

TEORES DE MICRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE PIMENTÃO SOB FERTIRRIGAÇÃO

Francisco Fernando Noronha Marcussi

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. CP 237, CEP 18603-970. E-mail: marcussi@fca.unesp.br

Roberto Lyra Villas Bôas

Departament de Recursos Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. CP 237, CEP 18603-970. E-mail: rlvb@fca.unesp.br

1 RESUMO

Neste estudo, objetivou-se determinar os teores de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, B e Cu) nos diferentes órgãos do híbrido de pimentão Elisa, sob fertirrigação em ambiente protegido, em oito épocas de coleta de planta. O experimento foi desenvolvido nas dependências do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, FCA, Botucatu/SP. Constou o experimento de 8 tratamentos (épocas de coleta de planta – 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, e 140 dias após o transplante das mudas) e 4 repetições, sendo cada repetição formada por 4 plantas. Em cada etapa obteve-se os teores dos micronutrientes no fruto, folha, caule e raiz e na planta como um todo. A fertilização no ciclo estudado, 140 dias, foi feita via fertirrigação localizada. Os resultados mostram que os teores de micronutrientes encontrados na planta de pimentão seguem a seqüência: Fe>Zn>Mn>B>Cu. Nos resultados são apresentadas as tabelas com os teores de Fe, Zn, Mn, B e Cu (Tukey a 5%) em cada órgão da planta e da planta como um todo, nas diferentes épocas de avaliação e, os gráficos mostrando o comportamento dos teores de Zn, Mn, B e Cu.

UNITERMOS: Fertirrigação, concentrações de micronutrientes, Pimentão, *Capsicum annuum* L. e nutrição mineral.

MACUSSI, F.F.N.; VILLAS BÔAS, R.L MICRONUTRIENT CONCENTRATION IN THE BELL PEPPER PLANT DEVELOPMENT UNDER FERTIRRIGATION

2 ABSTRACT

This study aimed to determine the micronutrient contents (Fe, Zn, Mn, B and Cu) in different organs of Elisa bell pepper hybrid under fertirrigation in protected environment in eight harvesting seasons. The experiment was carried out in the Natural Resource Department – Soil Science, FCA, Botucatu. SP, and consisted of 8 treatments (harvesting season – 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 140 days after seedling transplant), and 4 replications, each one composed of 4 plants. In each growth period the micronutrient content in the fruit, leaf, stem, root and plant as a whole was determined. The fertilization in the study period i.e., 140 days, was

performed by local fertirrigation. The results showed that the micronutrient levels found in the bell pepper plant followed the decreasing order: Fe>Zn>Mn> B>Cu. The tables present the Fe, Zn, Mn, B and Cu (Tukey Test at 5%) contents in each plant organ and in the entire plant at different evaluation periods. The charts show the Zn, Mn, B and Cu content variation.

KEYWORDS: fertirrigation, micronutrient concentration, bell pepper, *Capsicum annuum* L. and mineral nutrition.

3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) destaca-se entre as Solanáceas por ser consumido em grande quantidade além de possuir uma importância econômica, no Brasil e no exterior, principalmente nos Estados Unidos, México, Itália, Japão e Índia (SILVA, 1998); e, portanto faz com que a tecnologia empregada na sua produção, tanto a fertirrigação como o ambiente protegido, seja cada vez mais exigida quanto a minimizar gastos e elevar a produtividade. Em alguns países, como os Estados Unidos, Israel e Itália, fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e pela qualidade dos fertilizantes líquidos. Com a difusão de novas tecnologias em irrigação, a introdução de fertilizantes líquidos no mercado, o custo crescente da mão-de-obra e a necessidade de aumentar a eficiência de utilização dos insumos e implementar a produtividade dos sistemas de produção agrícola, especialmente em áreas de cerrado e do trópico semi-árido, abrem-se grandes perspectivas à utilização dessa tecnologia (COELHO, 1994). Segundo Mesquita Filho et al. (1991), no Brasil, é muito pequeno o número de artigos publicados envolvendo a aplicação de micronutrientes em hortaliças de raízes, de tubérculos, de bulbos e de frutos. Coelho (1994), cita que não só o conhecimento do comportamento dos micronutrientes do solo, em relação a sua mobilidade, mas também a exigência nutricional da cultura durante o seu ciclo são fatores importantes a considerar no manejo dos fertilizantes na fertirrigação. Já Gupta (2001), diz que as funções principais dos

micronutrientes, exceto o boro e o cloro, é constituir grupos protéicos em metal-proteínas e atuar como ativadores de reações enzimáticas. Sem micronutrientes atuando como “arranque”, o sistema enzimático nas plantas seria simplesmente uma massa inerte de proteínas.

Segundo Malavolta (1980), o interesse de se conhecer os teores de nutrientes se prende a avaliação do estado nutricional por meio da variação na composição de órgãos representativos. O conhecimento da exigência nutricional e da concentração dos nutrientes através de órgãos representativos nas plantas é importante para se estabelecer às quantidades de nutrientes a serem aplicadas através dos fertilizantes, obtendo assim os melhores rendimentos. Segundo Gupta (2001) ainda há necessidade de mais pesquisas sobre a fisiologia da translocação, para estabelecer padrões quantitativos de redistribuição dos nutrientes em plantas em resposta a adubação com micronutrientes.

