

## MARCA DE ABSORÇÃO DE MICRONUTRIENTES EM PLANTAS DE PIMENTÃO SOB FERTIRRIGAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO

**Francisco Fernando Noronha Marcussi**

*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. CP 237, CEP 18603-970. E-mail: fmarcussi@hotmail.com*

**Roberto Lyra Villas Bôas**

*Departamento de Recursos Naturais e Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP CP 237, CEP 18603-970. E-mail: rlvboas@fca.unesp.br*

### 1 RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo determinar a marcha de absorção de micronutrientes da planta de pimentão (híbrido Elisa), sob fertirrigação, através de oito épocas de coleta de planta. Ao final do experimento foi determinada a quantidade de micronutrientes absorvida pela planta, bem como a necessidade micro nutricional da planta em cada etapa de crescimento. O experimento foi desenvolvido em área do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, campus de Botucatu. Os tratamentos constaram de oito épocas de coleta de planta (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, e 140 dias após o transplante das mudas) e quatro repetições, sendo cada repetição formada por quatro plantas. A fertirrigação foi via gotejamento. Os resultados de extração de micronutrientes demonstraram que o maior desenvolvimento da planta, conseqüentemente, sua maior necessidade nutricional de B, Cu, Fe, Mn e Zn, se concentra no período entre 120 e 140 dias após o transplante de mudas, onde verificou-se que a planta dobrou a extração total dos micronutrientes analisados em comparação ao período anterior.

**UNITERMOS:** fertirrigação, pimentão, *Capsicum annuum* L., irrigação por gotejamento e acúmulo de micronutrientes

**MARCUSSI, F.F.N.; VILLAS BÔAS, R.L. ABSORPTION COURSE OF MICRONUTRIENTS IN BELL PEPPER PLANT UNDER FERTIGATION IN PROTECTED ENVIRONMENT**

### 2 ABSTRACT

This research aimed to determine the absorption course of micronutrients in bell pepper plants (Elisa hybrid) under fertigation using eight time periods of plant collection. At the end of the experiment the amount of absorbed and accumulated micronutrients by plants has been determined as well as the plant nutritional needs in each growth stage. The experiment was carried out at the Natural Resource Department – Soil Science at the Agricultural Science College, Botucatu campus, São Paulo state, Brazil. The treatments were eight time periods of plant collection (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, and 140 days after seedling transplant) and four repetitions, each one comprising four plants. The

fertigation was performed through drip irrigation. The largest plant development and consequently the highest B, Cu, Fe, Mn and Zn nutritional needs occurred from 120 to 140 days after seedling transplant where the plant doubled the whole analyzed micronutrient extraction compared to the earlier period.

**KEYWORDS:** fertigation, bell pepper, *Capsicum annuum* L., drip irrigation and micronutrient absorption.

### 3 INTRODUÇÃO

Com o advento de sistemas de injeção de fertilizantes na água de irrigação, que maximizam o uso do sistema de através da fertirrigação, faz-se necessário uma melhor compreensão da nutrição da planta, já que a fertirrigação disponibiliza o nutriente imediatamente na solução de solo para absorção. Em alguns países, como os Estados Unidos, Israel e Itália, a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e pela qualidade dos fertilizantes líquidos. No Brasil, é muito baixo o número de artigos publicados envolvendo a aplicação de micronutrientes em hortaliças de raízes, de tubérculos, de bulbos e de frutos (MESQUITA FILHO et al., 1991).

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. Segundo Gupta (2001) as funções principais dos micronutrientes, exceto o boro e o cloro, são as de constituir grupos protéicos de 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. Malavolta et al. (1997) cita que o interesse de se conhecer a marcha de absorção de nutrientes se prende aos seguintes fatos: determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos e em que, portanto, a adubação deve fornecê-los;

possibilidade de se corrigir deficiências eventuais; avaliação do estado nutricional por meio da variação na composição de órgãos representativos. O conhecimento da exigência nutricional das plantas é importante para se estabelecer às quantidades de nutrientes a serem aplicadas através dos fertilizantes, obtendo assim os melhores rendimentos. A absorção de nutrientes é diferente de acordo com o desenvolvimento da planta, intensificando-se com a floração, formação e crescimento dos frutos (SILVA, 1998).

Raij (1993) cita que 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 quanto de micronutrientes a planta necessitará para completar seu ciclo produtivo e, o momento certo de se aplicar esses nutrientes. O conhecimento da exigência nutricional e da marcha de absorção 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. 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 (GUPTA, 2001).

O acúmulo 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. Coelho (1994) cita que o conhecimento da absorção e acumulação de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, identificando as épocas em que os elementos são exigidos em maiores quantidades é muito importante. Embora a marcha de absorção de nutrientes seja afetada pelo clima, cultivares e sistemas de cultivos, de modo geral, pode-se dizer que os nutrientes são absorvidos durante todo o ciclo, sendo as diferenças observadas nas velocidades de absorção em função do ciclo e na translocação das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos (COELHO, 1994).

As curvas de resposta das culturas podem ser diferentes não só entre órgãos vegetativos e reprodutivos, mas também entre os componentes da produção (MARSCHNER, 1995). A importância da amostragem da parte apropriada da planta e o estágio de crescimento para a avaliação do estado nutricional são muito importantes (GUPTA, 2001). Segundo Gupta (2001) 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. 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 (COELHO, 1994).

Ressalta-se que para muitos agricultores a facilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação é que tem direcionado o parcelamento, às vezes em número excessivo, sem levar em consideração as exigências das culturas em relação à curva de absorção e o potencial de perdas dos nutrientes em função de sua mobilidade no solo (COELHO, 1994). Pesquisas com curvas de resposta deverão ser conduzidas para estabelecer teores críticos no solo para os grupos de hortaliças, de frutos, de bulbos, de raízes e de tubérculos (COELHO, 1994).

Portanto, esta pesquisa teve por objetivo gerar uma marcha de absorção de micronutrientes da planta de pimentão (híbrido Elisa), sob fertirrigação, através de oito épocas de coleta de planta.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de cultivo protegido, no Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP. Os vasos foram preenchidos com 29 litros de um Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999). A Tabela 1 mostra as características químicas do solo no antecedente ao transplante das mudas.

