

## Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão

Paulo Cezar R. Fontes; Emerson N. Dias; Rodrigo N. Graça

UFV, Depto. Fitotecnia, 36571-000 Viçosa-MG, Bolsista CNPq; E-mail: pacerefo@ufv.br

### RESUMO

Neste estudo caracterizou-se as curvas de acúmulo de nutrientes na parte aérea do pimentão (*Capsicum annuum* L.) e propôs-se um método para estimar as doses de nitrogênio e de potássio para a fertirrigação em cultivo em estufa não aquecida. O experimento foi executado de março a dezembro, no delineamento de blocos casualizados com seis repetições e 16 tratamentos. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada a cada 14 dias após o transplante (DAT) até 224 DAT. Nesta data, as produtividades de frutos e de matéria seca da parte aérea foram 51960 e 6135 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O acúmulo de nutrientes na parte aérea do pimentão, expresso em kg ha<sup>-1</sup>, foi: 247 de K, 193 de N, 114 de Ca, 42 de Mg, 23 de P, 23 de S, 1,2 de Fe, 0,31 de B, 0,29 de Cu, 0,27 de Zn e 0,26 de Mn. São apresentadas as equações representativas da curva e da taxa diária de acúmulo (TA) para cada nutriente. Com base na TA é proposto um método para estimar as doses de N e K para cada fertirrigação do pimentão em estufa não aquecida.

**Palavras-chave:** *Capsicum annuum*, absorção, ambiente protegido, adubação, nutrição de plantas.

### ABSTRACT

#### Nutrient uptake curves and a method to estimate nitrogen and potassium rates in sweet pepper fertigation

Shoot nutrient uptake curves were characterized and a model was developed to estimate nitrogen and potassium rates to be applied in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fertigation in unheated greenhouse. The experiment was carried out from March to December using a randomized blocks design with 16 treatments and 6 replicates. Each treatment corresponded to a sampling time accomplished every 14 days from transplanting (DAT) up to 224 DAT. At that time, fruit yield and shoot dry weight were 51960 and 6130 kg ha<sup>-1</sup> respectively. Total nutrient accumulation in the shoot, expressed in kg ha<sup>-1</sup>, was: 247 for K, 193 for N, 114 for Ca, 42 for Mg, 23 for P, 23 for S, 1.2 for Fe, 0.31 for B, 0.29 for Cu, 0.27 for Zn and 0.26 for Mn. Uptake curves and uptake rates (TA) are presented for each nutrient. Based upon TA, a model is proposed to estimate N and K rates to apply in pepper plant fertigation in unheated greenhouse.

**Keywords:** *Capsicum annuum*, absorption, protected environment, fertilization, plant nutrition.

(Recebido para publicação em 1 de abril de 2004 e aceito em 8 de março de 2005)

Em região de altitude em torno de 600m do sudeste brasileiro, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) é cultivado durante o período de primavera e outono. Nessa região, em ambiente que apresenta efeito estufa, é possível também cultivar o pimentão nos meses de inverno. Em ambiente protegido, é possível encontrar ampla variação nos valores de produtividade (2 a 15 kg m<sup>-2</sup>) (GONTIJO et al., 1993; KLARING, 1999; SILVA et al., 1999; CUNHA et al., 2001). Alta produtividade é, em grande parte, resultado de adequado suprimento, distribuição e acúmulo de nutrientes pela planta.

Em ambiente protegido, para maximizar a produtividade das hortaliças, tem sido empregada grande quantidade de fertilizantes orgânicos e químicos. No programa de adubação, principalmente com nitrogênio (N) e potássio (K), é necessário definir quanto aplicar em cada fertirrigação para atender a demanda da planta. Redução na produção de pimentão em resposta ao aumento da dose de sais nitrogenados e potássicos

tem sido associada ao aumento do potencial osmótico da solução do solo. O pimentão é sensível à alta salinidade do meio (CHARTZOULAKIS; KLAPKI, 2000). Alto potencial osmótico da solução do solo implica, principalmente, na redução da absorção de água pela planta e no decréscimo do potencial de água da folha reduzindo a condutância estomática, a assimilação de carbono, o tamanho do fruto, a produtividade e qualidade dos frutos. Além disto, excesso de salinidade no meio aumenta a incidência de podridão apical e reduz a conservação pós-colheita do fruto de pimentão (NAVARRO et al., 2002).