O teor de nutrientes é diferente de acordo com o desenvolvimento da planta, intensificando-se com a floração, formação e crescimento dos frutos (SILVA, 1998). Sabe-se que a fertirrigação é o melhor instrumento para se manter um teor adequado de nutrientes na solução do solo, e conseqüentemente uma boa nutrição da planta.. Segundo Raij (1993) a correção do solo e a adubação de hortaliças são muitas vezes feitas com doses acima das recomendadas, havendo mais a preocupação em evitar deficiências, e assim fazendo, incorre-se no perigo dos excessos prejudiciais, além dos desperdícios. Nota-se nesse ponto a importância de se saber o teor de micronutrientes na planta, de modo a se avaliar seu respectivo estado nutricional e, o momento certo de se aplicar esses nutrientes de acordo com a sua respectiva

fase de desenvolvimento. As curvas de resposta das culturas podem ser diferentes não só entre órgãos vegetativos e também reprodutivos, mas também entre os componentes da produção colhida (MARSCHNER, 1995). Fato esse que remete a importância do conhecimento da concentração do nutriente em cada órgão da planta. Gupta (2001) ressalta a importância da amostragem da parte apropriada da planta e o estágio de crescimento para a avaliação do estado nutricional. Observa-se aqui o fato de haver poucos estudos a despeito das concentrações de micronutrientes na planta de pimentão para avaliar sua deficiência ou suficiência.

Segundo Gupta (2001), a precisão dos métodos analíticos modernos é tal que mesmo micro quantidades de micronutrientes em plantas podem ser detectadas com exatidão. Estudos para caracterizar o conteúdo de nutrientes em diversos órgãos das plantas são úteis na avaliação do estado nutricional das culturas. Quanto maior a capacidade da parte da planta em acumular um nutriente, maiores serão as diferenças na concentração desse nutriente em resposta a taxas variáveis de adubação. Segundo Coelho (1994), na fertirrigação, com exceção do molibdênio, que se move livremente na solução do solo em direção às raízes e a do boro, em solos arenosos, a baixa difusão no solo dos demais micronutrientes (zinco, cobre, ferro e manganês) deixa dúvidas quanto à eficiência da aplicação desses micronutrientes na superfície do solo.

Nem a aparência da cultura, nem as evidências visuais disponíveis, podem levar a uma diagnose confiável na identificação de uma deficiência ou excesso de micronutrientes (MAGALHÃES, 1988). Nesses casos, a análise química do tecido vegetal torna-se o procedimento recomendado para posterior comparação com os valores críticos de

concentração do micronutrientes para a cultura considerada. Portanto, neste estudo, objetivou-se determinar os teores de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, B e Cu) nos diferentes órgãos do híbrido de pimentão Elisa, sob fertirrigação em ambiente protegido, em oito épocas de coleta de planta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob ambiente protegido (túnel plástico), no Departamento de Recursos Ambientais - Ciência do Solo, da Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu - SP. Os vasos, que receberam as mudas, foram preenchidos com 29 litros de um Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999) cujas características químicas encontram-se na Tabela 1.

Executou-se a correção da acidez com 3,05 g de calcário dolomítico (PRNT= 86) por litro de solo com o objetivo de elevar a saturação por bases (V) a 80%. A fonte de fósforo utilizado foi o termofosfato yoorin master + S, sendo aplicado 58,0 g do fertilizante por vaso (equivalente a 150 mg de P.kg⁻¹ de solo), e para elevar o teor de potássio utilizou-se 6,96 g de KCl por vaso (equivalente a 117 mg de K.kg⁻¹ de solo). Cada vaso recebeu ainda 150 g de composto orgânico Biomix. As Tabelas 2 e 3 mostram, respectivamente, o resultado da análise química do solo para macro e micronutrientes, no momento do transplante das mudas, isto é, após a correção do solo e adubação.

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo utilizado no experimento.

PH	M.O.	P (resina)	H + Al	K ⁺¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V
CaCl ₂	g.kg ⁻¹	mg.dm ⁻³	-----	mmol _c . dm ⁻³	de terra	-----			(%)
4,0	24	3	61	0,4	1	0	2	63	3

Tabela 2. Teores de macronutrientes no solo no momento do transplante das mudas de pimentão.

PH	M.O.	P	H + Al	K ⁺¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V
CaCl ₂	g. dm ⁻³	mg.dm ⁻³	-----		mmol.c. dm ⁻³ de terra		-----		(%)
6,0	20	71	21	3,7	59	27	90	112	81

Tabela 3. Teores de micronutrientes do solo no momento do transplante das mudas de pimentão.

