

# EFEITO DO NITROGÊNIO E POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO DO PIMENTÃO CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO<sup>(1)</sup>

M. A. G. SILVA<sup>(2)</sup>, A. E. BOARETTO<sup>(3)</sup>, T. MURAOKA<sup>(3)</sup>,  
H. G. FERNANDES<sup>(4)</sup>, F. A. GRANJA<sup>(5)</sup> & W. B. SCIVITTARO<sup>(6)</sup>

## RESUMO

Avaliou-se a influência do N e K na concentração e acúmulo de nutrientes no pimentão, cultivar Mayata, irrigado por gotejamento. O experimento foi instalado em cultivo protegido telado, em Latossolo Vermelho mesoférico, entre o período de novembro de 1996 a agosto de 1997, durante 34 semanas. Os tratamentos constaram de três doses de N (13,3; 26,6 e 39,9 g m<sup>-2</sup>), como uréia, e três doses de K (5,5; 11,0 e 16,6 g m<sup>-2</sup>), como KCl, distribuídas em esquema fatorial, utilizando o delineamento em blocos casualizados. Todas as plantas foram irrigadas por gotejamento tendo sido a uréia e o cloreto de potássio aplicados logo abaixo dos gotejadores. As doses de N não afetaram a concentração dos nutrientes em folhas recém-maduras, no início do florescimento e início da frutificação, enquanto o K diminuiu a concentração de P e S, no início da frutificação, exceto na dose de 5,5 g m<sup>-2</sup> de K. O N aumentou o acúmulo de nutrientes na parte aérea, ao final do ciclo de cultivo, quando aplicado na dose de 26,6 g m<sup>-2</sup>, porém não influenciou a produção de frutos. O K contribuiu para a absorção de nutrientes e produção de frutos, somente quando presente em baixas concentrações no solo. Doses de K de 16,6 g m<sup>-2</sup>, relacionaram-se com a alta condutividade elétrica (1.400 µS cm<sup>-1</sup>), até a camada de 40 cm, e com a alta concentração de cloreto na parte aérea e frutos de pimentão.

**Termos de indexação:** *Capsicum annuum*, adubação nitrogenada, adubação potássica, salinidade do solo.

---

<sup>(1)</sup> Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. Recebido para publicação em fevereiro de 2000 e aprovado em junho de 2001.

<sup>(2)</sup> Professora do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo 5790, CEP 87020-900 Maringá (PR). E-mail: magsilva@uem.br

<sup>(3)</sup> Pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA. Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba (SP). E-mail: aeboaret@cena.usp.br

<sup>(4)</sup> Bióloga do CENA. E-mail: hgimenes@cena.usp.br

<sup>(5)</sup> Estagiário do CENA.

<sup>(6)</sup> Pesquisadora da Embrapa Centro de Pesquisa de Clima Temperado. Br 392, Km 78, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas (RS). E-mail: wbscivt@cpact.embrapa.br

**SUMMARY:** *NITROGEN AND POTASSIUM EFFECT ON THE NUTRITION OF PEPPER GROWN IN A PROTECTED ENVIRONMENT*

*Nitrogen and potassium applications affected the nutrient concentration and accumulation of sweet pepper, cultivar Mayata, grown in a protected environment. An experiment was conducted in a protected environment in Eutrostox, during 34 weeks from November, 1996 to August, 1997, with the following treatments: control and combination of three rates of N (13.3; 26.6 and 39.9 g m<sup>-2</sup>) and three rates of K (5.5; 11.0 and 16.6 g m<sup>-2</sup>). All plants were watered by trickle irrigation and the urea and KCl were applied below each trickler. The results led to the following conclusions: N did not affect the concentration of nutrients in recently-ripened leaves, in the beginning of flowering and fruiting, although K, in high rates, decreased the concentration of P and S, in the beginning of fruiting; N increased the absorption of nutrients on the top part at the end of the cultivation period at the rate of 26.6 g m<sup>-2</sup>, but did not influence fruit production. Potassium contributed to absorption of nutrient and fruit production, only when concentrations in the soil were low. Potassium, in high rates (16.6 g m<sup>-2</sup>), related with high electric conductivity (1.400 μS cm<sup>-1</sup>), in a layer of 40 cm and high Cl concentration in the shoot and fruits.*

*Index terms:* *Capsicum annuum, nitrogen fertilization, potassium fertilization, soil salinity.*

## INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente a família Solanaceae e ao gênero *Capsicum*, é originário da América Central, em regiões de clima tropical. De acordo com Siviero & Gallerani (1992), a faixa ideal de temperatura está entre mínima de 16°C e máxima de 30°C.

O pimentão cultivado em ambiente protegido apresenta ciclo maior (em torno de 12 meses) e condições de maior crescimento, considerando as características favoráveis de cultivo; por isso, supõe-se que seja mais exigente do ponto de vista nutricional, em comparação ao cultivo em campo.

São poucos os trabalhos com adubação em condições de cultivo protegido. Nesse sentido, Valenzuela & Romero (1996) estudaram a influência do N (180 kg ha<sup>-1</sup>) e do K (40 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados com fertirrigação na produção e nas exigências nutricionais do pimentão, e observaram diminuição no número, peso e rendimento dos frutos, para essas doses aplicadas ao solo. A dose de N que se relacionou com o maior rendimento de frutos de pimentão foi de 140 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com Morales Payan et al. (1998) também em cultivo protegido. Moura & Casali (1999) estudaram o efeito do P no comportamento do pimentão. A dose de 250 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo foi considerada a melhor para a produção de matéria seca da parte aérea, característica adequada para avaliar a eficiência do P em estudos genéticos.

Em condições de campo, doses de até 224 kg ha<sup>-1</sup> de N estiveram relacionadas com a alta produção de matéria seca e produtividade do pimentão (Locascio

et al., 1985), assim como doses de K (180 kg ha<sup>-1</sup>) estimularam o crescimento e a produção do pimentão, de acordo com Gollifer (1993).