O manejo de adubação nitrogenada e potássica em casa de vegetação assume papel importante e diferente daquele verificado a campo, exigindo manejo diferenciado pois em ambiente protegido, o ciclo da cultura é mais longo, utiliza-se a fertirrigação, pode haver acúmulo de sais no perfil do solo e obtém-se maior produção de biomassa. Esses fatores influenciam a absorção e o acúmulo de N e K

na cultura do pimentão (GUINES et al., 1996; MORENO et al., 1996). Diversos modelos têm sido propostos para prever a resposta das plantas à aplicação de nutrientes visando estabelecer o requerimento dos mesmos, principalmente nitrogênio (GREENWOOD, 2001). Normalmente, os modelos necessitam de vários parâmetros fisiológicos e edáficos, nem sempre fáceis de serem obtidos. Foi sugerido, para as diversas fases fenológicas do tomateiro, a aplicação de N e K com base no acúmulo diário (FONTES; GUIMARÃES, 1999). Para essa proposição, os autores basearam-se na taxa de acúmulo diário, derivada da quantidade absorvida do nutriente. Utilizando conceito parecido, Alonso-Baez et al. (2003) propuseram um modelo para estabelecer quanto e quando fertirrigar a cultura do pimentão. Na proposição, a exemplo de outros autores (FONTES; GUIMARÃES, 1999; FAYAD et al., 2002), é necessário o estabelecimento da curva de acúmulo para o nutriente específico.

As curvas de acúmulos dos nutrientes na planta, principalmente N e K que são os dois nutrientes mais absorvidos pelo pimentão (DIAS, 2000), devem ser utilizadas para estimar as doses de N e K a ser aplicadas. Uma possibilidade é estimar as doses de N e K com a utilização das taxas de acúmulo diária destes nutrientes. Adicionalmente, a dose estimada (DE) precisa ser corrigida (DC) em função da eficiência de acúmulo na parte aérea da planta do nutriente aplicado como fertilizante no solo. Essa eficiência é dependente de fatores ligados à planta, solo, ambiente e manejo. Para transformar a dose estimada (DE) em dose corrigida (DC) é necessário usar um fator. Para o tomateiro fertirrigado com N foi possível deduzir valores de 1,21 (FAYAD et al, 2002); 1,20 e 2,08 (SINGANDHUPE et al., 2003). Para o tomateiro fertirrigado com K, o valor estimado do fator foi 0,75 (FAYAD et al, 2002). Em pimentão irrigado por sulco, no campo, os valores dos fatores para N e K, possíveis de ser calculados no trabalho de Negreiros (1995), foram 1,63 e 0,87, respectivamente.

São raros os trabalhos sobre as curvas de absorção de nutrientes por genótipos de pimentão. O presente trabalho teve o objetivo de determinar as curvas de absorção de macro e micronutrientes pela parte aérea e propor um modelo simples, levando-se em consideração a taxa diária de acúmulo, para estimar as doses de nitrogênio e de potássio para a fertirrigação do pimentão em ambiente protegido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na UFV em área sob proteção de plástico de 0,1 mm de espessura, na forma de capela, com dimensões de 8 x 40 m e altura de 3,2 m, com laterais possuindo cortinas passíveis de serem abertas e fechadas. O experimento constou de 16 tratamentos e 6 repetições. Cada tratamento foi representado por uma época de amostragem, em intervalos de 14 dias, a partir da data de transplante das mudas. A parcela foi constituída por nove plantas distribuídas em três fileiras, sendo uma útil.

O período experimental foi de março a dezembro, em solo argilo-arenoso,

com teor de K de 120 mg dm<sup>-3</sup>, classificado como bom (FONTES, 1999). A adubação de plantio constou de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de super fosfato simples, 200 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco e 15 kg ha<sup>-1</sup> de bórax. Durante o ciclo, foram aplicados 312 kg ha<sup>-1</sup> de N e 232 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O divididos em 30 fertirrigações semanais. Nas primeiras quatro semanas foi utilizado o sulfato de amônio e nas restantes o nitrocálcio. Em todas as fertirrigações o KCl foi a fonte utilizada.

As mudas foram transplantadas no dia 27/04, quando apresentavam três pares de folhas definitivas. O espaçamento foi de 1,0 x 0,6 m. Inicialmente, em cada planta foram deixados dois caules que foram tutorados com fio vertical. Após a segunda colheita (30/08) foram deixados quatro caules por planta. Durante a condução do experimento, foram realizadas podas, desbrotas e capinas conforme necessidade da cultura, assim como pulverizações com fungicidas e inseticidas. A necessidade de água aplicada à cultura foi calculada pelo método do tanque classe A. O método de irrigação foi o gotejamento, sendo gastos, durante o ciclo, 170 L planta<sup>-1</sup>.

