterraba (*Beta vulgaris* L.) e dois manejos de fertirrigação (M1= manejo tradicional e M2 = com manejo da concentração iônica da solução do solo), em blocos casualizados com quatro repetições consistindo em 80 parcelas experimentais. A salinidade inicial do solo foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Richards (1954), adicionando solução nutritiva proporcional aos níveis de salinidade do solo desejados para o experimento. A solução nutritiva foi realizada com os tipos de sais recomendados por Furlani (1997) para hortaliças, estas

foram feitas de acordo com a quantidade de sais de cada tratamento na qual, foram adicionadas em cada vaso cuidadosamente antes do início do cultivo.

A irrigação e fertirrigação foi realizada em um sistema por gotejamento com vazão de 4 L h^{-1} e sistema de injeção do tipo Venturi, com manejo da irrigação através da evapotranspiração da cultura, medida por uma estação meteorológica dentro da casa de vegetação. O manejo da fertirrigação foi diferenciado para os tratamentos M_1 e M_2 , para o tratamento M_1 , utilizou-se a solução nutritiva para hortaliças recomendada por Furlani (1997), durante todo o ciclo, sendo que, a frequência da fertirrigação para este tratamento seguiu a mesma frequência da irrigação.

Para o tratamento M_2 empregou-se inicialmente a mesma recomendação do manejo M_1 , porém a partir de 10 dias após o transplante (DAT) não foi preestabelecida a frequência de fertirrigação utilizados neste manejo. A fertirrigação só era realizada quando a condutividade elétrica (CE) na solução do solo estava em média 20% abaixo dos níveis iniciais de salinização do solo para cada tratamento, sendo esta cessada quando a condutividade se encontrava em média 20% acima dos mesmos níveis iniciais, portanto, a concentração iônica total da solução do solo controlou o manejo da fertirrigação, tal metodologia foi utilizada por Silva et al., (2000) e Dias et al., (2006). Para saber os níveis de CE presentes na solução do solo utilizaram-se extratores de cápsulas porosas para sua extração com auxílio de uma bomba de vácuo em que eram aplicados vácuos até 80 kPa e seringas de 20 ml para obtenção da solução, posteriormente foi feita a determinação da CE através de condutímetro utilizado em laboratório.

Na Tabela 2 encontram-se a quantidade de nutrientes aplicados via fertirrigação em cada vaso, ao longo do ciclo da cultura para os diferentes tratamentos de salinidade estudados. Observa-se que a quantidade de nutrientes aplicadas no manejo M_2 superou aos recomendados pela literatura. Porém as concentrações dos fertilizantes aplicados neste experimento podem ser superiores aos utilizados por Furlani (1997), além da contribuição dos sais já existentes no início dos tratamentos.

No dia 28/11/11 as mudas cultivadas durante 30 dias em bandejas de isopor com 288 células (1 planta por célula), foram transplantadas para os vasos colocando-se 2 mudas por vaso e após 10 dias foram deixadas apenas as mudas mais vigorosas no vaso. Foram cultivadas duas cultivares a cultivar Early Wonder e Itapuã, observando assim a adaptação de ambas ao meio salino a qual foram submetidas. 60 DAT as plantas foram

colhidas, separadas (em parte aérea e raiz) e secadas em estufas a 60°C até atingir peso constante posteriormente a parte aérea e as raízes de cada planta foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g. As análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes presentes em cada fração da planta, seguiram a metodologia contidas em Malavolta et al. (1997). Os resultados das análises forneceram as concentrações dos micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), a partir dos valores obtidos, determinou-se o acúmulo destes micronutrientes em cada parte da planta (parte aérea e raiz), multiplicando-se a concentração destes pela massa seca da referida fração.