Na prática, a aplicação excessiva de fertilizantes pode levar a uma salinização do solo e a problemas de absorção de água e nutrientes. De acordo com Guines et al. (1996), uma concentração de sais correspondente a 9.500 μS cm<sup>-1</sup> foi considerada altamente salina para pimentão.

Sabe-se que existe uma relação entre teor de nutrientes no solo, teor nas folhas e produção. De acordo com Swiader & Morse (1982), folhas de pimentão com 4,6 g kg<sup>-1</sup> de P apresentavam sintomas visíveis de toxidez, enquanto 2,8 g kg<sup>-1</sup> de P nas folhas relacionavam-se com as mais altas produções, em condições de campo. Já Lorenz & Vittum (1980) relataram ser o teor deficiente em P no pecíolo de folhas expandidas de 2,0 g kg<sup>-1</sup> e ser o nível suficiente de 4,0 g kg<sup>-1</sup>. Foi observado que, no florescimento, os teores foliares de P podem variar entre 1,5 e 2,5 g kg<sup>-1</sup> do peso da matéria seca.

De acordo com Hassan & Hamlan (1994), a aplicação de K resultou em maiores teores foliares desse nutriente em pimenta (chilli), sem alterar as concentrações (g kg<sup>-1</sup>) de N, P, e Ca, que foram, no início da frutificação, respectivamente, de 40,5; 6,9 e 31,0 para 132 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado. O teor de K (g kg<sup>-1</sup>), para a mesma dose, foi de 43,2 g kg<sup>-1</sup>. As concentrações de nutrientes nas folhas e caules determinadas por Hegde (1989), aos 67 dias do transplante, em plena frutificação, foram (g kg<sup>-1</sup>): N = 52,3 e 20,2; P = 8,1 e 4,6; K = 48,8 e 30,7; Ca = 38,1 e 16,2; Mg = 23,8 e 16,5.

O pimentão apresentou maior exigência nutricional nos estádios reprodutivos (Miller et al., 1979). Segundo os autores, maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg nas plantas ocorreu no início do aparecimento dos primeiros frutos.

De acordo com Hegde (1988), a absorção dos nutrientes aumentou significativamente com o N aplicado (doses entre 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup>, aplicados no início do plantio e após 30 dias), tendo sido as quantidades encontradas na planta inteira (kg ha<sup>-1</sup>), ao final do ciclo de cultivo de N - 55,5; P - 13,2; K - 73,1; Ca - 22,3, Mg - 20,9. De acordo com o mesmo autor, o máximo de absorção correspondeu a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N e resultou em um máximo de matéria seca produzida, assim como um máximo número, peso e produção de frutos. Por outro lado, o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pode ter um efeito antagônico com outros ânions, como o cloreto, provocando a diminuição do elemento absorvido.

Gomes et al. (1996) encontraram diminuição nos teores de cloreto no pimentão, em função da adubação nitrogenada, enquanto a adubação potássica (KCl) teve um efeito inverso, aumentando o cloreto nas plantas.

Os teores de cloreto requeridos pelo pimentão, para um ótimo crescimento, de acordo com Marscher (1997), estão entre 0,2 e 0,4 mg g<sup>-1</sup> na matéria seca, e, em média, as plantas podem conter de 2 a 20 mg g<sup>-1</sup> do nutriente na matéria seca; os sintomas de toxidez manifestam-se, em plantas mais sensíveis, quando os teores estão entre 20 e 30 mg g<sup>-1</sup>. Mills & Jones (1996) referem-se a níveis de cloreto entre 0,05 e 0,2 mg g<sup>-1</sup>, comumente encontrados nas plantas.

Considerando a necessidade de mais informações sobre a nutrição do pimentão em condições controladas, objetivou-se, no presente trabalho, não só avaliar a influência do N e K na concentração e acúmulo de nutrientes nas folhas e plantas, mas também verificar o efeito da adubação na produção do pimentão e o efeito salino do KCl aplicado ao solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a influência do N e do K na nutrição do pimentão, cultivar Mayata, desenvolveu-se o experimento em ambiente protegido (casa de vegetação com telas laterais e área de 210 m<sup>2</sup>), no Núcleo Experimental, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), em Latossolo Vermelho mesoférrico (EMBRAPA, 1999).

A análise química do solo, amostrado em duas profundidades, apresentou, após correção, na camada de 0-20 cm : pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,7; matéria orgânica = 24,0 g dm<sup>-3</sup>; P resina = 199 mg dm<sup>-3</sup>; SO<sub>4</sub> = 250,7 mg dm<sup>-3</sup>; N = 1,8 g kg<sup>-1</sup>; K = 3,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 52,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 19,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 22,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 74,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T =

96,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% = 77. Na camada de 20-40 cm, os resultados foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,8; matéria orgânica = 24,0 g dm<sup>-3</sup>; P resina = 39 mg dm<sup>-3</sup>; SO<sub>4</sub> = 134,3 mg dm<sup>-3</sup>; N = 1,7 g kg<sup>-1</sup>; K = 3,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 27,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 14,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 34,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 45,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T = 79,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V% = 57. O método adotado seguiu a recomendação de Raij et al. (1987).

Aplicaram-se, de acordo com a análise do solo, quantidades relativas a 2,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, para corrigir a acidez e elevar o teor de Mg para 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e quantidade equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco curtido (Nagai et al., 1995). A caracterização do esterco (g kg<sup>-1</sup>), com base em umidade natural, foi: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 6,5; umidade total = 410; matéria orgânica total = 256; matéria orgânica compostável = 216; carbono orgânico = 120; N total = 5,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total = 5,1; K<sub>2</sub>O = 6,0; Ca total = 28,0; Mg total = 1,9; S total = 1,7; relação C/N = 24/1.