As plantas amostradas foram cortadas no nível do solo e divididas em caule, folha e fruto. Em seguida, os órgãos foram secados, pesados, moídos e analisados quimicamente. Foram determinados os teores e calculados os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, e Mn, em cada órgão da planta e em cada época amostrada. As amostras secas e moídas de cada órgão da planta foram submetidas à digestão nitricoperclórica para as análises de P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu e Mn; à digestão sulfúrica para a análise de N (JACKSON, 1958) e à digestão seca em mufla, a 550°C, para a análise de boro.

A partir dos valores das matérias secas das folhas, caules, frutos e flores e dos respectivos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn e B foram calculados os conteúdos dos nutrientes naqueles órgãos. A taxa de absorção diária de cada nutriente foi obtida com a derivada primeira da equação ajustada ao conteúdo de cada nutriente na planta, em função de dias após o transplante.

As características determinadas foram submetidas às análises de variância e de regressão. Na análise de regressão, foram avaliados os efeitos linear, quadrático e cúbico sendo selecionada, dentro de cada grupo de equações com o mesmo número de parâmetros estimados, aquela de efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade, de significado biológico e de maior R<sup>2</sup>. Na análise de regressão, a variável independente foi sempre considerada a idade da planta, em dias após o transplante (14 a 224 dias).

Para estimar a dose (DE) de N e K a ser aplicada da primeira a última fertirrigação, o modelo sugerido usa a taxa de acúmulo diária (TA) destes nutrientes. O valor de TA é somado em intervalo de tempo, de acordo com o desejado entre cada fertirrigação. No presente trabalho, o cálculo foi feito assumindo 14 aplicações quinzenais.

Para transformar a dose estimada (DE) em dose corrigida (DC) foram usados os fatores (F<sub>A</sub>) 1,62 e 0,76 para N e K, respectivamente. Esses fatores são empíricos, com base na experiência dos autores. O valor de (F<sub>A</sub>) pode ser determinado experimentalmente, dividindo-se a dose aplicada pela quantidade do nutriente absorvida na parte aérea da planta. O valor de (F<sub>A</sub>) está ligado à eficiência. Condições e procedimentos que permitem maior eficiência no uso do N pelo tomateiro são apresentadas por Fontes e Silva (2002). Para a mesma quantidade acumulada de nutrientes, quanto maior a disponibilidade do nutriente no solo menor deve ser a dose a ser aplicada e, conseqüentemente, menor será o valor de F<sub>A</sub>. Também, a eficiência de acúmulo declina com o aumento da dose aplicada do nutriente (SINGANDHUPE et al., 2003) e é menor em cultura irrigada por sulcos que em cultura irrigada por gotejamento. A aplicação parcelada do fertilizante via água de irrigação, em ambiente protegido, provocando menor efeito salino e redução na percolação e na lixiviação, aumenta a eficiência de utilização do fertilizante. Para as hortaliças fertirrigadas é sugerido o valor de F<sub>A</sub> para o N variando de 0,8 a 2,0. Para o K, sugere-se os valores 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 para solo com bom, médio, baixo e muito baixo teor do elemento, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conteúdos de N na parte aérea e nos frutos aumentaram até atingirem os máximos de 11.562 e 4.679 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1A). A taxa de absorção de N na parte aérea aumentou até atingir 98,2 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, aos 224 dias após o transplante (DAT) e a taxa média de absorção de N nos frutos foi constante durante o ciclo da cultura, com valor de 27 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 1B). As equações correspondentes às Figuras 1A e 1B estão nas Tabelas 1 e 2.

O acúmulo de N foi 193 kg ha<sup>-1</sup>; dos quais 40,5% foram retidos pelos frutos. Negreiros (1995) relata que os frutos de pimentão, em condições de campo, aos 189 DAT, absorveram a quantidade de N de 2.705 mg planta<sup>-1</sup>. Para similares produção de frutos (52,8 t ha<sup>-1</sup>) e de matéria seca pela planta (6.770 kg ha<sup>-1</sup>) do presente experimento, Ombódi e Saigusa (2000) verificaram que a quantidade absorvida de N foi 160 kg ha<sup>-1</sup>. Miller et al. (1979) relatam que no intervalo de amostragem entre 56 e 70 DAT a taxa de absorção de N pela planta e frutos foram 55,2 e 35,2 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Em hidroponia, o pimentão absorveu 16 g de N ou 320 kg ha<sup>-1</sup> numa taxa de 80 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Bar-Tal, et al., 2001b). No trabalho desses autores, para a produção de 1.000 kg de frutos a planta absorveu 3,68 kg de N, similar ao valor de 3,71 kg verificado no presente trabalho.