**Tabela 1.** Teores de macro e micronutrientes, no solo, antes do transplante das mudas de pimentão.

| pH                | M.O.               | P                   | H + Al  | K <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | SB | CTC   | V   |
|-------------------|--------------------|---------------------|---|----------------|------------------|------------------|----|-------|-----|
| CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | ----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> de terra ----- |                |                  | -----            |    |       | (%) |
| 6,0               | 20                 | 71                  | 21  | 3,7            | 59               | 27               | 90 | 112   | 81  |
| BORO              |                    | COBRE               |   | FERRO          |                  | MANGANÊS         |    | ZINCO |     |
| -----             |                    | -----               |   | -----          |                  | -----            |    | ----- |     |
| 0,25              |                    | 1,0                 |   | 47             |                  | 2,0              |    | 7,5   |     |

A irrigação foi adaptada através de um sistema de gotejamento alternativo, onde para cada vaso instalou-se uma garrafa tipo pete de 2 litros, a qual foi pendurada com o bico virado para baixo, sendo que o fundo da garrafa foi cortado para permitir colocar água e também a solução contendo os fertilizantes. A extremidade inferior (tampa) foi perfurada, sendo acoplada uma mangueira com a função de permitir o controle da vazão do sistema através de um gotejador instalado em sua extremidade livre (Figura 1). O delineamento experimental foi em blocos casualizado composto de oito épocas de amostragem e análise de plantas, ou seja, estágio de muda (tempo 0), 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após o transplante da muda e quatro repetições. O material vegetal coletado foi seco em estufa (65 °C), verificado o peso seco, moído e analisado quimicamente (BATAGLIA, 1991).



**Figura 1.** Detalhe do sistema utilizado para irrigação por gotejamento.

Após análise química, foi calculada a quantidade de micronutrientes acumulados nos diferentes órgãos da planta, avaliando-se a massa de matéria seca individual dos órgãos, e da planta como um todo. Os resultados de quantidade de nutrientes e massa de matéria seca foram submetidos à análise de regressão. Para diminuir problemas de variação genética do material estudado, cada vaso continha duas plantas sendo que cada unidade experimental foi composta por dois vasos. A aplicação inicial da fertirrigação foi feita aos 54 DAT, uma vez que, por meio de diagnose visual, não foram identificados sintomas de deficiência nutricional na fase inicial do

desenvolvimento das 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 iniciou-se o fornecimento de 0,295 g de potássio por planta. Na 10ª e 14ª aplicação foram fornecidos boro e manganês, usando-se bórax e sulfato de manganês respectivamente, sendo que na 10ª aplicação não foram fornecidos nitrogênio, potássio e cálcio (Tabela 2). A fertilização neste experimento foi feita segundo resultados obtidos em um experimento anterior.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

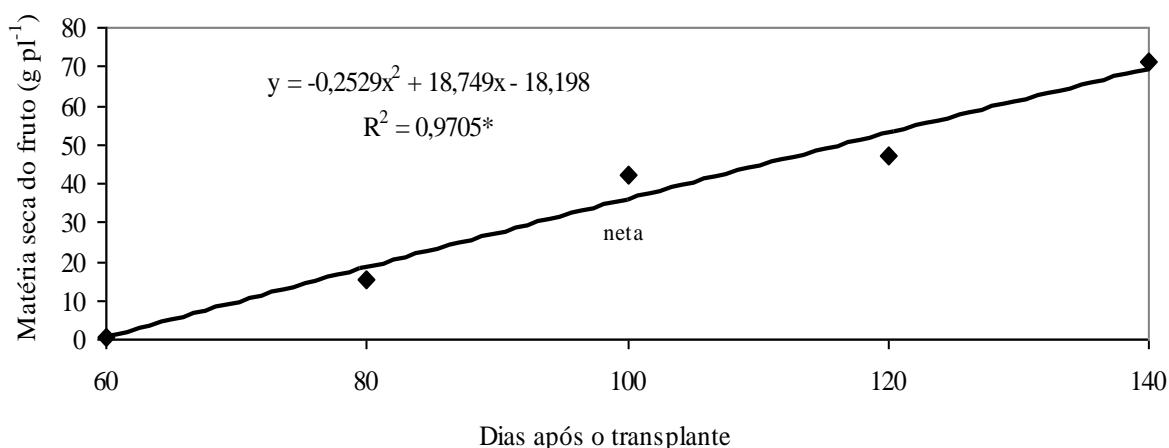
As Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram, respectivamente, a análise de regressão do acúmulo de matéria seca nos frutos, folhas, caule e raiz. Aos 100 DAT verificou-se que a maior quantidade de matéria seca da planta de pimentão estava contida nos frutos (54 %), seguidos pelas folhas (20 %), caule (17 %) e raiz (9 %). Nota-se que a planta de pimentão, como um todo, acumulou aos 60 DAT apenas 7 % do total de matéria seca acumulada (Figuras 2, 3, 4 e 5) até aos 140 DAT, no final do ciclo. Também se observou que aos 120 DAT, a planta de pimentão tinha acumulado apenas 47 % de sua matéria seca, em relação aos 140 DAT. O acúmulo de matéria seca foi gradual do transplante até os 120 DAT, quando se obteve uma taxa de incremento de matéria seca de 0,93 g dia<sup>-1</sup>. A partir dos 120 DAT houve um aumento de 53% de massa de matéria seca da planta como um todo. Outros autores observaram crescimento lento até os 75 DAT, no entanto, os genótipos utilizados eram variedades e não híbridos (HAAG et al., 1970, FONTES et al., 2001). Esse aumento de matéria seca no período de 120 a 140 DAT possivelmente se deve ao fato de uma grande colheita de frutos ter sido realizada aos 110 DAT o que possibilitou a planta direcionar uma grande quantidade de energia, que antes era gasta na manutenção dos frutos, para desenvolvimento de caule e folha.

**Tabela 2.** Quantidade total de N, K, Ca, B e Mn aplicado por planta via fertirrigação.

| Aplicações | TEMPO    | N           | K     | Ca    | B            | Mn     |
|------------|----------|-------------|-------|-------|--------------|--------|
|            | D. A. T. | -----g----- |       |       | -----mg----- |        |
| 1          | 53       | 0,285       | -     | 0,361 | -            | -      |
| 2          | 57       | 0,285       | -     | 0,361 | -            | -      |
| 3          | 59       | 0,258       | -     | 0,361 | -            | -      |
| 4          | 66       | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 5          | 73       | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 6          | 79       | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 7          | 87       | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 8          | 94       | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 9          | 101      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 10         | 102      | -           | -     | -     | 0,1495       | 0,1320 |
| 11         | 106      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 12         | 108      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 13         | 115      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 14         | 122      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | 0,1495       | 0,1320 |
| 15         | 125      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 16         | 129      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| 17         | 133      | 0,392       | 0,295 | 0,361 | -            | -      |
| TOTAL      |          | 5,951       | 3,835 | 5,776 | 0,2990       | 0,2640 |

Os frutos da planta de pimentão (Figura 2), alcançaram 71 g ao final do ciclo (140 DAT). Entre 60 a 140 DAT, verificou-se uma taxa de acúmulo diária de matéria seca dos frutos de 0,89 g planta<sup>-1</sup>. Já as folhas da planta de pimentão (Figura 3), que aos 120 DAT alcançaram apenas 46 % de toda sua matéria seca acumulada, conseguiram um incremento diário de 0,38 g planta<sup>-1</sup> do transplante até aos