A adubação mineral foi feita sete dias antes do transplante das mudas, colocando-se, nos sulcos de plantio, 60 g m<sup>-2</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 mg m<sup>-2</sup> de B e 240 mg m<sup>-2</sup> de Zn, nas formas de superfosfato simples, bórax e sulfato de zinco. As mudas foram transplantadas em 01/11/96, 50 dias após a semeadura. As adubações, nitrogenada (uréia) e potássica (cloreto de potássio), foram iniciadas 13 dias após o transplante e foram parceladas em seis vezes, entre o período de 13/11/96 a 24/01/97. O período de aplicação dos adubos em cobertura não acompanhou o ciclo da cultura, pois se considerou a alta retenção dos cátions no solo, decorrente da sua textura e do teor de matéria orgânica.

Os tratamentos compreenderam uma testemunha sem N e K e as combinações, em esquema fatorial, de três doses de N (13,3; 26,6 e 39,9 g m<sup>-2</sup>) e três doses de K (5,5; 11,1 e 16,6 g m<sup>-2</sup>), totalizando 10 parcelas. As doses intermediárias de N e K foram aplicadas de acordo com resultados da análise do solo, seguindo recomendação de Boaretto (1986) e Raij et al. (1996). Os adubos foram aplicados ao lado das plantas, nas duas linhas de cada canteiro, logo abaixo dos gotejadores.

A água usada na irrigação foi a mesma que abastecia a fazenda, com uma condutividade elétrica média de 400 µS cm<sup>-1</sup>, e os gotejadores (barras de plástico achatadas e perfuradas), foram colocados ao lado das linhas de plantio, seguindo o comprimento das parcelas. O volume de água esteve entre a umidade mínima necessária para o pimentão e a umidade na capacidade de campo, considerando a área da parcela e a profundidade do sistema radicular. O volume de água mínimo limitante para o pimentão, para um potencial matricial (ψ) igual a -11 kPa, foi calculado na curva de retenção de água pelo solo (Wosten & Genuchten, 1988), sendo de 0,210 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> (proporção água/solo). A capacidade máxima de retenção de água foi obtida experimentalmente, de acordo com Pereira (1995).

O tempo de irrigação das parcelas foi calculado conforme a vazão dos gotejadores e o volume de água necessário. A vazão média dos gotejadores foi de 394 mL, por planta, a cada 15 min ou 17,4 L de água, por parcela por hora. O potencial matricial, correspondente às umidades, foi lido em tensiômetros instalados no solo, nas profundidades de 20 e 40 cm, no início, meio e final da estufa; a leitura nos tensiômetros serviram de base para estabelecer a frequência de irrigação, variando, conforme o ambiente interno da estufa (temperatura e umidade), de um a três dias. Os cálculos do ( $\psi$ ), relativo à umidade na capacidade de campo, seguiram Wosten & Genuchten (1988).

Para a coleta das raízes, adotou-se o método de Bohn (1979), com algumas modificações introduzidas pelo Centro de Ecofisiologia e Biofísica do IAC, e utilizou-se trado específico, com volume de 407 cm<sup>3</sup>. O peso do solo úmido correspondeu, em média, a 500 g, com umidade entre 25 e 30%, dependendo do dia de coleta. As raízes foram coletadas logo abaixo da linha de gotejo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Foram feitas duas amostragens por planta, utilizando três plantas por parcela. O trado foi colocado a uma distância de 10 cm do caule da planta. Os tratamentos amostrados foram aqueles onde o menor nível de N estava combinado com o menor e com o maior nível de K, bem como a combinação entre as doses máximas dos nutrientes. O mesmo procedimento foi adotado para a escolha dos tratamentos com níveis de K, além do controle.

O objetivo destes tratamentos foi verificar a limitação no crescimento das raízes por um possível efeito de salinidade do KCl, para altos níveis de K adicionado. A separação das raízes do solo foi feita por meio de dispersão em água e fracionamento do solo e pela suspensão e peneiramento das raízes (Fujimura et al., 1994). As raízes foram lavadas, secas sobre papel-toalha e fez-se a separação das impurezas, como raízes de ervas daninhas e material orgânico.

A condutividade elétrica foi determinada após a colheita dos frutos, utilizando-se uma proporção solo-água de 1:1 (50 g de solo e 50 mL de água deionizada). Após homogeneização e 24 h em repouso, a suspensão foi centrifugada por 20 min e lida em condutivímetro (Camargo et al., 1986).

Para determinar a condutividade elétrica (CE), foram amostrados os tratamentos relativos à duas doses de N (13,3 e 39,9 g m<sup>-2</sup>) e duas doses de K (5,5 e 16,6 g m<sup>-2</sup>), além do controle, sem os nutrientes, totalizando cinco parcelas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (3 x 3 + 1), com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. Cada parcela experimental foi composta de 11 plantas, dispostas em duas linhas, num total de 444 plantas. Foram consideradas úteis as sete plantas em posição central, ocupando, cada planta, uma área de 0,30 m<sup>2</sup>, para 0,50 m entre plantas e 0,60 m entrelinhas.

No início do florescimento, 50 dias do transplante, e no início da frutificação, 83 dias do transplante, retiraram-se folhas recém-maduras, considerando a terceira ou quarta folha a partir do ápice, para a determinação do teor de nutrientes. Foram retiradas de quatro a cinco folhas por planta de cinco a seis plantas por parcela.

Para avaliar a produção, foram colhidos os frutos recém-maduros ou no ponto de consumo, durante 34 semanas, totalizando 18 colheitas. Em cada colheita, os frutos foram medidos e pesados. Ao final do experimento, foram colhidas sete plantas por parcela, separando-se caule, folhas e frutos remanescentes. As amostras de folhas, caules e frutos, recém-maduros (parte aérea), após secagem em estufa a 65°C, até peso constante, foram moídas e analisadas para a determinação dos teores de macronutrientes de acordo com o método descrito por Bataglia et al. (1983), tendo a determinação do S seguido método proposto por Vitti (1989). Os frutos para a determinação dos teores de nutrientes, foram colhidos ao longo do ciclo, em quatro colheitas (cinco frutos por parcela, por colheita). O acúmulo dos nutrientes nos frutos foi calculado ao final do ciclo, de acordo com os teores determinados nas colheitas anteriores.