Os conteúdos de P na parte aérea e nos frutos aumentaram até atingir os maiores valores aos 224 DAT, 1.398 e 837 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabelas 1 e 2). A absorção de P pela planta foi 23,3 kg ha<sup>-1</sup>; destes, os frutos obtiveram 60%. A taxa de absorção de P na parte aérea foi maior na primeira amostragem, quando atingiu 33,5 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. A taxa de absorção de P nos frutos foi constante, 4,8 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Tabela 2). Miller et al. (1979) relatam que a taxa de absorção do P na parte aérea do pimentão foi maior no intervalo entre os 84 e 98 dias após o transplante e entre os 56 e 70 DAT para os frutos, tendo encontrado as taxas de 6,9 e 3,8 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 1.** Equações de regressão relacionando o conteúdo (C) e a taxa de acúmulo (TA) dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn e B na parte aérea com a idade da planta de pimentão (X) expressa em dias após o transplante. Viçosa, UFV, 2004.

Nutrientes		Equações	R <sup>2</sup>
N	C	$Y = -85,2124 + 5,81286 X + 0,206185 X^2$	0,991
	TA	$Y' = 5,81286 + 0,412370 X$	
P	C	$Y = 362,477 - 144,037 X^{0,5} + 14,2479 X$	0,989
	TA	$Y' = 14,2479 + 72,0185 X^{0,5}$	
K	C	$Y = -1122,24 + 45,3828 X + 0,118531 X^2$	0,982
	TA	$Y' = 45,3828 + 0,237062 X$	
Ca	C	$Y = 848,633 - 448,237 X^{0,5} + 56,6691 X$	0,971
	TA	$Y' = 56,6691 - 224,1185 X^{0,5}$	
Mg	C	$Y = -59,5751 + 2,72154 X + 0,0394923 X^2$	0,980
	TA	$Y' = 2,72154 + 0,0789846 X$	
S	C	$Y = -40,9959 + 1,29279 X + 0,0227866 X^2$	0,983
	TA	$Y' = 1,29279 + 0,0455732 X$	
Fe	C	$Y = 7826,36 - 474,183 X + 8,83818 X^2 - 0,025329 X^3$	0,938
	TA	$Y' = -474,183 + 17,67636 X - 0,075987 X^2$	
Cu	C	$Y = -3881,22 + 348,382 X - 1,40867X^2$	0,587
	TA	$Y' = 348,382 - 2,81734 X$	
Zn	C	$Y = -3040,04 + 382,631 X^{0,5} + 60,7955 X$	0,963
	TA	$Y' = 60,7955 + 191,3155 X^{0,5}$	
Mn	C	$Y = 807,531 + 72,634 X$	0,639
	TA	$Y' = 72,624$	
B	C	$Y = 720,841 - 855,52 X^{0,5} + 138,171 X$	0,961
	TA	$Y' = 138,171 + 427,76 X^{0,5}$	

C e TA expressos em mg ou ìg planta<sup>-1</sup> e mg ou ìg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, para macro e micronutriente, respectivamente.

**Tabela 2.** Equações de regressão relacionando o conteúdo (Y) dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu, Mn e B nos frutos com a idade da planta de pimentão (X) expressa em dias após o transplante. Viçosa, UFV, 2004.

Nutrientes	Equações	R <sup>2</sup>
N	$Y = -1381,29 + 27,0556 X$	0,962
P	$Y = -236,694 + 4,79286 X$	0,967
K	$Y = -1264,87 + 32,4022 X$	0,932
Ca	$Y = 184,795 - 138,489 X^{0,5} + 15,7637 X$	0,963
Mg	$Y = -110,909 + 2,52317 X - 0,0108871 X^2 + 0,0000491262 X^3$	0,967
S	$Y = -146,104 + 2,85682 X$	0,965
Fe	$Y = -27493,2 + 3436,22 X^{0,5}$	0,616
Cu	$Y = -820,96 + 17,4023 X$	0,975
Zn	$Y = -4598,8 + 649,551 X^{0,5}$	0,926
Mn	$Y = -1886,42 + 42,5566 X - 0,0878969 X^2$	0,939
B	$Y = -2041,30 + 38,9553 X$	0,692

Y expresso em mg ou ìg planta<sup>-1</sup>, para macro e micronutriente, respectivamente.