Tabela 2. Quantidade de micronutrientes (g vaso⁻¹) aplicados ao longo do ciclo da cultura, em função do manejo de fertirrigação e dos níveis de salinidade do solo

CE (dS m ⁻¹)	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Total
Manejo por Controle (M2)						
1,0	0,0033	0,0005	0,77	0,0058	0,0019	0,78
3,0	0,0098	0,0014	2,30	0,0173	0,0057	2,34
6,0	0,0196	0,0028	4,61	0,0346	0,0114	4,68
9,0	0,0294	0,0041	6,91	0,0518	0,0171	7,01
12,0	0,0392	0,0055	9,22	0,0691	0,0228	9,35
Manejo Tradicional (M1)						
Furlani (1997)	0,0010	0,0001	0,24	0,0018	0,0006	0,2436

A quantificação dos efeitos do fator salinidade sobre as variáveis analisadas foram feitas através da análise de variância, cujo efeito dos tratamentos foi estudado por meio da análise de regressão. Na análise de regressão foram testados os modelos linear e polinomial de 2º grau. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, a 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F e no maior valor do coeficiente de determinação (R²). Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa SISVAR versão 5.0 (Ferreira, 2008). Também foram feitas teste de comparações de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator cultivar e manejo da fertirrigação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Acúmulo de micronutrientes na parte aérea

A análise de variância mostrou efeito significativo (0,05>p) para o fator salinidade do solo excetuando a variável manganês (Mn) para este efeito, o fator manejo da fertirrigação apresentou diferença significativa para a variável boro (B), enquanto o fator cultivar apresentou efeito significativo apenas para as variáveis B e Mn. A Tabela

3 apresenta o teste de média de Tukey a 5% de probabilidade para o fator cultivar. Os maiores valores para os micronutrientes estudados foram observados para a cultivar Itapuã excetuando os valores de Fe e Mn.

Tabela 3. Teste de médias para as cultivares estudadas para os diferentes macronutrientes na parte aérea da planta

Cultivar	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Early Wonder	0,60 a ¹	0,22 a	58,0 a	9,97 b	1,22 a
Itapuã	0,82 b	0,23 a	51,2 a	7,97 a	1,32 a
D.M.S	0,14	0,05	14,82	1,98	0,22

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Tabela 4 observa-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator manejo da fertirrigação, observa-se que apenas a variável B apresentou diferenças entre os manejos da fertirrigação propostos, com maiores valores para o manejo controlado da fertirrigação. Segundo Gondim et al., (2011) em estudos sobre o crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes em plantas de beterraba em sistema hidropônico, observaram que a cultura apresentou maiores concentrações de Mn, Zn e Fe para os micronutrientes absorvidos.

Tabela 4. Teste de médias para os manejos de fertirrigação estudados para os diferentes macronutrientes na parte aérea da planta

Cultivar	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Tradicional	0,62 a ¹	0,23 a	57,7 a	9,12 a	1,27 a
Controlado	0,80 b	0,22 a	51,4 a	8,82 a	1,27 a
D.M.S	0,14	0,05	14,82	1,98	0,26

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey

A Tabela 5 apresenta as equação de ajustes das regressões para o fator salinidade do solo nos diferentes manejos de fertirrigação para a cultivar Early Wonder e Itapuã. Apenas os elementos boro (B), cobre (Cu), Ferro (Fe) e manganês (Mn), apresentaram ajustes significativos para os modelos de regressão propostos. Para a cultivar Early Wonder o B apresentou redução de 0,059 mg planta⁻¹ para cada aumento unitário da salinidade do solo para o manejo tradicional da fertirrigação (M1). Para o manejo controlado da fertirrigação (M2) observa-se com a utilização da primeira derivada na equação proposta que valor máximo encontrado (1,0346 mg planta⁻¹) para a variável B foi observado no nível de 4,36 dS m⁻¹ da condutividade elétrica do solo, para maiores

valores, houve redução do acúmulo de B na planta, possivelmente o aumento da CE na solução do solo dificultou a sua absorção e como consequência a assimilação de diversos nutrientes, este processo é relatado por Silva et al., (2013) em estudos sobre o efeito da salinidade do solo nas relações hídricas de cultivares de beterraba, estes autores observaram uma redução nas propriedades fisiológicas da cultura como resistência estomática e transpiração além de decréscimo significativo no consumo hídrico das plantas.