Para avaliar a produção de matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz, a concentração e o acúmulo de nutriente, assim como a produção de frutos, utilizou-se fatorial 3 x 3 (Gomes, 1987). Para avaliar a condutividade elétrica, utilizou-se fatorial 2 x 2. Para as mesmas variáveis, utilizou-se o teste de Dunnett bilateral a 5% para comparar a testemunha com os demais tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teores de nutrientes nas folhas

Os teores médios foliares de nutrientes (g kg<sup>-1</sup>), determinados em folhas recém-maduras de pimentão, no início do florescimento, foram, em média: N = 54,3; P = 2,3; K = 64,9; Ca = 10,4; Mg = 5,3; S = 4,2 e, no início da frutificação, foram, em média, de N = 48,7; P = 2,7; K = 66,8; Ca = 15,4; Mg = 7,0; S = 4,4. Os tratamentos não influenciaram, de forma significativa, os teores de nutrientes nas folhas do pimentão.

Comparados com os teores foliares, citados por Reuter & Robison (1997), concluiu-se que a cultura esteve adequadamente suprida de nutrientes, exceto para o P, que se encontrava próximo ao nível crítico. Esses autores consideraram adequados ou suficientes, para plantas no início do florescimento, teores médios (g kg<sup>-1</sup>) entre: N = 40,0-60,0; P = 3,5-10,0; K = 40,0-60,0; Ca = 10,0-25,0; Mg = 3,0-10,0. Teores semelhantes foram reportados por Mills & Jones (1996), em plantas produzindo os primeiros frutos: N = 35,0 a 50,0; P = 2,2 a 7,0; K = 35,0 a 45,0; Ca = 13,0 a 28,0; Mg = 2,5 a 12,0.

A aplicação de altas doses de K (16,6 g m<sup>-2</sup>) diminuiu significativamente a concentração de P nas folhas, quando a amostragem foi feita no início da frutificação (83 dias após o transplante). Doses de K, como KCl, de 16,6 g m<sup>-2</sup>, dificultaram a absorção de P, decorrente da menor produção de raízes (Quadro 1), provavelmente em razão do efeito salino do KCl. Após o aparecimento dos primeiros frutos, doses de 16,6 g m<sup>-2</sup> de K diminuíram significativamente o teor de S nas folhas, de 4,60 para 4,05 g kg<sup>-1</sup>, principalmente na dose intermediária de N, possivelmente pelo antagonismo entre sulfato e cloreto.

O N, K, Ca e Mg não tiveram diminuição na concentração foliar, até o início da frutificação, evidenciando maior crescimento da planta a partir desse estágio. Resultados semelhantes foram encontrados por Knavel (1977), em cultivo protegido, assim como Locascio & Alligood (1992), Hassan et al. (1993); Locascio & Stall (1994), em cultivo de campo, verificaram que a concentração foliar de N somente diminuiu a partir do aparecimento dos primeiros frutos, o que foi atribuído ao maior crescimento das plantas de pimentão a partir dessa época. Locascio & Fiskell (1979) relataram menores concentrações foliares de NPK com a adubação nitrogenada.

Hochmuth et al. (1988), em Martin e Palm Beach, Flórida, cultivando pimentão em condições de campo em solos mais arenosos, encontraram, em folhas recém-maduras, no início do florescimento, teores de K entre 57 e 72 g kg<sup>-1</sup>. Porém, somente depois de um mês das primeiras amostragens (início da frutificação) é que foram verificadas diminuições

significativas nas concentrações foliares de K, quando o nutriente foi aplicado no solo, provavelmente por causa do maior crescimento das plantas a partir dessa época.

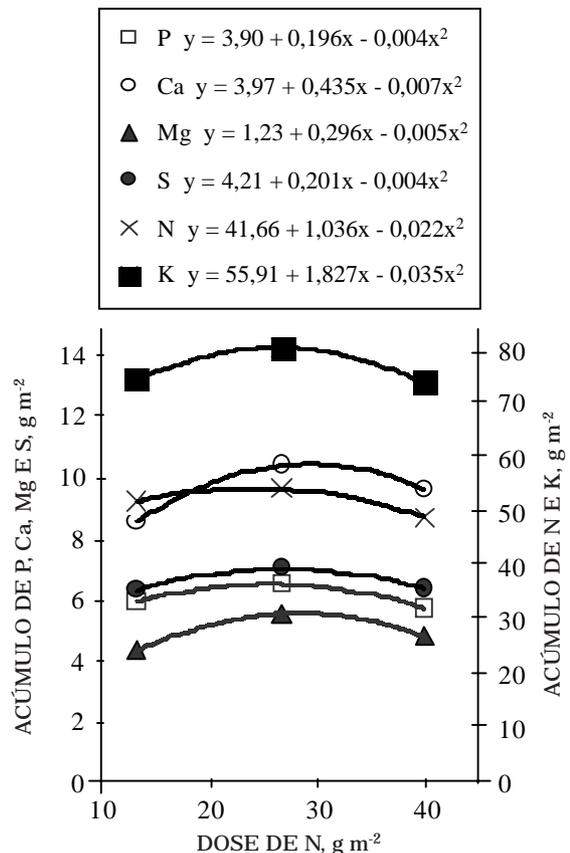
**Acúmulo de nutrientes nos órgãos da planta**

As adubações, nitrogenada e potássica, tiveram pouca influência nos teores de nutrientes nas folhas, porém influenciaram, de forma significativa, o acúmulo de nutrientes, ao final do ciclo de cultivo, após 34 semanas. Foi observado que a dose intermediária de N (26,6 g m<sup>-2</sup>), correspondente a 270 kg ha<sup>-1</sup>, comparativamente à testemunha, propiciou o maior acúmulo de nutrientes pela parte aérea do pimentão (caule + folhas e frutos) (Figura 1). Observou-se maior acúmulo de N, K e Ca, obedecendo a uma relação quadrática. Os resultados podem ser explicados pelo maior crescimento da planta e maior produção de matéria seca (Quadro 2). Doses de N maiores que 26,6 g m<sup>-2</sup> diminuíram os nutrientes acumulados, o que pode ter ocorrido pela inibição competitiva entre formas do N, decorrentes da transformação da uréia, com os cátions e ânions do solo.