As equações representando a quantidade de K na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) foram semelhantes às de N, sendo crescentes até o final do ciclo do pimentão, atingindo os valores de 14.991 e 5.993 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. A taxa de absorção de K na parte aérea aumentou linearmente até atingir 98,5 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e a taxa de

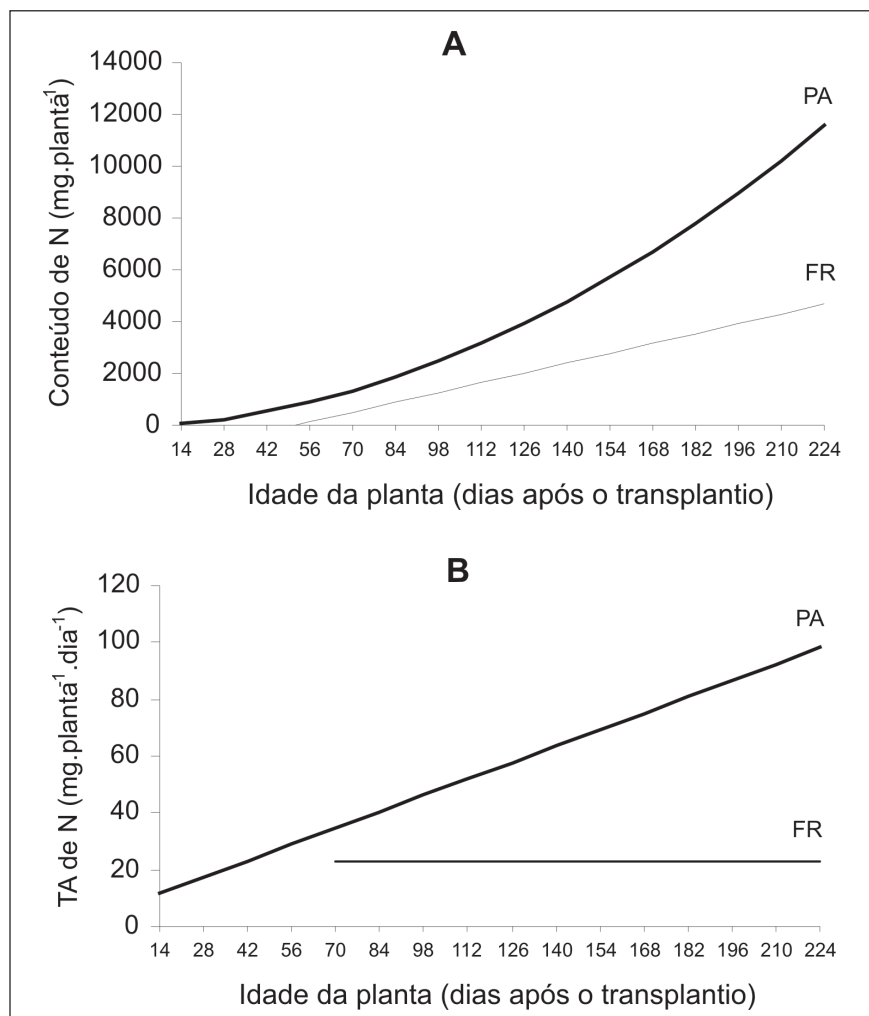
absorção de K nos frutos foi uniforme durante o ciclo cultural, com 32,4 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de média.

Portanto, a parte aérea do pimentão absorveu 250 kg ha<sup>-1</sup> de K sendo que os frutos exportaram 40% do total absorvido pela planta. Para similares produção de frutos (52,8 t ha<sup>-1</sup>) e de matéria seca (6.770 kg ha<sup>-1</sup>) do presente traba-

**Tabela 3.** Cronograma quinzenal para a aplicação via gotejamento das doses estimadas e corrigidas<sup>1</sup> de nitrogênio e potássio na cultura do pimentão, estabelecido com base na taxa de acúmulo diária dos nutrientes. UFV, Viçosa, 2004.

Quinzena após o transplante	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )		Dose de K (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Estimada	Corrigida	Estimada	Corrigida
1	2,2	3,56	11,5	8,74
2	4,0	6,48	13,5	10,26
3	5,8	9,40	14,5	11,02
4	7,6	12,31	15,5	11,78
5	8,7	14,09	16,5	12,54
6	11,0	17,82	17,5	13,30
7	12,7	20,57	18,5	14,06
8	14,5	23,45	19,5	14,82
9	16,2	26,24	20,5	15,58
10	18,0	29,16	21,5	16,34
11	19,7	31,91	22,5	17,10
12	21,5	34,83	23,5	17,86
13	23,3	37,75	24,5	18,62
14	25,0	40,50	25,5	19,38
Total	190,0	307,60	265,0	201,40

<sup>1</sup> Fator de correção = 1,62 e 0,76 para N e K, respectivamente.