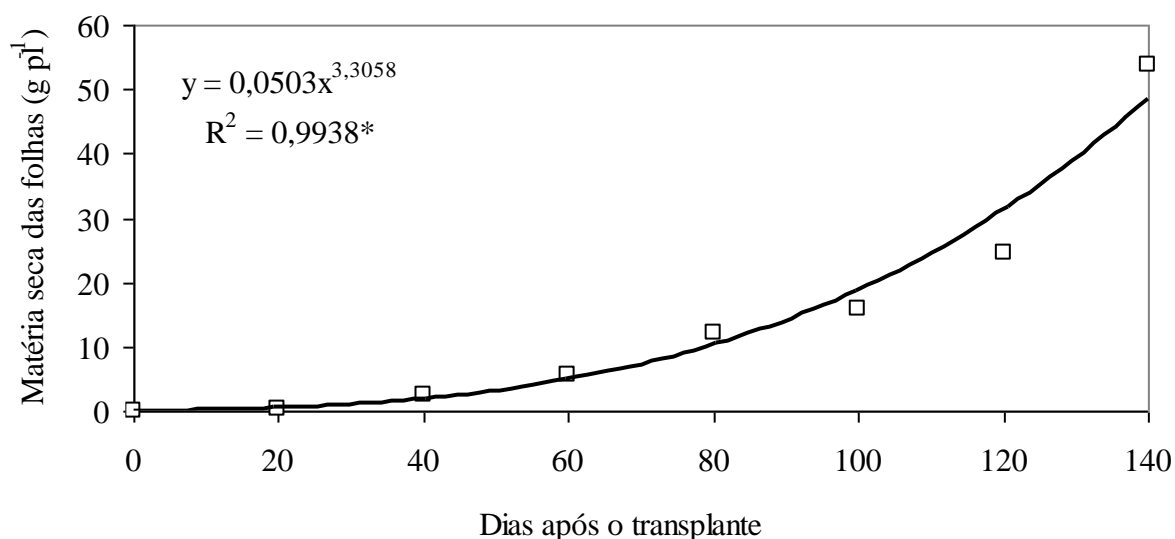
140 DAT. Contudo, considerando-se de 120 até 140 DAT as folhas impetraram um ganho de matéria seca diária de 1,46 g planta<sup>-1</sup>. O caule da planta de pimentão, apresentou até o final do ciclo uma taxa de acúmulo diária de matéria seca de 0,47 g planta<sup>-1</sup>, contudo até os 100 DAT tinha acumulado apenas 20 % deste valor (Figura 4).



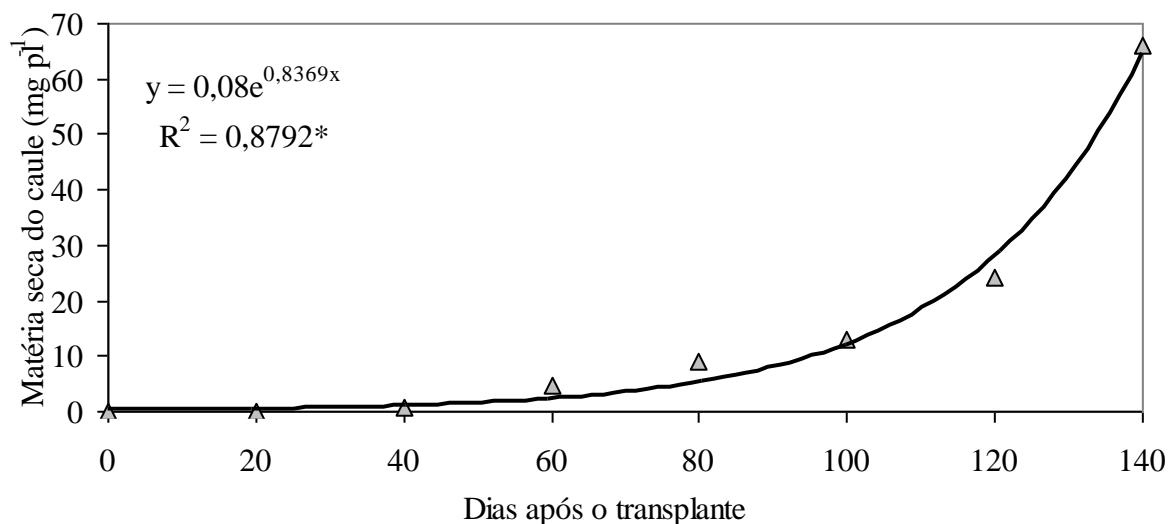
**Figura 2.** Análise de regressão para a matéria seca acumulada no fruto da planta de pimentão cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação em função dos dias após o transplante.

As raízes muitas vezes não são consideradas quando se trata 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 (Figura 5) não pode ser desprezível, por ter participado, neste experimento, da massa de matéria seca total da

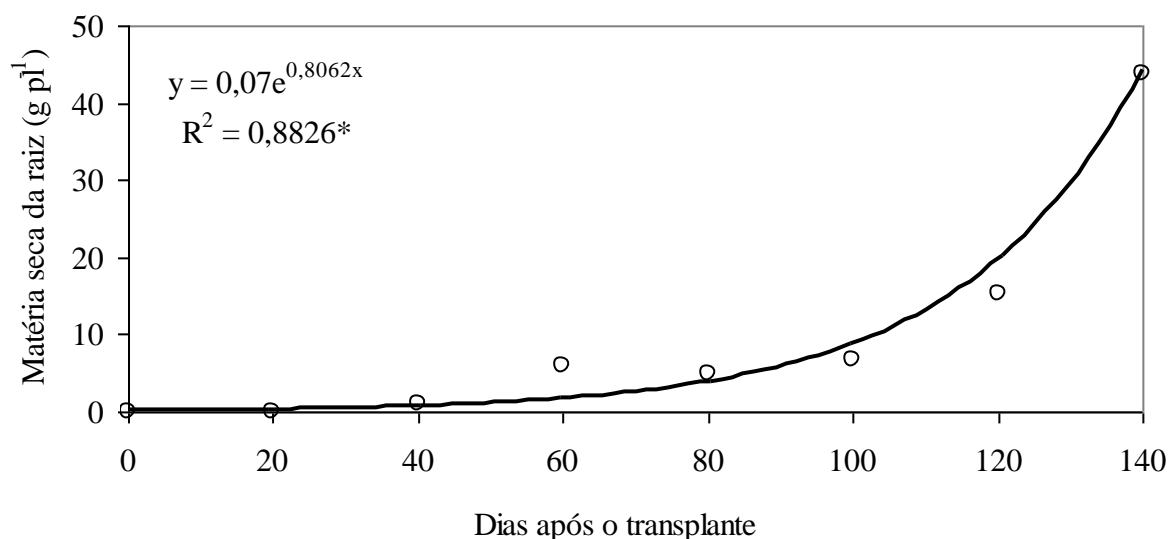
planta de pimentão em 19%. A taxa de acúmulo de matéria seca diária da raiz foi de 0,31 g planta<sup>-1</sup>, do transplante até 140 DAT. Contudo, considerando-se apenas o período de 120 a 140 DAT, a taxa de acúmulo de matéria seca da raiz foi para 1,42 g planta<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Análise de regressão para a matéria seca acumulada nas folhas da planta de pimentão cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação em função dos dias após o transplante.