**Quadro 1. Produção de matéria seca de raízes de pimentão submetido a doses de N (uréia) e K (KCl) em cobertura, em relação à testemunha, após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido**

N	K	Profundidade (cm)		
		0-10	10-20	20-40
g m <sup>-2</sup>		g por amostragem <sup>(3)</sup>		
0,0	0,0	0,37	0,22	0,04
13,3	5,5	0,59** <sup>(1)</sup>	0,42**	0,12**
13,3	16,6	0,45 <sup>ns(2)</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
39,9	5,5	0,54* <sup>(1)</sup>	0,40**	0,11*
39,9	16,6	0,49 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,09*
Média		0,49	0,31	0,08
C.V. (%)		17	17	31

<sup>(1)</sup> Diferenças significativas a 5% (\*) e 1% (\*\*). <sup>(2)</sup> Não-significativas, entre as médias dos tratamentos em relação à testemunha, pelo teste de Dunnett. <sup>(3)</sup> Peso da matéria seca da raiz de seis plantas por parcela.



**Figura 1. Acúmulo de nutrientes pela parte aérea do pimentão (caule, folhas e frutos), considerando a aplicação de N no solo, na dose de K de 5,5 g m<sup>-2</sup>, após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido.**

Thomas & Heilman (1967), trabalhando com o cultivar Yolo Wonder, Hegde (1988) e Locascio et al. (1985), com o cultivar California Wonder, e Crespo Ruiz et al. (1988), com o cultivar Cubanelle, observaram que doses de N maiores que  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  não influenciaram a quantidade de nutrientes acumulados pelo pimentão, ao final do ciclo de cultivo, que variou de nove a 14 semanas. Por outro lado, Olsen et al. (1993) encontraram, após 14 semanas do transplante, um máximo de nutrientes absorvidos, relacionados com 280 e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e K aplicados ao solo.

O N favorece o acúmulo de nutrientes, porque aumenta a produção de biomassa do pimentão, uma vez que estimula o crescimento vegetativo, como já demonstrado por muitos autores (Graifenberg et al., 1985; Hegde, 1987; Manchanda & Singh, 1988; Hassan et al., 1993; Mishriky & Alphonse, 1994).

Há algumas variações nos resultados sobre adubação e exigências nutricionais do pimentão encontrados na literatura. Assim, Rinchon et al. (1995), trabalhando com o cultivar Lamuyo, em ambiente protegido, observaram que a parte aérea acumulou ( $\text{g m}^{-2}$ ), respectivamente, 30; 3; 38; 12 e 6 de N, P, K, Ca e Mg, enquanto Graifenberg et al. (1985), também em ambiente protegido, encontraram um acúmulo dos mesmos nutrientes (g/planta), em dois cultivares, Yolo Wonder e Helder F1, respectivamente, de 6,7 e 10,0; 0,9 e 1,3; 8,3 e 12,5; 6,2 e 9,0 e 0,2 e 1,2. São muitos os fatores responsáveis pelas variações nos resultados, como, por exemplo a produtividade, associada ao número de semanas de cultivo, bem como o cultivar empregado e as condições de ambiente de cultivo.

A produção de frutos de pimentão, por outro lado, não esteve relacionada com o maior acúmulo de nutrientes. Em média, o número e a produção de frutos foram de 34,4 e  $6,07 \text{ kg m}^{-2}$ , independentemente dos níveis de N ou K aplicados. É possível que o alto teor de matéria orgânica ( $24,0 \text{ g dm}^{-3}$ ) e o teor médio de K ( $3,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), iniciais do solo, tenham contribuído para os resultados.

O K contribuiu para a absorção de nutrientes somente quando aplicado na menor dose ( $5,5 \text{ g m}^{-2}$ ), provavelmente pelo efeito salino do KCl, que diminuiu o crescimento das raízes (Quadro 1) e da parte aérea (Quadro 3), diminuindo, conseqüentemente, a absorção e o acúmulo de nutrientes (Figura 2).

O pimentão é uma cultura moderadamente sensível à salinidade (Cruciani, 1980). O efeito salino é determinado por meio da condutividade elétrica (CE) da solução do solo. Nesse caso, observou-se que a aplicação de KCl na dose de  $16,6 \text{ g m}^{-2}$  relacionou-se com altos valores de CE (Figura 3), como  $1.000$  e  $1.300 \mu\text{S cm}^{-1}$  a 20 e 40 cm de profundidade.