**Figura 1.** Conteúdo (A) e taxa média de absorção (B) de nitrogênio (N) em toda a parte aérea (PA) e nos frutos (FR) de pimentão, em função da idade da planta. Viçosa, UFV, 2004.

lho, Ombódi e Saigusa (2000) determinaram que a quantidade absorvida de K foi 242 kg ha<sup>-1</sup>. Adicionalmente ao acúmulo na parte aérea, o pimentão acumula K nas raízes em quantidade que atinge cerca de 45% daquela acumulada nos frutos (KUANGFEI et al., 1999). MILLER et al. (1979) relatam que a cultura do pimentão absorveu 135,6 kg ha<sup>-1</sup> de K. Para a produção de 87 t ha<sup>-1</sup> de frutos, a planta de pimentão, inclusive raízes, absorveu 520 kg ha<sup>-1</sup> de K ou 26 g planta<sup>-1</sup> (BAR-TAL et al, 2001a). Nesse caso, para a produção de 1.000 kg de frutos, a planta, incluso as raízes, absorveu 5,98 kg de K.

O conteúdo de Ca na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) aumentou até atingir 6.834 e 1.643 mg planta<sup>-1</sup>, aos 224 dias após o transplante. A absorção de Ca pela cultura foi 114 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que os frutos acumularam 24% deste total. A taxa de absorção de Ca na parte aérea foi crescente durante o ciclo da planta, atingindo 41,7 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> aos 224 DAT.

O conteúdo de Mg na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) aumentou durante o ciclo do pimentão até atingir, respectivamente, os valores de 2.532 e 460 mg planta<sup>-1</sup>, aos 224 DAT, correspondentes a 42 e 7,56 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. Isso indica que os frutos acumularam 18% do total. A taxa de absorção de Mg na parte aérea foi crescente durante o ciclo da planta, atingindo 20 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Os valores do conteúdo de Mg nas folhas, caules e frutos foram 167, 64 e 159 mg planta<sup>-1</sup>, no campo (NEGREIROS, 1995).

A quantidade de S acumulada na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) aumentou durante o ciclo até 1.392 e 493 mg planta<sup>-1</sup>, aos 224 DAT. A cultura absorveu 23 kg ha<sup>-1</sup> de S, sendo que os frutos acumularam 35% desse total. A taxa de absorção de S na parte aérea foi crescente até atingir 11,5 mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Para os micronutrientes, o conteúdo máximo de Fe na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) foi 63.798 e 23.935  $\mu$ g planta<sup>-1</sup>, aos 196 e 224 DAT, respectivamente. A taxa média de absorção de Fe na parte aérea foi crescente até aos 112 DAT, atingindo o valor máximo de 552  $\mu$ g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; em se-



guida decresceu. O conteúdo de Cu na parte aérea do pimentão (Tabela 1) atingiu o máximo de 17.651  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , aos 126 dias; o conteúdo dos frutos foi crescente durante todo o ciclo cultural, atingindo 3.077  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , aos 224 DAT (Tabela 2). Os valores dos conteúdos de Cu na planta tiveram variações, ao longo do ciclo cultural, com alta dispersão dos pontos acarretando o  $R^2=0,585$ , provavelmente, em virtude das eventuais pulverizações com produtos à base de Cu. As taxas médias de absorção de Cu na parte aérea foram decrescentes ao longo do ciclo do pimentão, atingindo valor máximo de 309  $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , aos 14 dias após o transplante. A quantidade de Zn acumulada na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) aumentou durante todo o ciclo do pimentão, até 16.305 e 5.123  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , aos 224 DAT. Assim, a cultura absorveu 272  $\text{g ha}^{-1}$  de Zn; destes, 31% foram retidos pelos frutos. A taxa de absorção de Zn na parte aérea decresceu ao longo do ciclo da cultura, atingindo o valor máximo de 112  $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , aos 14 DAT. O conteúdo de Mn na parte aérea (Tabela 1) e no fruto do pimentão aumentou até atingir, aos 224 DAT, 17.077 e 3.236  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , respectivamente. A taxa média de absorção de Mn na parte aérea foi constante, 72,63  $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . O conteúdo de B na parte aérea (Tabela 1) e nos frutos (Tabela 2) aumentou ao longo do ciclo da cultura, atingindo 18.867 e 6.685  $\mu\text{g planta}^{-1}$ , aos 224 DAT. A taxa média de absorção de B na parte aérea foi decrescente, sendo máxima, 252  $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , aos 14 DAT.