**Figura 4.** Análise de regressão para a matéria seca acumulada no caule da planta de pimentão cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação em função dos dias após o transplante.



**Figura 5.** Análise de regressão para a matéria seca acumulada na raiz da planta de pimentão cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação em função dos dias após o transplante.

Dos micronutrientes absorvidos e acumulados nos frutos (Tabela 3), o Fe foi absorvido em maior quantidade (5466,81  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) ao final do ciclo, seguido do B (2041,18  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), Zn (1828,19  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), Mn (1810,44  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) e o Cu (816,47  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ). Tomando-se como base os 140 DAT, nota-se que aos 120 DAT os frutos já haviam absorvido em ordem: 69 % do Fe, 67 % do Zn, 66 % do B, e 63 % do Cu e 52 % do Mn. Obteve-se também aos 140 DAT, a seguinte composição de micronutrientes nos frutos, em ordem decrescente: 46 % de Fe, 17 % de B, 15 % de Zn e Mn, e 7 % de Cu. Deve-se ressaltar que por se tratar de frutos,

esses micronutrientes serão exportados e não poderão ser reaproveitados numa possível incorporação dos restos culturais ao solo. A transição de metais (manganês, ferro, cobre, zinco e molibdênio) tem a menor constância de estabilidade no complexo do solo e, suas formas, os mais fracos vínculos (CLAKSON & HANSON, 1980).

Os micronutrientes absorvidos e acumulados na folha até aos 140 DAT (Tabela 5), tiveram a seguinte ordem decrescente: Fe (7339,64  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), Mn (3849,54  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), Zn (3675,62  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), B (2852,37  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) e o Cu (533,37  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ).

**Tabela 3.** Quantidade acumulada de micronutrientes no fruto da planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

| Nutriente | Período de Coleta (DAT)   |        |         |         |         |
|-----------|---------------------------|--------|---------|---------|---------|
|           | 60                        | 80     | 100     | 120     | 140     |
|           | $\mu\text{g planta}^{-1}$ |        |         |         |         |
| B         | 31,64                     | 307,60 | 763,56  | 1339,22 | 2041,18 |
| Cu        | 15,54                     | 79,75  | 254,52  | 516,89  | 816,47  |
| Fe        | 118,77                    | 865,83 | 2322,50 | 4334,83 | 5466,81 |
| Mn        | 36,63                     | 277,22 | 668,12  | 939,80  | 1810,44 |
| Zn        | 44,40                     | 345,57 | 901,43  | 1233,49 | 1828,19 |

Em relação aos 140 DAT, nota-se que aos 120 DAT as folhas já haviam absorvido em ordem decrescente: 78 % do Mn, 70 % do Zn, 59 % do Fe, 49 % do B e 48 % do Cu. Observa-se que o manganês já havia alcançado 48 % de toda sua absorção aos 100 DAT, sendo no entanto mais requerido para as folhas dos 100 aos 120 DAT, quando estas acumularam 30 % de todo o manganês absorvido. Em condições de campo a deficiência de manganês é restrita para plantas crescendo em solos tropicais lixiviados ou com pH elevado e com alto índice de matéria orgânica (FARLEY & DRAYCOTT, 1973). Obteve-se também aos 140 DAT, a seguinte composição de micronutrientes nas folhas da planta de pimentão, em ordem decrescente: 40 % de Fe, 21 % de Mn, 20 % de Zn, 16 % de B, e 3 % de Cu.

No caule, os micronutrientes absorvidos e acumulados até aos 140 DAT (Tabela 5), tiveram a seguinte ordem decrescente: Fe (6836,18 µg planta<sup>-1</sup>), B (1271,46 µg planta<sup>-1</sup>), Mn (1205,41 µg planta<sup>-1</sup>), Zn (1073,31 µg planta<sup>-1</sup>), e o Cu (462,35 µg planta<sup>-1</sup>). Tomando-se como base os 140 DAT, observou-se que aos 100 DAT o caule acumulou uma quantidade pequena de micronutriente, conforme a seguinte ordem decrescente: 20 % do Mn, 19 do Zn e do B, 18 % do Cu e 10 % do Fe. Nota-se que o ferro alcançou apenas 24 % do seu total acumulado no caule, aos 100 DAT. Verificou-se também que o boro foi mais absorvido e acumulado no caule dos 121 aos 140 DAT, quando o caule acumulou 55 % do total absorvido deste nutriente. A longa distância percorrida pelo boro, da raiz até a parte aérea é confinada no xilema, e tanto a absorção quanto a translocação são próximas não só na massa d'água fluida da raiz superficial, mas também da água fluida do xilema (MARSCHNER, 1995). Aos 140 DAT, a composição de micronutrientes no caule da planta de pimentão, foi a seguinte: 63 % de Fe, 12 % de B, 11 % de Mn, 10 % de Zn, e 4 % de Cu.

Na raiz os micronutrientes absorvidos e acumulados até aos 140 DAT (Tabela 6), tiveram a seguinte ordem decrescente: Fe (122418,60 µg planta<sup>-1</sup>), Zn (3358,58 µg planta<sup>-1</sup>), Mn (2680,30 µg planta<sup>-1</sup>), e o B (1181,52 µg planta<sup>-1</sup>) e o Cu (1181,52 µg planta<sup>-1</sup>). Em relação aos 140 DAT, observou-se que aos 120 DAT a raiz acumulou pouco micronutrientes, obedecendo a seguinte ordem decrescente: 56 % do Fe, 50 % do Mn, 36

% do B, 30 % do Cu e 28 % do Zn. Nota-se que na raiz houve uma variação expressiva, na quantidade acumulada de micronutrientes, antes do 120 DAT; variação essa causada, provavelmente por problemas na coleta e lavagem das raízes. O suprimento de Fe às plantas depende muito mais das condições de pH e de aeração do que propriamente da quantidade presente nos solos, normalmente abundante. O manganês é absorvido principalmente como Mn<sup>2+</sup> e é translocado predominantemente como um cátion divalente livre pelo xilema desde as raízes até a parte aérea (GRAHAM, 1979). Verificou-se também que o manganês alcançou 50 % de seu acúmulo total na raiz aos 120 DAT. Obteve-se também aos 140 DAT, a seguinte composição de micronutrientes na raiz da planta de pimentão, em ordem decrescente: 94 % de Fe, 3 % de Zn, 2 % de Mn, e 1 % de Cu e B.