BORO	COBRE	FERRO	MANGANÊS	ZINCO
----- mg. dm ⁻³ de terra -----				
0,25	1,0	47	2,0	7,5

Para simular um sistema de irrigação localizada para cada vaso foi adaptada uma garrafa tipo pete (de material descartável) de 2 litros, a qual foi pendurada de boca para baixo, sendo que a parte superior (fundo da garrafa) foi cortada para permitir colocar água e também a solução contendo os fertilizantes. A extremidade inferior (tampa) foi perfurada e conectada a uma mangueira com um gotejador na extremidade com vazão regulável. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, composto de oito tratamentos (épocas de amostragem de plantas), ou seja, estágio de muda (tempo 0), 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após o transplante das mudas e foram utilizadas quatro repetições. Para diminuir problemas de variação genética do material estudado, cada vaso continha 2 plantas sendo que a parcela experimental foi composta por dois vasos e, portanto cada repetição foi formada por 4 plantas.

Após o transplante das mudas foram realizados os tratos culturais de acordo com a necessidade das plantas, sendo as desbrotas executadas logo após o surgimento dos ramos laterais. As pulverizações foram realizadas conforme as especificações técnicas e a aplicação de água, via irrigação localizada, foi feita diariamente conforme as necessidades das plantas.

A primeira aplicação da fertirrigação foi feita 54 dias após o transplante, uma vez que, através de diagnose visual identificou-se que a adubação básica (principalmente o uso de composto orgânico) estava fornecendo nutrientes de forma adequada às plantas. Foram

aplicados 0,285 g de nitrogênio e 0,361 g de cálcio (1,9 g de nitrato de cálcio por planta por aplicação diluído em 250 ml de água) por planta até a terceira aplicação. Em seguida aumentou-se a dose de nitrogênio para 0,392 g (acrescentando 0,82 g de nitrato de potássio por planta diluído em 250 ml de água) por planta. A partir da quarta aplicação, utilizou-se 0,295 g de potássio por planta. Fez-se aplicação de boro (0,299 mg) e manganês (0,264 mg), usando-se bórax e sulfato manganês, na décima e décima quarta aplicação, respectivamente.

A cada 20 dias as plantas de pimentão (híbrido Elisa) foram coletadas. Posteriormente esse material foi seco em estufa (65 °C), determinado o peso seco, moído e analisado quimicamente segundo metodologia citada por Bataglia (1989). Na análise química, foi determinada a concentração de micronutrientes em cada órgão da planta. Os resultados de concentração de nutrientes nas folhas, caule, frutos, raízes e na planta como um todo, foram submetidos à análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Notou-se aos 140 dat (dias após o transplante) que a maior quantidade de matéria seca estava contida nos frutos (30%), seguidos pelo caule (28%), folhas (23%) e raiz (19%). Haag et al. (1970), Fernandes & Haag (1972) e Fontes & Monnerat (1984) observaram acúmulo de matéria seca lento até os 75 dat, no

entanto, os genótipos utilizados eram variedades e não híbridos.

As raízes muitas vezes não são consideradas quando se trata de curva de acúmulo de matéria seca, pela dificuldade de extraí-la do solo. No entanto, observa-se que o seu valor em termos de matéria seca não pode ser desprezível, por participar da massa de matéria seca total em 19%.

Os resultados, que foram analisados segundo Tukey a 5%, (Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8) mostram que, em média, o ferro apresentou a maior concentração, seguida do zinco, manganês, boro e cobre. Segundo Raij et al. (1993), o boro e o zinco são os dois elementos que aparecem mais como deficientes nas plantas no Brasil sendo, portanto, os micronutrientes mais utilizados na adubação.

Os resultados de concentração de boro para o fruto (Tabela 4), demonstram uma variação de concentração, do menor valor (18 mg kg⁻¹ aos 100 dat) para o maior (43 mg kg⁻¹ aos 60 dat), de 239 %. Já o cobre, ferro, manganês e zinco obtiveram uma variação de 420, 293, 313 e 285%, respectivamente, em relação aos valores extremos, no período analisado (60 a 140 dat). Observa-se ainda, que as concentrações de todos os micronutrientes

são bem maiores no fruto aos 60 dat, devendo-se ao fato da planta apresentar muitos frutos em formação e nenhum fruto comercial, ou seja, frutos de pimentão em desenvolvimento apresentam maior concentração de micronutrientes em relação aos frutos no ponto de colheita.

Segundo a análise estatística, Tukey a 5%, todas as coletas que se sucederam apresentaram diferença significativa da primeira, mostrando que no período produtivo da planta de pimentão, os frutos não conseguiram alcançar a mesma concentração de micronutrientes quando os mesmos ainda estavam em desenvolvimento.

Malavolta et al. (1997) citam que as faixas de teores de micronutrientes, na folha, consideradas adequadas para o pimentão são: 25-75 mg kg⁻¹ de boro, 6-25 mg kg⁻¹ de cobre, 60-300 mg kg⁻¹ de ferro, 50-250 mg kg⁻¹ de manganês e 20-200 mg kg⁻¹ de zinco. Observa-se que estes números, independente da época de coleta das folhas, estão na média dos números apresentados na Tabela 5. Gupta & Munro (1969) observaram que a adição de boro, via fertirrigação, fez com que as folhas acumulassem dez vezes mais boro do que as raízes.

Tabela 4. Teores de micronutrientes total no fruto de pimentão nos períodos de coleta.