O teor médio de N na matéria seca da folha, ao longo do ciclo do pimentão, foi 4,90, variando de 3,89 a 5,17  $\text{dag planta}^{-1}$ . Os valores correspondentes para o K foram 6,41, 5,15 e 7,62, respectivamente. O teor de nutrientes na matéria seca da folha, consequentemente a quantidade absorvida, depende de diversos fatores dentre os quais a quantidade adicionada ao solo (FONTES, 2001). Como as concentrações de N e de K ficaram sempre, durante o ciclo da cultura, dentro da faixa considerada como suficiente ou adequada por diversos autores (MARTI; MILLS, 1991; MILL; JONES, 1996; JOHNSON; DECOTEAU, 1996; FONTES; GUIMARÃES, 1999; FALCÃO et al., 2003), as quantidades ab-

sorvidas de N e de K pela parte aérea do pimentão, de 193 e 250  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente, foram assumidas como apropriadas.

Pelo método proposto, as doses estimada (DE) e corrigida (DC) de N seriam 11.400 e 18.480  $\text{mg planta}^{-1}$  ou 190 e 308  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 3). Aplicação de dose adequada de N é fundamental para a obtenção de altas produtividade e qualidade de frutos de pimentão (JOHNSON; DECOTEAU, 1996). A quantidade apropriada de N para a produção de pimentão em estufa é variável, sendo possível encontrar valor, expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ , de 168 (HARTZ et al., 1993); 317 (NIGRI et al., 1997); 150 (QAWASMI et al., 1999); 210–280 (OLSEN et al., 1993); 300 (OMBÓDI; SAIGUSA, 2000); 32 (BOWEN; FREY, 2002); 341 (ALONSO-BAEZ et al., 2002).

Pelo método proposto, as doses estimada (DE) e corrigida (DC) de K seriam 15.900 e 12.060  $\text{mg planta}^{-1}$  ou 265 e 201  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 3). A dose de K para a adequada produção de pimentão é variável, encontrando-se valor, expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ , de 450 (NIGRI et al., 1997); 267 (RUSSO, 1999); 200 (CASALI; FONTES, 1999); 360 (OMBÓDI; SAIGUSA, 2000); 120 (BAGHOUR et al., 2001); 130 (ALONSO-BAEZ et al., 2002).

A presente proposta contribui para solucionar a dificuldade dos técnicos e produtores de como calcular e distribuir as doses de N e K em cada fertirrigação para satisfazer o requerimento da planta do pimentão em todo o ciclo.

## LITERATURA CITADA

ALONSO-BAEZ, M.; TIJERINA-CHAVEZ, L.; SANCHEZ-GARCIA, P.; ACEVES-NAVARRO, L.A.; ESCALANTE-ESTRADA, J.A. MARTINEZ-GARZA, A. Produccion de chile japeno com fertirriego como funcion de la tension de humedad del suelo, nutricion nitrogenada y potasica. *Terra*, v.20, n.2, p.209-215, 2002.

ALONSO-BAEZ, M.; TIJERINA-CHAVEZ, L.; SANCHEZ-GARCIA, P.; MARTINEZ-GARZA, A.; ACEVES-NAVARRO, L.A.; ESCALANTE-ESTRADA, J.A. Modelo logístico: herramienta para diagnosticar el cuanto y cuando fertirrigar. *Terra*, v.21, n.2, p.225-231, 2003.

BAGHOUR, M.; SANCHEZ, E.; RUIZ, J.M.; ROMERO, L. Metabolism and efficiency of phosphorus utilization during senescence in pepper plants: response to nitrogenous and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, n.11, p. 1731-1743, 2001.

BAR-TAL, A.; ALONI, B.; KARNI, L.; OSEROVITZ, J.; HAZAN, A.; ITACH, M.; GANTZ, S.; AVIDAN, A.; POSALSKI, I.; TRATKOVSKI, N. ROSENBERG, R. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. *HortScience*, v.36, n.7, p.1244-1251, 2001a.

BAR-TAL, A.; ALONI, B.; KARNI, L.; ROSENBERG, R. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. Effects of nitrogen concentration and  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. *HortScience*, v.36, n.7, p.1252-1259, 2001b.

BOWEN, P.; FREY, B. Response of plasticultured bell pepper to staking, irrigation frequency, and fertigated nitrogen rate. *HortScience*, v.37, n.1, p.95-100, 2002.

CASALI, V.W.D.; FONTES, P.C.R. *Sugestões de adubação para pimentão*. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. 1999. p.201.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, v.86, p.247-260, 2000.

CUNHA, A.R.; ESCOBEDO, J.F.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E. Características de produtividade e classificação de frutos de pimentão híbrido Elisa em condições de ambiente protegido e de campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.19, CD-ROM, julho, 2001.

DIAS, E.N. *Absorção de nutrientes, crescimento vegetativo e produção de frutos maduros de pimentão, em estufa*. 2000. 70 f. (Tese mestrado) - UFV, Viçosa.