Através da Tabela 7 observa-se que a planta de pimentão, como um todo, absorveu e acumulou até ao final do ciclo estudado, 140 DAT, a seguinte ordem decrescente de micronutrientes: Fe (142061,22 µg planta<sup>-1</sup>), Zn (9935,69 µg planta<sup>-1</sup>), Mn (9545,69 µg planta<sup>-1</sup>), B (7346,53 µg planta<sup>-1</sup>) e o Cu (2993,71 µg planta<sup>-1</sup>). Comparando-se aos 140 DAT, observou-se que aos 120 DAT a planta de pimentão, como um todo, absorveu e acumulou em média 52 % dos micronutrientes estudados (Tabela 8), obedecendo a seguinte ordem decrescente: 60% do Mn, 56 % do Fe, 52 % do Zn, 51 % do B e 43 % do Cu. Nota-se que até aos 20 DAT, cada micronutriente absorvido e acumulado não chegou a representar 1 % do seu total final na planta. Verificou-se também que o cobre alcançou 18 % de seu acúmulo total na planta aos 120 DAT. Segundo Marschner (1995), a importância em se monitorar a deficiência de cobre esta no fato que este micronutriente afeta a formação da semente e do fruto muito mais do que o crescimento vegetativo (MARSCHNER, 1995). Obteve-se também aos 140 DAT, a seguinte composição de micronutrientes na planta: 83 % de Fe, 6 % de Zn e Mn, 4% de B, e 2 % de Cu. Quando não se contabiliza o Fe no arranjo de micronutrientes da planta, a composição fica a seguinte: 33 % de Zn, 32 % de Mn, 25 % de B e 10 % de Cu. Tomando-se o zinco como índice 1, pode-se inferir que a relação final de Zn, Mn e B na planta foi de : 1:0,96:0,74.



**Tabela 4.** Quantidade acumulada de micronutrientes nas folhas da planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

| Nutriente | Período de Coleta (DAT)   |       |        |         |         |         |         |         |
|-----------|---------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           | 0                         | 20    | 40     | 60      | 80      | 100     | 120     | 140     |
|           | $\mu\text{g planta}^{-1}$ |       |        |         |         |         |         |         |
| B         | 2,30                      | 17,20 | 102,34 | 279,50  | 416,82  | 686,71  | 1402,20 | 2852,37 |
| Cu        | 0,50                      | 2,40  | 23,80  | 44,72   | 54,77   | 87,84   | 258,30  | 533,37  |
| Fe        | 8,50                      | 74,80 | 426,02 | 1207,44 | 1667,29 | 3325,75 | 4360,35 | 7339,64 |
| Mn        | 3,20                      | 32,80 | 249,90 | 609,31  | 1070,96 | 1836,55 | 3007,35 | 3849,54 |
| Zn        | 4,75                      | 32,00 | 268,94 | 693,16  | 1037,49 | 1333,50 | 2570,70 | 3675,62 |

Através das Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 é possível determinar a quantidade extraída de qualquer micronutriente estudado neste experimento (B, Cu, Fe, Mn e Zn), do transplante de mudas aos 140 DAT.

Para o ciclo total da planta no experimento, o acúmulo do B na planta de pimentão (Figura 6) ocorreu a uma taxa diária de  $52,48 \mu\text{g planta}^{-1}$ . Já o acúmulo de Cu na planta de pimentão (Figura 7), que apresentou o menor índice, do plantio até o 140 DAT, se deu

a uma taxa diária de  $21,38 \mu\text{g planta}^{-1}$ . O acúmulo de Fe (Figura 8), que obteve o maior índice do plantio até o 140 DAT, ocorreu a uma taxa diária de  $1014,72 \mu\text{g planta}^{-1}$ . O acúmulo do Mn na planta de pimentão (Figura 9), do plantio até o 140 DAT, se deu a uma taxa de  $68,18 \mu\text{g planta}^{-1}$ . Obteve-se um acúmulo de Zn (Figura 10), do plantio até o 140 DAT, em taxa diária de  $70,97 \mu\text{g planta}^{-1}$ .

**Tabela 5.** Quantidade acumulada de micronutrientes no caule da planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

| Nutriente | Período de Coleta (DAT)   |       |       |        |        |        |         |         |
|-----------|---------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
|           | 0                         | 20    | 40    | 60     | 80     | 100    | 120     | 140     |
|           | $\mu\text{g planta}^{-1}$ |       |       |        |        |        |         |         |
| B         | 0,94                      | 2,57  | 21,37 | 110,16 | 162,36 | 235,80 | 577,92  | 1271,46 |
| Cu        | 0,30                      | 0,50  | 6,09  | 28,69  | 40,59  | 85,15  | 162,54  | 462,35  |
| Fe        | 3,36                      | 11,50 | 90,77 | 341,96 | 464,53 | 677,93 | 1619,38 | 6836,18 |
| Mn        | 0,72                      | 2,90  | 26,39 | 92,95  | 175,89 | 235,80 | 397,32  | 1205,41 |
| Zn        | 1,02                      | 4,20  | 24,65 | 60,82  | 119,52 | 203,05 | 427,42  | 1073,31 |

**Tabela 6.** Quantidade acumulada de micronutrientes nas raízes da planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