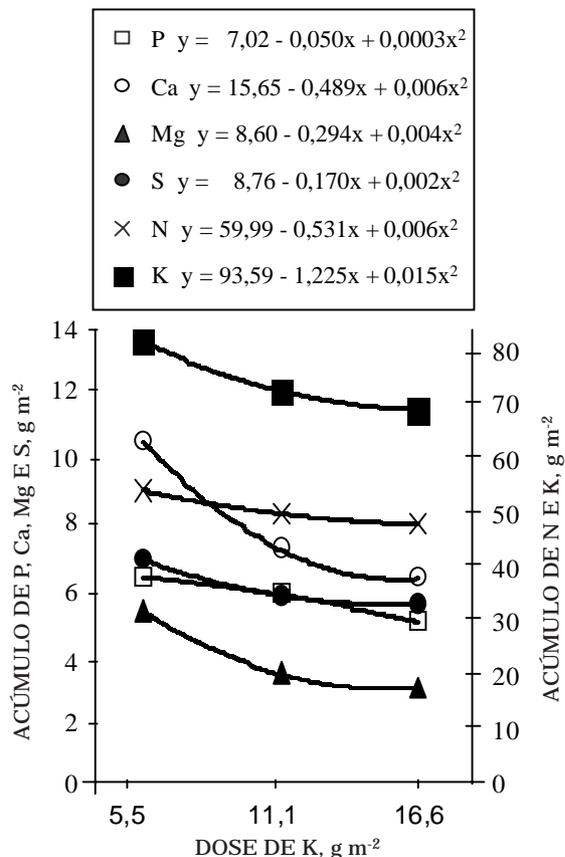
Plantas de pimentão crescidas em concentrações de KCl crescentes entre  $4.000$  e  $10.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , tiveram diminuição no crescimento e diminuição do tamanho e peso dos frutos, provavelmente decorrente do aumento da força iônica na solução nutritiva. O caule acumulou mais assimilados que os frutos, havendo menor consumo de água; as folhas apresentaram diminuição do potencial hídrico e os frutos tiveram comprometimento da sua firmeza (Tadesse et al., 1999). Os mesmos autores relacionaram o aumento da salinidade do KCl, em solução nutritiva, após 10 semanas do florescimento,

**Quadro 2. Produção de matéria seca das plantas de pimentão submetidas a doses de N (uréia), após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido**

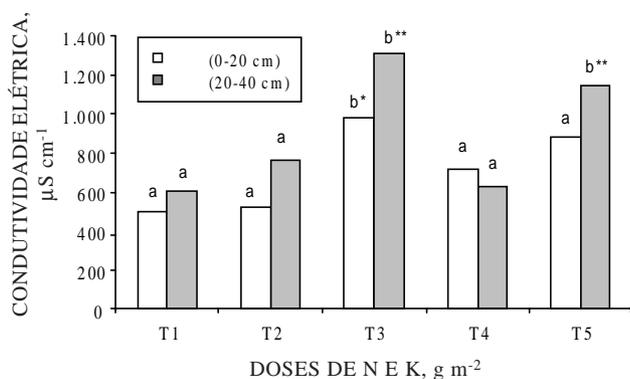
Matéria seca na planta	Equação	R <sup>2</sup>
Caule	$Y = 0,230892 + 0,0012012 x$	0,82
Folha	$Y = 0,110478 + 0,0008058 x$	0,72
Caule + Folha	$Y = 0,341356 + 0,0020076 x$	0,78

**Quadro 3. Produção de matéria seca das plantas de pimentão, submetidas a doses de K (KCl), após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido**

Matéria seca na planta	Equação	R <sup>2</sup>
Caule	$Y = 0,509142 - 0,0174265 x + 0,00026328 x^2$	1,00
Folha	$Y = 0,193694 - 0,0023179 x + 0,91$	0,91
Caule + Folha	$Y = 0,760367 - 0,0249271 x + 0,00036056 x^2$	1,00



**Figura 2. Acúmulo de nutrientes pela parte aérea do pimentão (caule, folhas e frutos), considerando a aplicação de K no solo, na dose de N de 26,6 g m<sup>-2</sup>, após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido.**



**Figura 3. Condutividade elétrica do solo cultivado com pimentão, após 34 semanas, considerando a profundidade de amostragem e as doses de N e K aplicadas ao solo. Para a mesma profundidade, barras seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Dunnett a 5 (\*) e 1 (\*\*)%.** T1- testemunha sem N e K; T2- N = 13,3 e K = 5,5 g m<sup>-2</sup>; T3 - N = 13,3 e K = 16,6 g m<sup>-2</sup>; T4 - N = 39,9 e K = 5,5 g m<sup>-2</sup>; T5 - N = 39,9 e K = 16,6 g m<sup>-2</sup>.

**Quadro 4. Teores de cloro em plantas de pimentão, submetido a doses de N (uréia) e K (KCl) em cobertura, após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido**

N e K	Caule	Folha	Fruto
	mg kg <sup>-1</sup>		
g m <sup>-2</sup>			
N 13,3	5.140	8.050	4.302
26,6	4.810	7.160	4.036
39,9	4.480	7.270	3.860
K 5,5	4.630	7.360	3.775
11,0	5.060	7.680	4.022
16,6	4.740	7.430	4.400
F (N) linear	*	ns	*
F (K)	ns	ns	*
C.V. (%)	13,9	24,5	9,5

<sup>(1)</sup> Diferenças significativas a 5% (\*), entre as médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey.

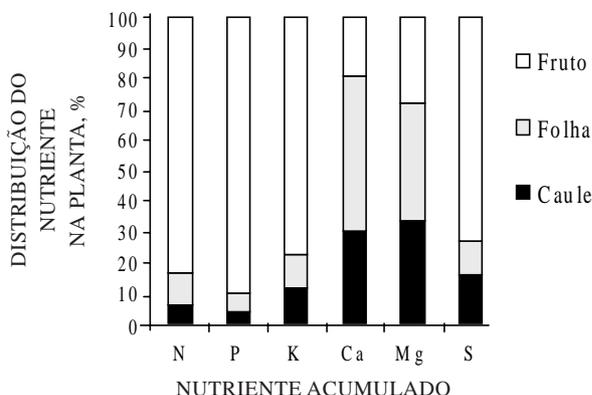
com a diminuição na concentração de Ca e Mg e aumento na concentração de K nos frutos, considerando a redução do tamanho e peso do pimentão. Richter et al. (1999) encontraram efeito salino para pimentão, em valores de condutividade elétrica menores que 1.460 μS cm<sup>-1</sup>, causando redução no tamanho e rendimento dos frutos.

O efeito do KCl no aumento da CE e na salinidade do solo com pimentão foi relatado por Bernstein & Francois (1975), após nove semanas de cultivo.