Tabela 5. Equações de regressão ajustadas aos dados de acúmulo (mg planta^{-1}) dos micronutrientes (mg planta^{-1}) na parte aérea da cultura da beterraba em função dos níveis de salinidade do solo e manejo da fertirrigação estudados para a cultivar Early Wonder e Itapuã

Nutriente	Equações de regressões ajustadas	R ²
Early Wonder		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0596^{**}CE + 0,9225^{**}$	0,77 ^{**}
	$\hat{Y}(M2) = -0,0097^{**}CE^2 + 0,0847^{**}CE + 0,7076^{**}$	0,39 [*]
Fe	$\hat{Y}(M1) = -5,7455^{**}CE + 96,122^{**}$	0,62 [*]
Mn	$\hat{Y}(M1) = -0,6979^{*}CE + 14,82^{**}$	0,40 [*]
Itapuã		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0342^{**}CE + 0,8327^{**}$	0,61 ^{**}
Cu	$\hat{Y}(M1) = -0,0124^{**}CE + 0,3117^{**}$	0,61 ^{**}
	$\hat{Y}(M2) = -0,0021^{*}CE^2 + 0,0221^{*}CE + 0,2176^{**}$	0,36 [*]

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente, ^{ns} não significativo
M1 e M2 - manejo da fertirrigação tradicional e controlado; CE - Condutividade elétrica do extrato de saturação

Os elementos Fe e Mn apresentaram ajustes significativos para o manejo M1, apresentando redução de 5,7455 e 0,6979 mg planta^{-1} para cada aumento unitário da condutividade elétrica. Os valores observados neste experimento são superiores aos encontrados por Haag & Minami (1987) que observaram concentrações de 0,074 para Fe e 0,006 mg planta^{-1} para Mn. Contudo, o presente experimento apresentou uma elevada concentração de nutrientes no solo o que pode ter acarretado em uma maior absorção pelas plantas.

Para a cultivar Itapuã as regressões ajustadas para os níveis de salinidade estudados apresentaram para o elemento B redução de 0,0342 mg planta^{-1} , para cada aumento unitário da salinidade do solo. Para a variável Cu o manejo M1 apresentou

redução de 0,0124 mg planta⁻¹ para cada aumento unitário da salinidade do solo, enquanto para o M2 observou-se níveis crescentes de absorção de cobre pelas plantas até a salinidade limiar de 5,26 dS m⁻¹, o manejo da fertirrigação pode ter contribuído para o aumento da absorção deste nutriente pela planta, segundo Dias et al., (2006) e Silva et al., (2000) com o controle da concentração iônica na solução do solo é possível evitar problemas de salinidade do solo, devido a possibilidade de realizar modificações na fertirrigação adotada com o objetivo de reduzir os altos valores de CE na solução do solo.

Acúmulo de micronutrientes na raiz

A análise de variância para a raiz da cultura da beterraba apresentou para o fator salinidade, efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis boro (B) e cobre (Cu), enquanto o fator manejo da fertirrigação houve diferenças significativas apenas para a variável boro enquanto o fator cultivar houve diferenças para as variáveis boro e mangânes. A Tabela 6 apresenta o teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator cultivar, observou-se que a cultivar Early Wonder apresentou as maiores médias para os micronutrientes Fe, Mn e Zn, enquanto a cultivar Itapuã os micronutrientes B e Cu foram superiores. Apenas o B e Mn apresentaram diferenças significativas entre estas cultivares, a concentração de B tanto na parte aérea como na raiz apresentaram efeitos nos tratamentos estudados, revelando a importância deste elemento na cultura da beterraba, segundo Dordas et al., (2007) em estudos sobre a aplicação de boro e sua influência na produção e qualidade de sementes na beterraba, observaram que a aplicação foliar deste nutriente aumenta a produção de sementes de maneira mais eficiente do que a aplicação via solo.

Tabela 6. Teste de médias para as cultivares estudadas para os micronutrientes acumulados na raízes da cultura da beterraba

Cultivar	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Early Wonder	0,50 a ¹	0,17 a	46,6 a	8,12 b	1,20 a
Itapuã	0,60 b	0,19 a	40,7 a	6,17 a	1,12 a
D.M.S	0,06	0,05	10,57	1,47	0,18

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey

A Tabela 7 apresentou o teste de média para o manejo da fertirrigação estudados, no qual apenas a variável boro apresentou diferença significativas com maiores valores para o manejo de fertirrigação controlado. Os maiores valores foram

observados para o elemento Fe, porém não houve diferença significativa entre os manejos de fertirrigação propostos.