Nutriente	Dias Após o Transplântio				
	60	80	100	120	140
	-----mg kg ⁻¹ -----				
B	43a ⁽¹⁾	20c	18c	29b	29b
Cu	21a	5c	6c	11b	12b
Fe	161a	57cd	55d	92b	77bc
Mn	50a	18c	16c	20c	26b
Zn	60a	23b	21b	26b	26b

⁽¹⁾Valores acompanhados da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si a 5% (Tukey).

Tabela 5. Teores de micronutrientes na folha da planta de pimentão nos períodos de coleta.

Nutriente	Dias Após o Transplântio							
	0	20	40	60	80	100	120	140
	-----mg kg ⁻¹ -----							
B	46c ⁽¹⁾	43c	43c	50bc	34d	43c	57ab	62a
Cu	10ab	6cd	10ab	8bc	5d	6cd	11ab	12a
Fe	170ab	187ab	179ab	216a	137b	208a	177ab	158ab
Mn	64d	82cd	105abc	109abc	88bcd	115ab	122a	83cd
Zn	95cd	80d	113ab	124a	85d	84d	105bc	79d

⁽¹⁾Valores acompanhados da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si a 5% (Tukey).

Tabela 6. Teores de micronutrientes no caule da planta de pimentão nos períodos de coleta.

Nutriente	Dias Após o Transplântio							
	0	20	40	60	80	100	120	140
	-----mg kg ⁻¹ -----							
B	31a ⁽¹⁾	26b	25b	24b	18c	18c	24b	19c
Cu	10a	5cd	7b	6bcd	5d	7bc	7bc	7b
Fe	112a	115a	104a	75b	52b	52b	67b	104a
Mn	24ab	29a	30a	20bc	20bc	18c	17c	18bc
Zn	34b	42a	28c	13d	13d	16d	18d	16d

⁽¹⁾Valores acompanhados da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si a 5% (Tukey).

Tabela 7. Teores de micronutrientes na raiz da planta de pimentão nos períodos de coleta.

Nutriente	Dias Após o Transplântio							
	0	20	40	60	80	100	120	140
	-----mg kg ⁻¹ -----							
B	27a ⁽¹⁾	29a	25a	41a	29a	31a	28a	27a
Cu	29a	13c	14c	16c	12c	18bc	23ab	27a
Fe	740b	721b	1011b	2481ab	1341b	793b	4490a	2798ab
Mn	73ab	87a	89a	40c	52bc	63abc	87a	61abc
Zn	113a	95ab	83bc	62cd	33d	60cd	62cd	77bc

⁽¹⁾Valores acompanhados da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si a 5% (Tukey).

Tabela 8. Teores de micronutrientes total na planta de pimentão nos períodos de coleta.

Nutriente	Dias Após o Transplântio							
	0	20	40	60	80	100	120	140
	-----mg kg ⁻¹ -----							
B	36a ⁽¹⁾	37a	35a	40a	25b	24b	34a	33a
Cu	16a	7d	10c	11c	6d	7d	12bc	13b
Fe	346cde	1085a	376cde	963ab	234de	149e	715abc	611bcd
Mn	57bcd	74ab	86a	58bc	43cd	40d	51cd	43cd
Zn	86ab	77bc	88a	69c	40de	36e	47d	45de

⁽¹⁾Valores acompanhados da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si a 5% (Tukey).

As partes da planta que obtiveram as maiores concentrações de nutrientes durante todo o estagio metabólico ativo de crescimento são, em geral, as mais adequadas para amostragem visando determinar o estado nutricional das culturas. Quanto maior a capacidade da parte da planta em acumular um nutriente, maiores serão as diferenças na concentração desse nutriente em resposta a taxas variáveis de adubação (GUPTA, 2001). Sendo assim, segundo os dados obtidos, a folha da planta de pimentão demonstrou ser o órgão da planta que melhor se enquadra nestes termos. Entretanto, observa-se a necessidade

de mais estudos que mostrem não só os teores adequados de nutrientes para a folha, mais também como coletar estas folhas, quais folhas da planta coletar e qual o melhor momento de coleta segundo o sistema de condução da cultura.

A Figura 1 mostra a distribuição dos teores totais, em porcentagem, de micronutrientes na planta de pimentão, em função dos intervalos de coleta. Com estes dados, pode-se observar em que fase do desenvolvimento da planta cada micronutriente se fez mais presente em relação aos outros. O ferro foi omitido das Figuras já que sua

concentração, em todas as fases de coleta, foi extremamente elevada. Bataglia et al. (1991), diz que valores médios de 50 a 250 mg kg⁻¹ de ferro pode ser enquadrado para um grande número de plantas. Contudo valores acima de 1000 mg kg⁻¹ de ferro pode ser associado à toxicidade da planta (BATAGLIA, 1991).

Nota-se que no presente estudo, para folha, o valor máximo encontrado de ferro foi de 208 mg kg⁻¹ aos 100 dat, portanto ficando dentro dos valores citados por Bataglia et al. (1991) anteriormente. Verifica-se que nos resultados de concentração de ferro para as raízes, obteve-se valores altíssimos, chegando a atingir, aos 120 dat, 4490 mg kg⁻¹ de ferro, contudo não apresentando sintomas de toxidez. Isto se deve, provavelmente a elevada concentração de ferro no solo (Tabela 3) em que as plântulas de pimentão foram transplantadas. Possíveis problemas na retirada deste solo da raiz por meio de água corrente também devem ser considerados.