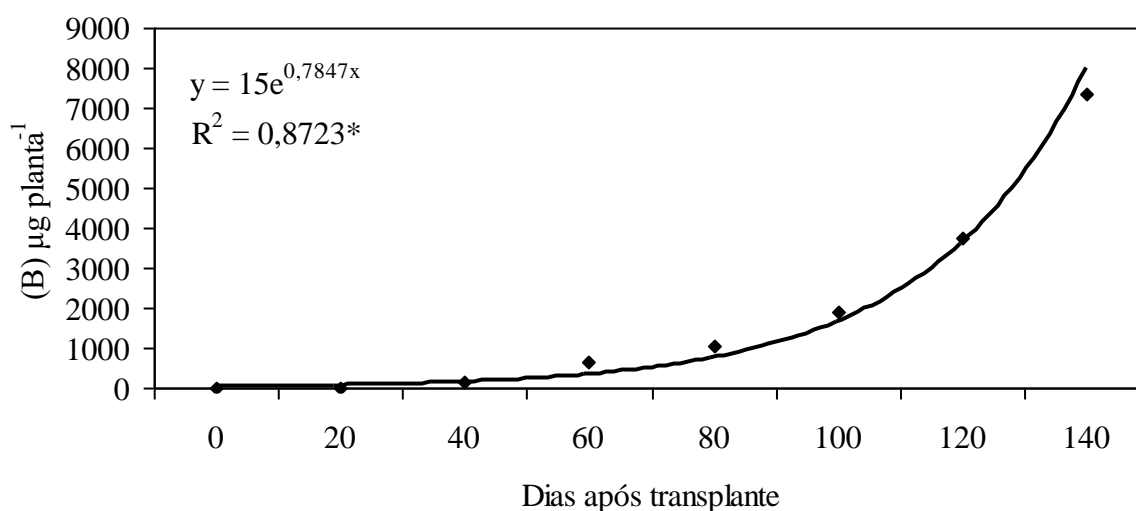
| Nutriente | Período de Coleta (DAT)   |       |         |          |         |         |          |           |
|-----------|---------------------------|-------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------|
|           | 0                         | 20    | 40      | 60       | 80      | 100     | 120      | 140       |
|           | $\mu\text{g planta}^{-1}$ |       |         |          |         |         |          |           |
| B         | 1,07                      | 3,45  | 27,77   | 240,49   | 144,42  | 210,31  | 423,23   | 1181,52   |
| Cu        | 1,16                      | 1,56  | 15,54   | 91,82    | 61,01   | 122,82  | 353,97   | 1181,52   |
| Fe        | 29,60                     | 86,52 | 1121,93 | 14461,32 | 6675,69 | 5335,21 | 69101,10 | 122418,60 |
| Mn        | 2,92                      | 10,44 | 98,79   | 230,29   | 257,72  | 420,63  | 1342,78  | 2680,30   |
| Zn        | 4,52                      | 11,40 | 91,58   | 360,00   | 165,59  | 402,12  | 946,49   | 3358,58   |

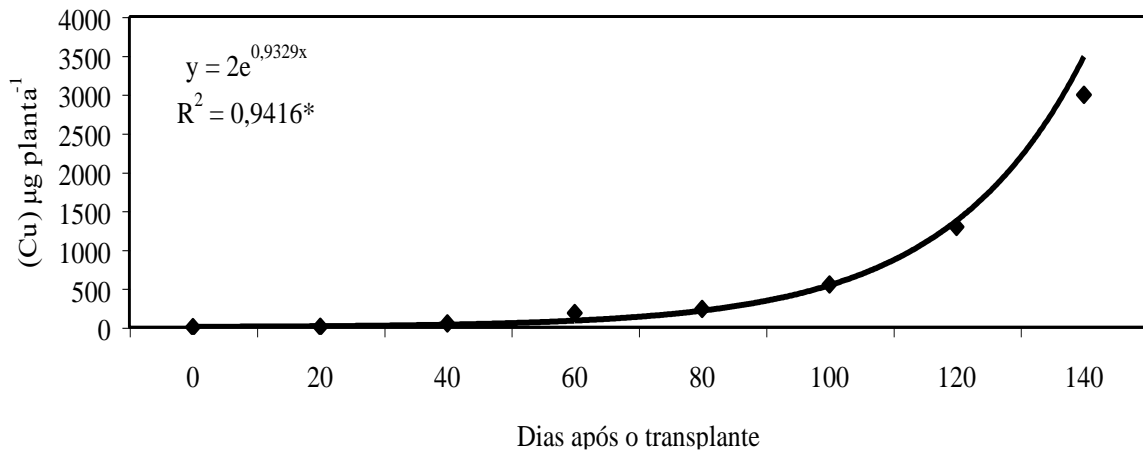
**Tabela 7.** Quantidade acumulada de micronutrientes total na da planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

| Nutriente | Período de Coleta (DAT)   |        |         |          |         |          |          |           |
|-----------|---------------------------|--------|---------|----------|---------|----------|----------|-----------|
|           | 0                         | 20     | 40      | 60       | 80      | 100      | 120      | 140       |
|           | $\mu\text{g planta}^{-1}$ |        |         |          |         |          |          |           |
| B         | 4,31                      | 23,22  | 151,48  | 661,78   | 1031,20 | 1896,38  | 3742,56  | 7346,53   |
| Cu        | 1,96                      | 4,46   | 45,43   | 180,77   | 236,11  | 550,33   | 1291,70  | 2993,71   |
| Fe        | 41,46                     | 672,82 | 1638,72 | 16129,48 | 9673,34 | 11661,38 | 79415,66 | 142061,22 |
| Mn        | 6,84                      | 46,14  | 375,08  | 969,17   | 1781,78 | 3161,09  | 5687,25  | 9545,69   |
| Zn        | 10,29                     | 47,60  | 385,16  | 1158,38  | 1668,17 | 2840,09  | 5178,09  | 9935,69   |

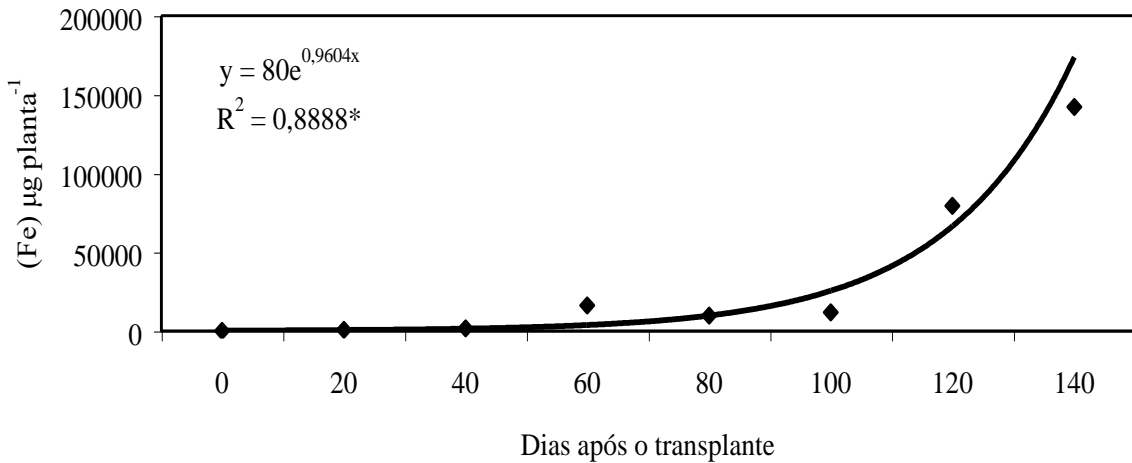
**Tabela 8.** Distribuição porcentual acumulada de micronutrientes total na planta de pimentão em função das diferentes épocas de amostragem.