Tabela 7. Teste de médias para o manejo da fertirrigação estudadas para os micronutrientes acumulados na raízes da cultura da beterraba

Cultivar	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg planta ⁻¹ -----				
Tradicional	0,47 a ¹	0,17 a	46,6 a	7,30 a	1,17 a
Controlado	0,63 b	0,18 a	40,8 a	7,00 a	1,15 a
D.M.S	0,06	0,05	10,57	1,47	0,18

¹ Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente a 0,05 de probabilidade pelo teste de Tukey

A Tabela 8 apresenta as equações de ajustes para o acúmulo de micronutrientes nas raízes da cultura da beterraba para o fator salinidade do solo nos diferentes manejos da fertirrigação propostos para a cultivar Early Wonder e Itapuã. Para a cultivar Early Wonder observa-se que apenas a variável boro apresentou efeito significativo para os fatores estudados, apresentando redução de 0,0361 mg planta⁻¹ para cada aumento unitário da salinidade do solo para o manejo M1. O manejo M2 apresentou valores de acúmulo de boro crescentes até a salinidade limiar de 4,73 dS m⁻¹, alguns trabalhos relatam a importância do boro para a cultura da beterraba e o seu significativo aumento na produção matéria seca e na produção de sementes como relatam Prado et al. (2013) que observaram um aumento progressivo da matéria seca da cultura da beterraba através da aplicação foliar de boro e Dordas et al. (2007) que observaram um aumento significativo na produção de sementes da cultura da beterraba utilizando-se apenas 3 kg ha⁻¹, deste nutriente.

Para a cultivar Itapuã as equações de ajustes para o acúmulo de micronutrientes na raiz mostraram respostas significativas para o manejo M1 e apenas nas variáveis boro (B) e cobre (Cu). Para a variável boro observou-se decréscimo de 0,0285 mg planta⁻¹ na absorção deste micronutriente de acordo com o aumento unitário da salinidade do solo. A variável cobre (Cu) apresentou redução de 0,0099 mg planta⁻¹ para cada aumento da salinidade do solo. Embora seja uma cultura semi tolerante a salinidade do solo (Ayers e Westcot, 1999) a beterraba apresentou reações adversas à salinidade gerada pelos fertilizantes, o que reduziu a absorção de B e Cu, conforme o aumento da condutividade elétrica no solo. O efeito da salinidade do solo na cultura da beterraba vem sendo estudo por diversos pesquisadores dentre estes valem destacar os trabalhos de Katerji et al., (2000), Katerji et al., (2003) e Hajiboland et al., (2009) estes autores apresentam o efeito da salinidade na qualidade e produtividade da cultura da

beterraba observando a redução da produção de acordo com o aumento da salinidade do solo. Com relação ao efeito do cobre na cultura da beterraba, Allison et al. (1996) em estudos sobre a resposta da beterraba a aplicação de cobre via adubação foliar observaram que a negligência com este elemento pode afetar a produção da cultura de maneira que 15% do Reino Unido teriam problemas com sua produção graças a essa deficiência.

Tabela 8. Equações de regressão ajustadas aos dados de acúmulo (mg planta^{-1}) dos micronutrientes (mg planta^{-1}) na parte aérea da cultura da beterraba em função dos níveis de salinidade do solo e manejo da fertirrigação estudados para a cultivar Early Wonder e Itapuã

Nutriente	Equações de regressões ajustadas	R ²
Early Wonder		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0361^{**}CE + 0,6762^{**}$	0,69 ^{**}
	$\hat{Y}(M2) = -0,0081^{**}CE^2 + 0,0767^{**}CE + 0,5281^{**}$	0,45 [*]
Itapuã		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0285^{**}CE + 0,6843^{**}$	0,51 ^{**}
Cu	$\hat{Y}(M1) = -0,0099^{**}CE + 0,2547^{**}$	0,49 ^{**}

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente, ^{ns} não significativo
M1 e M2 - manejo da fertirrigação tradicional e controlado; CE - Condutividade elétrica do extrato de saturação