As Figuras 2, 3, 4, 5 e 6 mostram o comportamento da concentração de boro, cobre, manganês e zinco no fruto, folha, caule, raiz e na planta como um todo, apontado suas variações nas épocas amostradas de forma direta

Durante o ciclo estudado para os frutos (Figura 2), as concentrações de Zn, Mn, B e Cu tiveram a mesma tendência de queda e alta, mesmo apresentado valores diferentes. Nota-se também que o Zn foi o micronutriente que manteve a maior concentração, nos frutos, dos 60 aos 100 dat, perdendo o lugar para o boro dos 120 aos 140 dat. Com os resultados analisados, observou-se que em média, durante todo o ciclo de coleta de frutos (80 dias), os micronutrientes no fruto alcançaram a seguinte ordem decrescente de concentração: ferro (88 mg kg⁻¹), zinco (31 mg kg⁻¹), boro (28 mg kg⁻¹), manganês (26 mg kg⁻¹) e o cobre (11 mg kg⁻¹).

A Figura 3 mostra que as maiores concentrações de micronutrientes na folha foram de zinco e manganês, tendo os dois micronutrientes se alternando na maior concentração. Os resultados mostraram que em

média, durante todo o ciclo estudado (140 dias), nas folhas, os micronutrientes obtiveram a seguinte ordem decrescente de concentração: ferro (179 mg kg⁻¹), manganês (96 mg kg⁻¹) e o zinco (96 mg kg⁻¹), boro (47 mg kg⁻¹) e o cobre (9 mg kg⁻¹). Nota-se que estes valores estão dentro da faixa recomendada por Malavolta et al. (1997) para folha de pimentão. Borket et al. (2001), citam que a concentração adequada de manganês na folha recém-desenvolvida deve variar de 30 a 250 mg kg⁻¹. A concentração crítica de deficiência de zinco em folhas varia de 15 a 30 mg kg⁻¹, entretanto, esses valores poderão ser alterados com a idade da planta e a concentração de outros nutrientes, principalmente fósforo (ABREU et al., 2001).

Verifica-se na Figura 4, um decréscimo da concentração de zinco, manganês e boro no caule da planta de pimentão, a partir dos 40 dat, momento este em que a planta começa a emitir flores e os frutos começam a se desenvolver. Nota-se também com a Figura 4, uma maior concentração de boro no caule em relação ao manganês, zinco e cobre nos outros órgãos, chegando o mesmo a superar o manganês e o zinco aos 60, 120 e 140 dat. Segundo Fontes et al. (2001), nos solos brasileiros, são muito frequentes as condições que favorecem a diminuição da quantidade de boro disponível para as plantas. Já de acordo com Magalhães & Monnerat (1978), nos solos de cerrado, que ocupam 25% do território nacional, a escassez de água, o pH baixo e os altos teores de ferro e alumínio são fatores que predispõem os solos à deficiência de boro. Pelos resultados analisados, observou-se que em média, durante todo o ciclo de coleta de plantas (140 dias), os micronutrientes no caule obtiveram a seguinte ordem decrescente de concentração: ferro (85 mg kg⁻¹), boro (23 mg kg⁻¹) e o zinco (23 mg kg⁻¹), manganês (22 mg kg⁻¹) e o cobre (7 mg kg⁻¹). Observou-se também que o caule foi o órgão da planta de pimentão que obteve a menor concentração média de micronutrientes durante todo o ciclo estudado.

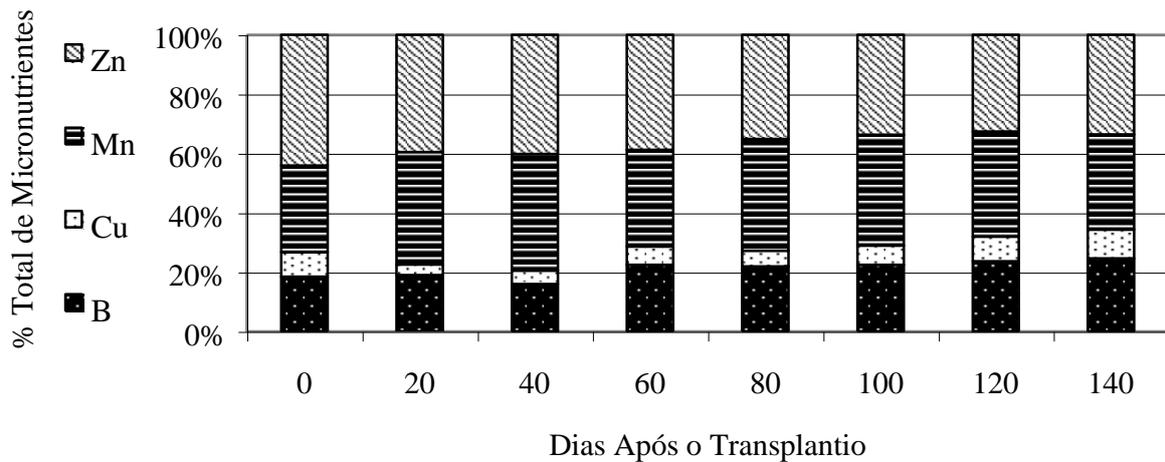


Figura 1. Distribuição dos teores totais, em porcentagem, de micronutrientes na planta de pimentão, em função dos períodos de coleta.