| Nutriente | Período de Coleta (DAT) |      |      |       |       |       |       |        |
|-----------|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 0                       | 20   | 40   | 60    | 80    | 100   | 120   | 140    |
|           | %                       |      |      |       |       |       |       |        |
| B         | 0,06                    | 0,32 | 2,06 | 9,01  | 14,04 | 25,81 | 50,94 | 100,00 |
| Cu        | 0,07                    | 0,15 | 1,52 | 6,04  | 7,89  | 18,38 | 43,15 | 100,00 |
| Fe        | 0,03                    | 0,47 | 1,15 | 11,35 | 6,81  | 8,21  | 55,90 | 100,00 |
| Mn        | 0,07                    | 0,48 | 3,93 | 10,15 | 18,67 | 33,12 | 59,58 | 100,00 |
| Zn        | 0,10                    | 0,48 | 3,88 | 11,66 | 16,79 | 28,58 | 52,12 | 100,00 |

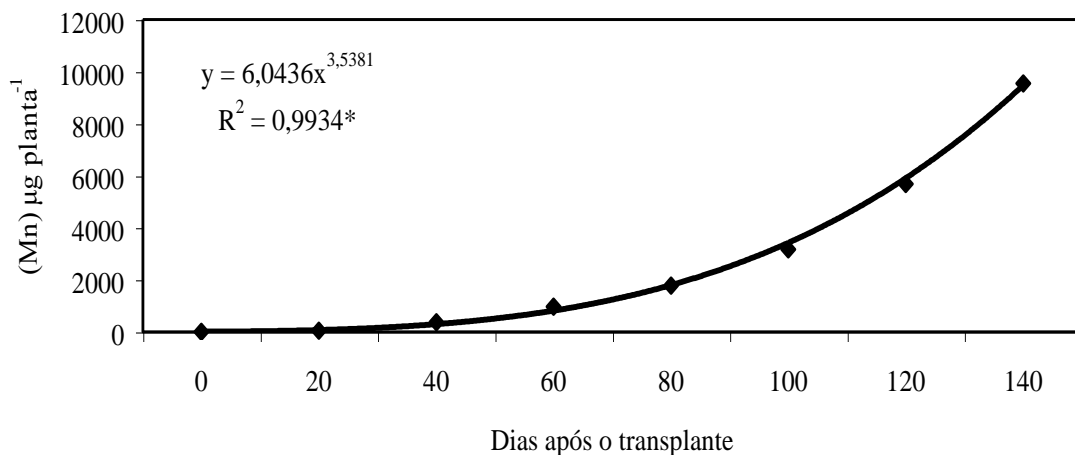
**Figura 6.** Análise de regressão para o boro acumulado na planta de pimentão, cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação, em função dos dias após o transplante.



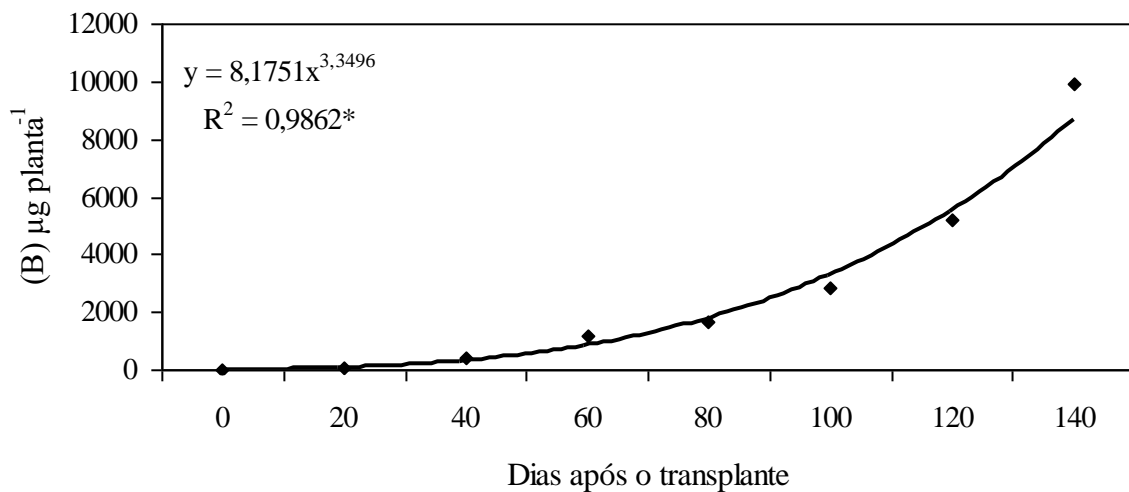
**Figura 7.** Análise de regressão para o cobre acumulado na planta de pimentão, cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação, em função dos dias após o transplante.



**Figura 8.** Análise de regressão para o ferro acumulado na planta de pimentão, cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação, em função dos dias após o transplante.



**Figura 9.** Análise de regressão para o manganês acumulado na planta de pimentão, cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação, em função dos dias após o transplante.



**Figura 10.** Análise de regressão para o zinco acumulado na planta de pimentão, cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação, em função dos dias após o transplante.

Os micronutrientes mais exportados, com a colheita dos frutos, em quantidade (Tabela 10) foram, em ordem decrescente: Fe (5466,81 µg planta<sup>-1</sup>), B (2041,18 µg planta<sup>-1</sup>), Zn (1828,19 µg planta<sup>-1</sup>), Mn (1810,44 µg planta<sup>-1</sup>) e o Cu (816,47 µg planta<sup>-1</sup>). Contudo, nota-se que os micronutrientes mais exportados, tomando-se como base o seu total acumulado pela planta de pimentão (Tabela 7) foram: B com 28 %, Cu com 27 %, Mn com 19 %, Zn com 18 % e por último o Fe, com apenas 4 % exportado do seu total acumulado. Esta bem estabelecido que, para a maioria das espécies, o boro é imóvel, independente do estágio de crescimento ou ambiente onde a planta cresce (BORKET et al., 2001).

Na Tabela 9 observa-se que a maior parte do Fe acumulado na planta de pimentão ficou na raiz, chegando a representar 86 %. Mais uma vez, ressaltam-se possíveis problemas advindos da retirada do solo da raiz e lavagem da mesma; processo esse que pode ter comprometido apenas o teor de Fe no sistema radicular, já que o solo usado no experimento possuía um teor alto de Fe (47 mg. dm<sup>-3</sup> de terra). Observou-se também que os micronutrientes que mais foram acumulados na parte aérea foram, em ordem decrescente: o Fe com 19642,62 µg planta<sup>-1</sup>, o Mn com 6865,39 µg planta<sup>-1</sup>, o Zn com 6577,11 µg planta<sup>-1</sup>, o B

com 6165,01 µg planta<sup>-1</sup> e o Cu com 1812,19 µg planta<sup>-1</sup>. O boro foi o micronutriente que mais foi acumulado na parte aérea, com 84 % do seu total acumulado na planta de pimentão, seguido do Mn com 72 %, Zn com 66 %, Cobre com 61% e por último o Fe com 14 % do seu total acumulado na parte aérea. O acúmulo de boro em órgãos de plantas é determinado principalmente pela transpiração (DORDAS et al., 2001).