Exportação total de micronutrientes

As equações de ajuste para a exportação total de micronutrientes (kg ha^{-1}) pela cultura da beterraba sob diferentes manejos da fertirrigação e cultivares estudadas estão apresentados na Tabela 9. Para a cultivar Early Wonder apenas os elementos B, Cu e Fe, apresentaram ajustes para os manejos de fertirrigação e níveis de condutividade elétrica propostos. O ajuste para estes elementos foi linear para o elemento B os manejos da fertirrigação apresentaram redução de 0,0159 (M1) e 0,0113 kg ha^{-1} (M2) para cada aumento unitário da condutividade elétrica. O elemento Cu apresentou reduções de 0,0049 (M1) e 0,0024 kg ha^{-1} (M2) para cada aumento unitário da condutividade elétrica. O elemento Fe apresentou ajuste apenas para o manejo tradicional da fertirrigação com redução de 0,0113 kg ha^{-1} de ferro exportado para cada aumento unitário da condutividade elétrica no solo.

Para a cultivar Itapuã apresentaram ajustes os elementos B, Cu e Mn. O elemento B apresentou ajuste apenas para o manejo M1 com redução de 0,0102 kg ha^{-1}

de B exportado para cada aumento unitário da condutividade elétrica no solo (CE). Para o elemento Cu houve ajuste linear para o manejo M1 com redução de 0,009 kg ha⁻¹ a cada aumento da CE e quadrático para o manejo M2 com maiores valores observados para os níveis de CE de 9,78 dS m⁻¹, possivelmente houve um consumo excessivo da planta devido a alta disponibilidade deste nutriente no solo. Para o Mn apenas o manejo M1 apresentou ajuste aos modelos de regressão propostos, com redução de 0,1153 kg ha⁻¹, para cada aumento da condutividade elétrica no solo. Os resultados apresentados neste experimento foram superiores aos encontrados por Sediya et al. (2011) em estudos sobre produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica, possivelmente as altas concentrações destes elementos nos solos nos diferentes tratamentos propostos, podem ter promovido o aumento da exportação destes na planta, várias as condições podem ter afetado este consumo, segundo Matsi et al. (2005) vários fatores no solo podem alterar as condições de absorção de micronutrientes pela beterraba, segundo ainda estes autores o pH do solo pode ser um dos diversos fatores que afetam negativamente a absorção de Zn e Mn na cultura da beterraba e a viabilidade de elementos como Fe e Mn no solo.

Tabela 9. Equações de regressão ajustadas aos dados de exportação total (kg ha⁻¹) dos micronutrientes em função dos níveis de salinidade do solo e manejo da fertirrigação estudados para a cultivar Early Wonder e Itapuã

Nutriente	Equações de regressões ajustadas	R ²
Early Wonder		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0159^{**}CE + 0,2614^{**}$	0,82 ^{**}
	$\hat{Y}(M2) = -0,0113^{*}CE + 0,2763^{**}$	0,26 [*]
Cu	$\hat{Y}(M1) = -0,0049^{*}CE + 0,098^{**}$	0,30 [*]
	$\hat{Y}(M2) = -0,0024^{*}CE + 0,0763^{**}$	0,27 [*]
Fe	$\hat{Y}(M1) = -1,449^{*}CE + 26,764^{**}$	0,25 [*]
Itapuã		
B	$\hat{Y}(M1) = -0,0102^{**}CE + 0,2466^{**}$	0,64 ^{**}
Cu	$\hat{Y}(M1) = -0,0099^{**}CE + 0,2547^{**}$	0,49 ^{**}
	$\hat{Y}(M2) = -0,00047^{*}CE^2 + 0,0046^{ns}CE + 0,066^{**}$	0,37 [*]
Mn	$\hat{Y}(M1) = -0,1153^{*}CE + 2,961^{**}$	0,25 [*]

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente, ^{ns} não significativo

M1 e M2 - manejo da fertirrigação tradicional e controlado; CE - Condutividade elétrica do extrato de saturação

A Tabela 10 apresenta a exportação média para a cultura da beterraba nos diferentes manejos de fertirrigação estudados. As ordens dos elementos apresentaram-se a mesma para as cultivares e manejos da fertirrigação estudados, seguindo a seguinte ordem: Fe>Mn>Zn> B> Cu. Estes resultados assemelham-se aos apresentados por Gondim et al. (2011) excetuando-se a concentração de ferro (Fe) que apresentaram valores bem inferiores aos apresentados neste trabalho, sugerindo-se que a disponibilidade maior deste nutriente no solo pode causar alta absorção do mesmo pelas plantas.