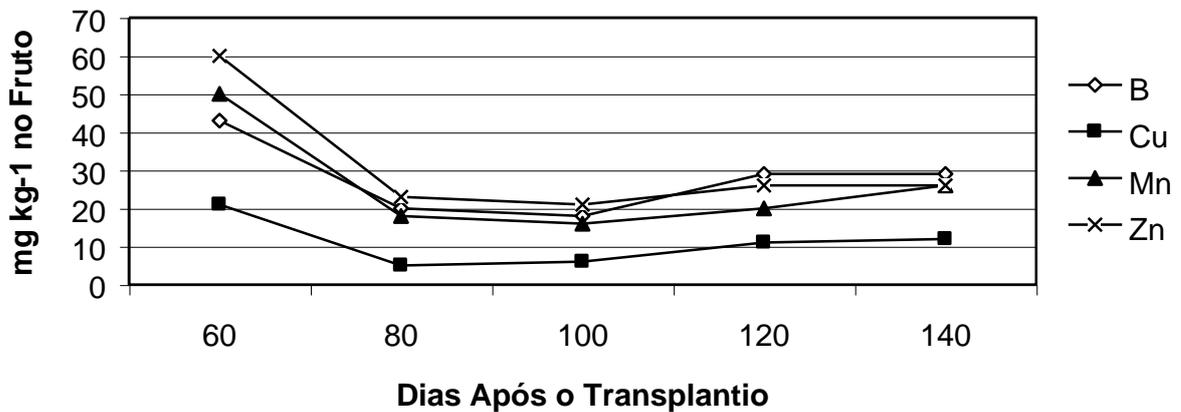


Figura 2. Concentração de boro, cobre, manganês e zinco no fruto da planta de pimentão, nos diferentes períodos de coleta.

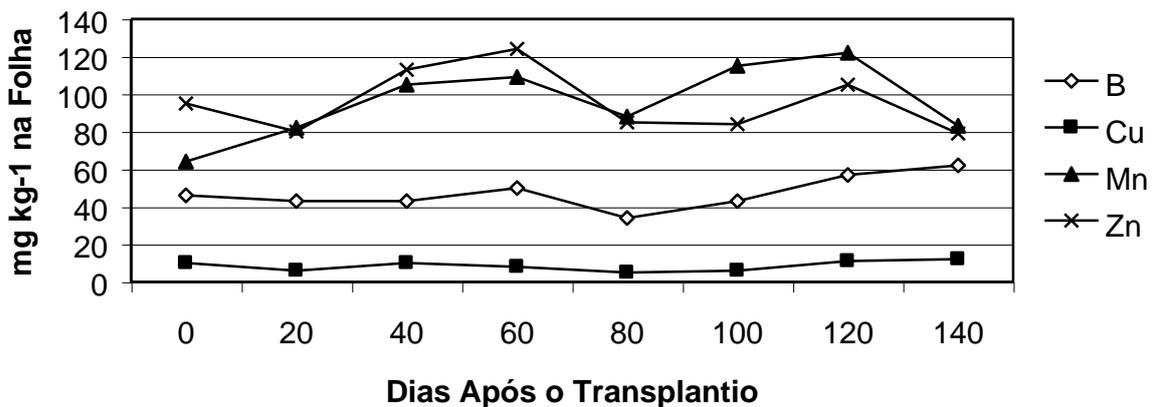


Figura 3. Concentração de boro, cobre, manganês e zinco na folha da planta de pimentão, nos diferentes períodos de coleta.

Já no comportamento das concentrações dos micronutrientes na raiz (Figura 5) verificou-se uma maior concentração de cobre, mantendo-se muito próximo do boro e até mesmo o igualando (aos 140 dat) e superando-o (aos 0 dat – transplântio de mudas). Segundo Abreu et al. (2001), a disponibilidade de cobre é afetada pelo pH do solo, tendendo a diminuir com a sua elevação. Osawa & Tazuke (1990) verificaram um maior acúmulo de cobre nas raízes de feijão, espinafre e alface a um pH de 4,0 do que a um pH de 6,0. Nota-se que no presente experimento o pH, no momento do transplântio das mudas de pimentão, se encontrava a 6,0 (em CaCl_2). Segundo Abreu et al. (2001), a deficiência de cobre é freqüente em plantas crescendo em solos com baixo teor em cobre total ou em solos com altos teores de matéria orgânica, nos quais esse elemento é complexado em formas orgânicas insolúveis, não disponíveis para as plantas. Nos resultados obtidos, durante todo o ciclo de coleta de plantas (140 dias), os

micronutrientes, em média, na raiz impetraram a seguinte ordem decrescente de concentração: ferro (1797 mg kg^{-1}), zinco (73 mg kg^{-1}), manganês (69 mg kg^{-1}), boro (30 mg kg^{-1}) e o cobre (19 mg kg^{-1}).