De um modo geral nota-se que a extração foi crescente para todos os micronutrientes, sendo que, em média 9,6 % da absorção ocorreu até os 60 DAT (Tabela 10), 42,6 % foi absorvido dos 61 aos 120 DAT, e dos 121 aos 140 DAT foi absorvido 47,6 %. Durante o crescimento da planta, observa-se que o período de 120 a 140 DAT é aquele que a planta absorve e acumula os micronutrientes em maior quantidade, o que de fato esta correlacionada a maior aumento de matéria seca da planta de pimentão (Figuras 1, 2, 3 e 4). Nota-se, contudo, que o Cu e o Mn obtiveram maior absorção dos 61 aos 120 DAT (45 e 49 % respectivamente) do que no período compreendido dos 121 aos 140 DAT (44 e 40 % respectivamente). A disponibilidade de cobre é frequentemente afetada pelo pH do solo, tendendo a diminuir com a elevação do pH (ABREU et al., 2001). O pH do solo é o fator

mais importante no controle da disponibilidade do zinco, sendo que o decréscimo na disponibilidade do zinco esta associada à elevação do pH (SHUMA & LI, 1997). Em solos brasileiros, são muito freqüentes as condições que favorecem a diminuição da quantidade de boro disponível para as plantas (FONTES & MONNERAT, 1984). Nos solos de cerrados, que ocupam cerca de 25 % do

território nacional, a escassez de água, o pH baixo e os altos teores de ferro e de alumínio são fatores que predisõem os solos à deficiência de boro (MAGALHÃES & MONNERAT, 1978).

Observa-se com a Tabela 11 que até aos 60 DAT a planta de pimentão é pouco exigente de micronutrientes, quanto a sua marcha de absorção.

**Tabela 9.** Extração e exportação de micronutrientes pela planta de pimentão cultivada em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação.

| Nutriente | Extração                | Exportação | Exportação |
|-----------|-------------------------|------------|------------|
|           | µg planta <sup>-1</sup> |            | %          |
| B         | 7346,53                 | 2041,18    | 28         |
| Cu        | 2993,71                 | 816,47     | 27         |
| Fe        | 142061,22               | 5466,81    | 4          |
| Mn        | 9545,69                 | 1810,44    | 19         |
| Zn        | 9935,69                 | 1828,19    | 18         |

**Tabela 10.** Micronutrientes na parte aérea e raiz, na planta de pimentão aos 140 dias, cultivadas em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação.

| Nutriente | Planta                  | Parte Aérea | Raiz      | Parte Aérea | Raiz |
|-----------|-------------------------|-------------|-----------|-------------|------|
|           | µg planta <sup>-1</sup> |             |           | %           |      |
| B         | 7346,53                 | 6165,01     | 1181,52   | 84          | 16   |
| Cu        | 2993,71                 | 1812,19     | 1181,52   | 61          | 39   |
| Fe        | 142061,22               | 19642,62    | 122418,60 | 14          | 86   |
| Mn        | 9545,69                 | 6865,39     | 2680,30   | 72          | 28   |
| Zn        | 9935,69                 | 6577,11     | 3358,58   | 66          | 34   |

**Tabela 11.** Percentual do micronutrientes absorvido, em função do período, no ciclo de plantas de pimentão cultivadas em vaso sob condições de cultivo protegido e fertirrigação.

| Nutriente | Período em dias após o transplante |          |           |
|-----------|------------------------------------|----------|-----------|
|           | até 60                             | 61 a 120 | 121 a 140 |
| %         |                                    |          |           |
| B         | 9                                  | 42       | 49        |
| Cu        | 6                                  | 37       | 57        |
| Fe        | 11                                 | 45       | 44        |
| Mn        | 10                                 | 49       | 40        |
| Zn        | 12                                 | 40       | 48        |

## 6 CONCLUSÕES

Sob fertirrigação, a matéria seca da planta de pimentão (híbrido Elisa), cresce paulatinamente até os 120 DAT, quando dobra seu valor dos 121 aos 140 DAT.

Sob fertirrigação, a quantidade de micronutrientes acumulada na planta de pimentão, é pequena até 40 DAT, subindo gradualmente até 120 DAT e dobrando seu valor dos 120 aos 140 DAT, sugerindo que a adubação, com micronutrientes seja feita de maneira equilibrada dos 40 aos 120 DAT, e praticamente dobrando a necessidade da adubação do período anterior para o período de 120 a 140 DAT.

## 7 AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro ao trabalho e ao professor Dr. Roberto Lyra Villas Bôas pela orientação.

## 8 REFERENCIAS 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.
- BORKET, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Potafos/CNPq/Fapesp, 2001. p.151-186.
- CLAKSON, D.T.; HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**. New York, v.31, p.239-298, 1980.
- COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, EMBRAPA, 1994. p.201-228.
- DORDAS, C. et al.. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: Potafos/CNPq/Fapesp, 2001. p.43-69.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- FARLEY, R.F.; DRAYCOTT, A.P. Manganese deficiency of sugar beet in organic soil. **Plant and Soil**. The Netherlands, v.38, n.1, p.235-244, 1973.
- FERNANDES, P.D.; HAAG, H.G. Estudos da nutrição mineral de duas variedades de pimentão (*Capsicum annuum* L.) cultivados em condições de campo. In: **Nutrição mineral de hortaliças XV**. Anais da ESALQ, Piracicaba: 1971, v.28, 145-151.
- 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.
- GRAHAM, R.D. Transport of copper and manganese to the xylem exudates of sunflower. **Plant Cell Environment**. New York, v.2, p.139-143, 1979

- HAAG, H.P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças: V-Absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. **O Solo**, v.62, p.7-11, 1970.
- MAGALHÃES, J.R.; MONNERAT, P.H. Aplicação foliar de boro na prevenção de deficiência e na composição mineral do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 13 p.81-89, 1978.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.
- 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.
- 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.
- SHUMA, L.M. & LI, Z.B. Amelioration of zinc in cotton using lime or mushroom compost. **Journal of Soil Content**. New York, v.6, n.1, p.425-438, 1997.
- SILVA, M.A.G. **Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido**. 1998. 86 f: Tese (Doutorado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.