Tabela 10. Exportação média da cultura da beterraba para os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn para as cultivares e manejos de fertirrigação estudados

Nutrientes	Exportação (kg ha ⁻¹)			
	Early Wonder		Itapuã	
	M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
	Parte aérea			
B	0,09	0,11	0,10	0,15
Cu	0,04	0,03	0,04	0,04
Fe	9,83	9,02	8,95	7,69
Mn	1,71	1,53	1,24	1,32
Zn	0,22	0,18	0,18	0,23
	Raiz			
B	0,07	0,09	0,08	0,11
Cu	0,03	0,03	0,03	0,03
Fe	7,94	7,20	7,19	6,06
Mn	1,38	1,25	1,00	1,02
Zn	0,18	0,16	0,15	0,18

M1 e M2 - manejo da fertirrigação tradicional e controlado

CONCLUSÕES

As maiores exigências nutricionais para a cultura da beterraba para os micronutrientes estudados seguem a seguinte ordem: Fe>Mn>Zn>B>Cu tanto para a parte aérea quanto para a raiz da planta. Os elementos B, Cu, Fe, Mn apresentaram respostas para o aumento da salinidade do solo levando a maiores absorções dos mesmos.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (trad.) A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: **UFPB**, 1999. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

ALLISON, M. F.; LAST, P. J.; BEAN, K. M. R. Responses of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to foliar sprays of copper. **Journal Science Food Agriculture**, v. 72, p.219-225, 1996.

DORDAS, C.; APOSTOLIDES, G. E.; GOUNDRAS, O. Boron application affects seed quality of sugar beets. **Journal Agricultural Science**, v.145, p. 377-384, 2007.

DIAS, N. S. DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; TELES FILHO, J. F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. II: Efeitos sobre o crescimento do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 208-218, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FURLANI. Hidroponia. In: RAIJ, B. Van et al., **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

GONDIM, A. R. O.; CORREIA, M. A. R.; ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes em plantas de beterraba cultivada em sistema hidropônico. **Bioscience Journal**, v.27, n.4, p.526-535, 2011.

GRANJEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVÊDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.2, p. 267-273, 2007.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.; Salinity-mineral nutrient in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.78, 127-157, 1999.

Hajiboland, R.; Joudmand, A.; Fotouhi, K. Mild salinity improves sugar beet (*Beta vulgaris* L.) quality. **Acta Agriculture Scandinava Section B - Soil and Plant Science**, v. 59, p. 295-305, 2009.

HAAG, P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças LXXIII. Requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. **Anais da E.S.A. "Luis de Queiroz"**, v.44,p. 401-408, 1987.

KATERJI, N.; van Hoorn, J. W.; Hamdy, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural Water Management**, v. 43, p. 99-109, 2000.

KATERJI, N.; van Hoorn, J. W.; Hamdy, A.; MASTRORILLI, M. Salinity effect on crop development and yield analysis of salt tolerance according to several classification methods. **Agricultural Water Management**, v. 62, p. 37-66, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MATSI, T.; MASLARIS, N.; BARBAYIANNIS, N. Micronutrient levels in sugar beet in soils of Greece. **Journal of Plant Nutrition**, v.28, p. 2093-2099, 2005.

PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; CECÍLIO FILHO, A. B.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Foliar and radicular absorption of boron by beet root and tomato plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 44, p. 1435-1443, 2013.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: United State Salinity Laboratory, 1954. 160 p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

SEDYIAMA, M. A. N.; MARLEI, R. S.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.15, n.9, p.883-889, 2011.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, Ê. F. F.; TANAKA, A. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.11, p. 1143-1151, 2013a.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F. Produção da cultura da beterraba irrigada com água salina. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.3, p.271-279, 2013b.

SILVA, E. F. F.; ANTI, G. R.; CARMELLO, Q. A. C.; DUARTE, S. N. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

TULIO, J. A.; OTTO, R. F.; BOER, A.; OHSE, S. Cultivo de beterraba em ambiente protegido e natural na época de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1074-1079, 2010.

Recebido para publicação em: 11/04/2014

Aceito para publicação em: 25/06/2014