A Figura 6 mostra o comportamento médio do manganês, zinco, boro e cobre, na planta de pimentão. Observa-se que o zinco foi o nutriente que manteve a maior concentração até os 60 dat, seguido de perto pelo manganês quando o mesmo passa a ter maior concentração a partir dos 80, voltando o zinco a ser o micronutriente com maior concentração na planta aos 140 dat. Segundo Borket et al. (2001), o aumento do pH pela calagem diminui progressivamente a concentração de manganês nas folhas das plantas. Em média, durante todo o ciclo analisado da planta de pimentão (140 dias), o ferro (560 mg kg^{-1}) manteve a maior concentração na planta como um todo, em seguida o zinco (61 mg kg^{-1}), o manganês (57 mg kg^{-1}), o boro (33 mg kg^{-1}) e por último o cobre (10 mg kg^{-1}).

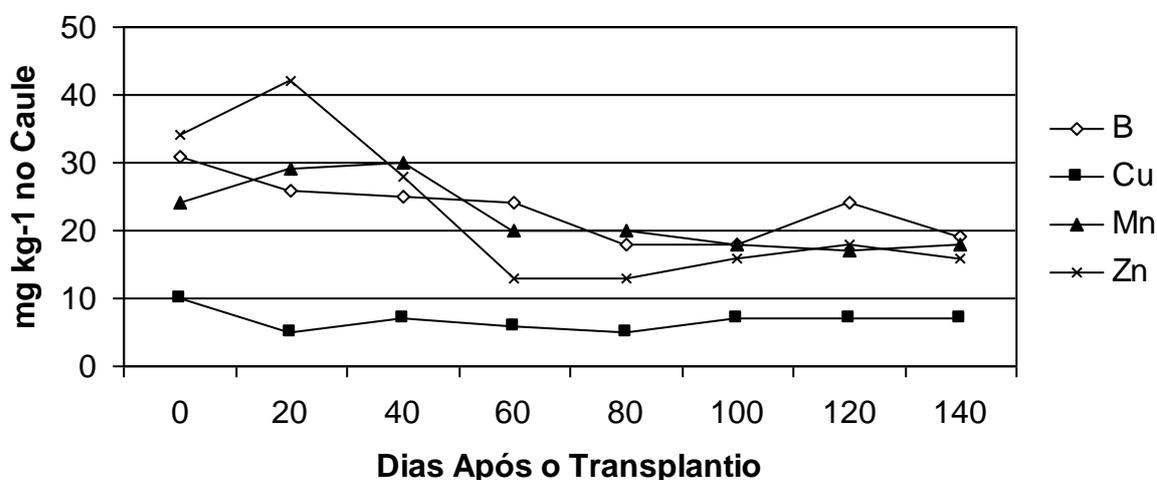


Figura 4. Concentração de boro, cobre, manganês e zinco no caule da planta de pimentão, nos diferentes períodos de coleta.

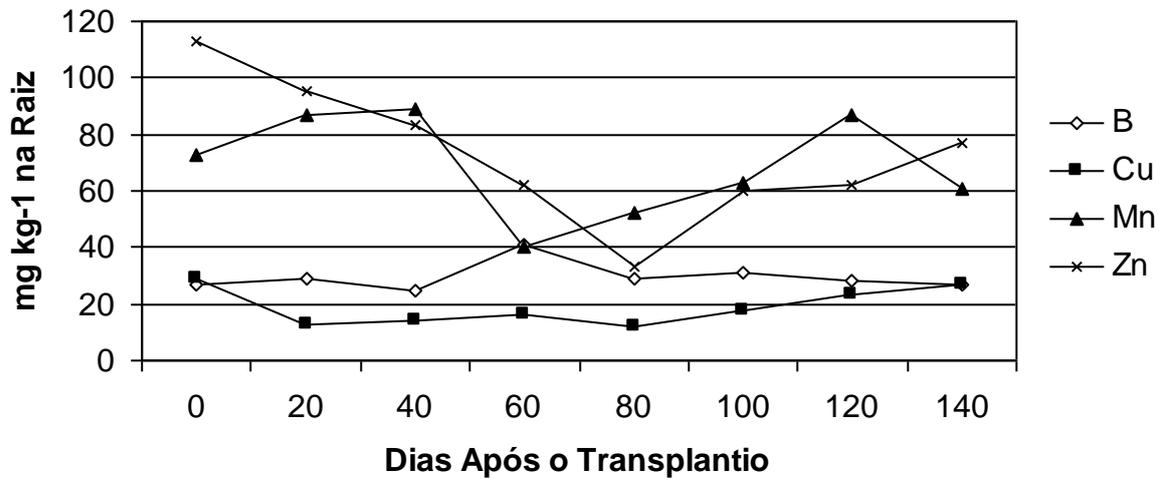


Figura 5. Concentração de boro, cobre, manganês e zinco na raiz da planta de pimentão, nos diferentes períodos de coleta.