Observou-se que os teores de Cl na parte aérea do pimentão (Quadro 4) estão acima dos teores requeridos para o ótimo crescimento da cultura, de acordo com Marschner (1997). Os teores no caule e folhas estão abaixo dos teores referidos por Sziklai et al. (1988), enquanto os frutos tiveram concentrações semelhantes do nutriente encontrado no presente trabalho. Ainda, as altas quantidades de Cl absorvidas pelo pimentão não causaram sintomas de toxidez visíveis nas folhas, embora, de acordo com Silva et al. (1999), a produção tenha diminuído de 39 para 32 frutos m<sup>-2</sup> e o rendimento diminuído de 6,8 para 5,7 kg m<sup>-2</sup>, quando o K, como KCl, foi aplicado na dose de 16,6 g m<sup>-2</sup>.

Os nutrientes acumulados nos frutos não tiveram influência da adubação nitrogenada, o que concorda com os resultados de Hochmuth et al. (1994), embora Locascio et al. (1985), Crespo Ruiz et al. (1988) e Olsen et al. (1993) tenham demonstrado o contrário. O pimentão acumulou nos frutos, em média (g m<sup>-2</sup>), 45,0; 5,7; 58,0; 1,9; 1,5; 4,8, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S.

Em relação ao total, o caule acumulou maior quantidade de Mg, Ca, S e K (33; 30; 16 e 11%, respectivamente); as folhas contribuíram mais com o Ca e Mg (51 e 39%, respectivamente); os frutos contiveram mais P, N, K e S (90; 84; 78 e 73%, respectivamente) (Figura 4).



**Figura 4. Distribuição percentual dos nutrientes acumulados na parte aérea do pimentão (caule, folhas e frutos), após 34 semanas de cultivo em ambiente protegido e aplicação de N e K ao solo.**

A distribuição dos nutrientes encontrada por Miller et al. (1979) foi de :N (21, 36 e 44%); K (25, 35 e 40%); P (38, 21 e 41%); Ca (29, 64 e 6%); Mg (34, 50 e 16%), respectivamente, para caules, folhas e frutos. As folhas apresentaram maior percentagem de Ca e Mg, enquanto os frutos continham mais N, P e K. O K distribuiu-se em partes iguais nos frutos e demais órgãos vegetativos. A distribuição dos nutrientes nos frutos concorda com Olsen et al. (1993) e nas folhas e frutos concorda com Miller et al. (1979).

Considerando as variações que ocorreram em trabalhos citados por outros autores, pode-se dizer que, de forma geral, os resultados de distribuição percentual de nutrientes nos diferentes órgãos da planta de pimentão encontrados neste trabalho concordam com os dados de literatura.

## CONCLUSÕES

1. As doses de N não afetaram a concentração dos nutrientes presentes em folhas recém-maduras, enquanto o K diminuiu a concentração de P e S, no início da frutificação.

2. O N aumentou a quantidade de nutrientes no caule, folhas e parte aérea, ao final do ciclo, quando aplicado na dose de 26,6 g m<sup>-2</sup>. O K ajudou na absorção de nutrientes, somente quando presente em baixas doses (5,5 g m<sup>-2</sup>) no solo.

3. Os nutrientes acumulados pelos frutos não foram influenciados pelos tratamentos e a produção dos frutos de pimentão não foram influenciados pela aplicação do N e K no solo.

4. O K como KCl, na dose de 16,6 g m<sup>-2</sup>, causou problemas de salinidade no solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro-Agrônomo Flávio Pagani de Castro e ao Sr. Assis Lopes dos Santos, pelo apoio nos trabalhos de campo, e ao Prof. Dr. Takashi Muraoka, pela amizade e ensinamentos, que muito contribuíram para a realização e êxito deste trabalho.

## LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, Campinas, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BERNSTEIN, L.; FRANCOIS, E. Effects of frequency of sprinkling with saline water compared with daily drip irrigation. *Agron. J.*, 67:185-190, 1975.
- BOARETTO, A.E. Análise química de terra e recomendação de calagem e adubação para as principais culturas do estado de São Paulo. Botucatu, Fundação de Estudos Agrícolas e Florestais, 1986. 50p. (Boletim Didático, 2)
- BOHN, W. Methods of studying root systems. Berlin, Springer-Verlag, 1979. 189p.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J. M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986, 93p. (Boletim Técnico, 106)
- CRESPO RUIZ, M.; GOYAL, M.; BAEZ, C.C. & RIVIERA, L.E. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. *J. Agr. Univ. Puerto Rico*, 72:575-585, 1988.
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo, Nobel, 1980. 333p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- FUJIMURA, M.; KURACHI, S.A.H.; ARRUDA, F.B. & PIRES, R.C.M. A técnica de estudo de raízes pelo método do trado. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1994. 10p. (Boletim Técnico, 153)
- GOLLIFER, D.E. Effects of applications of mulch and potassium on *Capsicum annuum*. Papua New Guinea *J. Agric. Forest. Fish.*, 36:22-29, 1993.
- GOMES, F.P. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1987. 162p.
- GOMES, I.; PEDRENÔ, J.N.; MORAL, R.; IBORRA, M.R.; PALACIOS, G. & MATRIX, J. Salinity and nitrogen fertilization affecting the macronutrient content and yield of sweet pepper plants. *J. Plant Nutrit.*, 19:353-359, 1996.