FALCÃO, L.L.; JUNQUEIRA, A.M.; OLIVEIRA, S.A.; CARRIJO, O.A. Níveis de suficiência de macronutrientes para pimentão conduzido em cultivo protegido no DF. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, p.291, 2003.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado em condições de campo e de estufa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FONTES, P.C.R.; GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.36-44, 1999.

FONTES, P.C.R. *Sugestões de adubação para hortaliças*. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.; V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. 1999. p.171-174.

FONTES, P.C.R. *Diagnóstico do estado nutricional de plantas*. Viçosa: Editora UFV, 2001. 122 p.

FONTES, P.C.R.; SILVA, D.J.H. *Produção de tomate de mesa*. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2002. 193 p.

GONTIJO, G.M.; MATOS, F.A.C.; REIS, N.V.B. Produção de pimentão em estufa plástica não climatizada, nas condições do Distrito Federal. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.11, n.1, p.74, 1993.

GREENWOOD, D.J. Modelling N-reponse of field vegetable crops under diverse conditions with N-ABLE: a review. *Journal Plant Nutrition*, v.24, n.11, p.1799-1815, 2001.

- GUINES, A.; INAL, A.; ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, v.19, n.2, p.389-396, 1996.
- HARTZ, T.K.; LESTRANGE, M.; MAY, D.M. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *HortScience*, v.28, p.107-109, 1993.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 458 p.
- JOHNSON, C.D.; DECOTEAU, D.R. Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. *HortScience*, v.31, n.7, p.1119-1123, 1996.
- KLARING, H.P. Effects of non-destructive mechanical measurements on plant grown: a study with sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) *Scientia Horticulturae*, v.81, p.369-375, 1999.
- KUANGFEL, L.; YALING, X.; XUEFENG, L.; PASTORE, G. Loss of nitrogen, phosphorus, and potassium through crop harvests in agroecosystems of Quiajiang, Hubei Province, PR China. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v.18, n.3, p.393-401, 1999.
- MARTI, H.R.; MILLS, H.A. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. *Journal of Plant Nutrition*, v.14, n.11, p.1165-1175, 1991.
- MILLER, C.H.; MC COLLUM, R.E.; CLAIMON, S. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v.104, n.6, p.852-857, 1979.
- MILLS, H.A.; JONES JR., J.B. *Plant analysis handbook II*. Athens: MicroMacro Publishing, Inc., 1996.
- MORENO, D.A.; PULGAR, G.; VILLORA, G.; ROMERO, L. Effect of N and K on fruit production and leaf levels of Fe, Zn, Cu and B and their biochemical indicator in capsicum plants. *Phyton*, v.59, n.1-2, p.1-12, 1996.
- NAVARRO, J.M.; GARRIDO, C.; CARVAJAL, M.; MARTINEZ, V. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.77, n.1, p.52-57, 2002.
- NEGREIROS, M.Z. *Crescimento, partição de matéria seca, produção e acúmulo de macronutrientes de plantas de pimentão (Capsicum annuum L.) em cultivo podado e com cobertura morta*. 1995. 187 f. (Tese doutorado) - UFV, Viçosa.
- NIGRI, F.M.; VASQUEZ, S.; MORALES, L.A. fertilization del pimiento (*Capsicum annuum* L.) com N-P-K en cultivo bajo cobertura plastica. *Horticultura Argentina*, v.16, n.40-41, p.64-67, 1997.
- OLSEN, J.K.; LYONS, P.J.; KELLY, M.M. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical Australia. *Journal of Plant Nutrition*, n.16, v.1, p.177-193, 1993.
- OMBÓDI, A.; SAIGUSA, M. Broadcast application versus band application of polyolefin-coated fertilizer on green peppers grown on andisol. *Journal of Plant Nutrition*, v.23, n.10, p.1485-1493, 2000.
- QAWASMI, M.; MOHAMMAD, M.J.; NAJIM, H.; QUBURSI, R. Response of bell pepper grown inside plastic houses to nitrogen fertigation. *Communication Soil Science Plant Analysis*, v.30, p.2499-2509, 1999.
- RUSSO, V.M. Rate of N-P-K and yield of red - and green-fruit of pungent and non-pungent peppers. *Journal of Vegetable Crop Production*, v.5, n.2, p.59-66, 1999.
- SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; MELO, A.M.T.; FERNANDES, H.M.G.; SCIVITTARO, W.B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. *Scientia Agrícola*, v.56, n.4, p.1199-1207, 1999.
- SINGANDHUPE, R.B.; RAO, G.G.S.N.; PATIL, N.G.; BRAHMANAND, P.S. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* L.). *European Journal of Agronomy*, v.19, n.2, p.327-340, 2003.