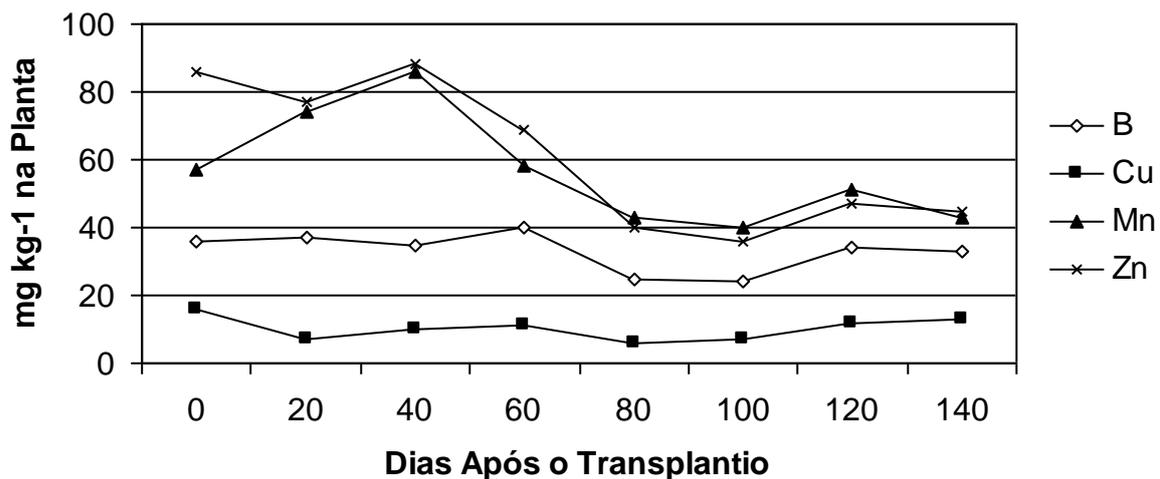


Figura 6. Concentração de boro, cobre, manganês e zinco na planta de pimentão, nos diferentes intervalos de coleta.

6 CONCLUSÕES

Concluiu-se que a concentração de micronutrientes total na planta de pimentão (híbrido Elisa), sob fertirrigação, segue a seguinte ordem: $Fe > Zn > Mn > B > Cu$; já para os outros órgãos da planta a concentração de micronutrientes seguiu a seguinte ordem: Fruto – $Fe > Zn > B > Mn > Cu$; Folha –

$Fe > B = Zn > Mn > Cu$; Caule – $Fe > B > Zn > Mn > Cu$; Raiz – $Fe > Zn > Mn > B > Cu$.

Exceto para o cobre, que apresentou maiores teores nas raízes, a folha demonstrou ser o órgão da planta de pimentão, que em média, possui a maior concentração de micronutrientes, sob fertirrigação, sendo este o órgão, portanto, recomendado para análise de teor de micronutrientes, tanto na investigação de deficiência ou de toxicidade.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro ao trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.A.; FERREIRA, M.E.; BORKET, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: POTAFOS/CNPq/FAPESP, 2001. p.125-150.
- BATAGLIA, O.C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P., (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.289-308.
- BATAGLIA, O.C. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201 p.
- BORKET, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E. et al. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: POTAFOS/CNPq/FAPESP, 2001. p.151-186.
- COELHO, A.M. Fertigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 201-228.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.
- FERNANDES, P.D.; HAAG, H.G. Diferenças nutricionais entre variedades de pimentão (*Capsicum annuum* L.). In: NUTRIÇÃO MINERAL DE HORTALIÇAS XXII. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, n. 22, v.28, n.1, p.145-151, 1972.
- FONTES, P.C.R.; MONNERAT, P.H. Nutrição mineral e adubação das culturas de pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.113, p.25-31, 1984.
- FONTES, R.L.F.; ABREU, C.A.; ABREU, M.F. Disponibilidade e avaliação de elementos aniônicos. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, POTAFOS/CNPq/FAPESP, 2001. p.187-212.
- GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, POTAFOS/CNPq/FAPESP, 2001. p.13-41.
- GUPTA, U.C.; MUNRO, D.C. The boron content of tissues and roots of rutabagas and of soil as associated with brown-herat condition. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, Am. Proc., v.33, n.2, p. 424-426, 1969.
- HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças: V-Absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. **O Solo**, Piracicaba, v.62, n.2, p.7-11, 1970.
- MAGALHÃES, J.R. Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1988. 64 p. (Documentos, 1).
- MAGALHÃES, J.R.; MONNERAT, P.H. Aplicação foliar de boro na prevenção de deficiência e na composição mineral do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.13, n.4, p.81-89, 1978.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995, 889 p.
- MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; FURLANI, R. Hortaliças de bulbo, tubérculo, raiz e fruto. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P., (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.511-532.
- OSAWA, T.; TAZUKE, A. The effect of form of nitrogen supplied and pH level the nutrient solution on copper toxicities in vegetable crops. **Journal Japan Society Horticulture Science**. v.59, n.3, p.519-525, 1990.

RAIJ, B.V. Princípios de correção e de adubação para mudas e para produção comercial. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...**, Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 75-84.

SILVA, M.A.G. **Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido.** 86 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.