- GRAIFENBERG, A.; PETSAS, S. & LENZI, I. Crescita e asportazione degli elementi nutritivi nel peperone allevato in serra fredda. *Colt. Prot.*, 12:33-38, 1985.
- GUINES, A.; INAL, A. & ALPASLAN, M. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *J. Plant Nutr.*, 19:389-396, 1996.
- HASSAN S.A. & RAMLAN, Z. A. Influence of potassium fertilizer and mulching on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum L.*). *Acta Hortic.*, 369:311-318, 1994.
- HASSAN, S.A.; GERBER, J.M. & SPLITTSTOESSER, W.E. Growth and yield potential of green pepper as affected by nitrogen at transplanting. *Pert. J. Trop. Agric. Sci.*, 16:101-105, 1993.
- HEGDE, D.M. Irrigation and nitrogen requirement of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Ind. J. Agr. Sci.*, 58:668-672, 1988.
- HEGDE, D.M. Effect of soil moisture and nitrogen on plant water relations, mineral composition and productivity of bell pepper (*Capsicum annuum L.*). *Ind. J. Agric.*, 34:30-34, 1989.
- HEGDE, D.M. Growth analysis of bell pepper (*Capsicum annuum L.*) in relation to soil moisture and nitrogen fertilization. *Sci. Hortic.*, 33:179-187, 1987.
- HOCHMUTH, G.J.; SHULER, K.; HANLON, E. & ROE, N. Pepper response to fertilization with soluble and controlled release potassium fertilizers. *Proc. Fla. St. Hortic.*, Soc.107:132-139, 1994.
- HOCHMUTH, J.G.; SHULER, K.D.; GILREATH, P.R. & MITCHELL, R.L. Field testing of revised Mehlich-1 predicted potassium fertilizer recommendation for mulched pepper. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Ann. Proc.*, 47:30-35, 1988.
- KNAVEL, D.E. The influences of nitrogen on pepper transplant growth and yielding of plants grown with different levels of soil nitrogen. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 102:533-535, 1977.
- LOCASCIO, S.J. & FISKELL, J.G.A. Pepper response to sulphur-coated urea, mulch and nitrogen rate. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 92:112-115, 1979.
- LOCASCIO, S.J. & ALLIGOOD, M.R. Nitrogen and potassium source and N-rate for drip-irrigated pepper. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 105:323-325, 1992.
- LOCASCIO, S.J.; FISKELL, J.G.A.; GRAETZ, P.A. & HAUCK, R.D. Nitrogen accumulation by pepper as influenced by mulch and time of fertilizer application. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 110:315-318, 1985.
- LOCASCIO, S.J. & STALL, W.M. Bell pepper yield as influenced by plant spacing and row arrangement. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 119:899-902, 1994.
- LORENZ, O.A. & VITTUM, M.T. Phosphorus nutrition of vegetables crops and sugar beets. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C. & KAMPRATH, E.J., eds. *The role of phosphorus in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.737-762.
- MANCHANDA, A.K. & SINGH, B. Effect of plant density and nitrogen on growth and fruit yield of bell pepper (*Capsicum annuum L.*). *Ind. J. Agr.*, 33:445-447, 1988.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1997. 889p.
- MILLER, C.H.; McCOLLUM, R.E. & CLAIMON, S. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annuum L.*) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 104:852-857, 1979.
- MILLS, H.A. & JONES Jr., B. *Plant analysis handbook: II. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens, MicroMacro Publishing, 1996. 422p.
- MISHRIKY, J.F. & ALPHONSE, M. Effect of nitrogen and plant spacing on growth, yield and fruit mineral composition of pepper (*Capsicum annuum L.*). *B. Fac. Agric. Univ. Cairo*, 45:413-431, 1994.
- MORALES-PAYAN, J.P.; SANTOS B.M.; STALL, W.M. & BECWICK, T.A. Interference of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) population densities on bell pepper (*Capsicum annuum*) yield influenced by nitrogen. *Weed Technid.*, 12:230-234, 1998.
- MOURA, W.D.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D. & LIMA, P.C. Genetic divergence of phosphorous nutrition efficiency in sweet pepper lines. *Pesq. Agropec. Bras.*, 34:217-224, 1999.
- NAGAI, H. Pimentão. In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P.; PIZZINATTO, M.A.; FURLANI, A.M.C.; BETTI, J.A.; MELLO, A.M.T. & MARIA, I.C., eds. *Instruções agrícolas para o estado de São Paulo*. 6.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1995. p.335-337. (Boletim, 200)
- OLSEN, J.K.; LYONS, P.J. & KELLY, M. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical Australia. *J. Plant. Nutr.*, 16:177-193, 1993.
- PEREIRA, E.C. Avaliação do crescimento e produtividade de pimentão cultivado em diferentes potenciais matriciais de água no solo, em condições de casa de vegetação. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 1995. 64p. (Tese de Mestrado)
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. 285p.
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. *Plant analysis: a interpretation manual*. 2.ed. Callingwood, CSIRO, 1997. 572p.
- RICHTER, C.; HEILIGTAG, B.; NAGIEB, M. & MUKHALLALATI, U. Salinity effect in grown and nutrient content of eggfruit (*Melongena solanum L.*) and sweet pepper (*Capsicum annuum L.*). *Tropenlandwirt*, 100:3-16, 1999.
- RINCHON, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E. & PELLICER, C. Crecimiento y absorcion de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod Prot. Veg.*, 10:47-49, 1995.

- SILVA, M.A.G.; BOARETTO, A.E.; MELO, A.M.T.; FERNANDES, H.G. & SCIVITTARO, W.B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. R. Sci. Agric., 56:1199-1207, 1999. (Suplemento)
- SIVIERO, P. & GALLERANI, M. La coltivazione del pepperone. Verona, Edizioni. L'informatore Agrario, 1992. 217p.
- SZIKLAI, I.L.; ÖRDÖGH, M.; MOLNÁR, E. & SZABÓ, E. Distribution of trace and minor elements in Hungarian spice paprika plants. J. Radioanal. Nuclear Chem., 122:233-238, 1988.
- SWIADER, J.M. & MORSE, R.D. Phosphorus solution concentration for production of tomate, pepper and eggplant in minesoils. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 107:1149-1153, 1982.
- TADESSE, T.; NICHOLS, M.A. & FISHER, K.J. Nutrient conductivity effects in sweet pepper using a nutrient film technique 1. Yield and fruit quality. New Zealand J. Crop Hortic. Sci., 27:229-237, 1999.
- TADESSE, T.; NICHOLS, M.A. & FISHER, K.J. Nutrient conductivity effects in sweet pepper using a nutrient film technique 2. Blossom-end rot and fruit mineral status. New Zealand J. Crop Hortic. Sci., 27:239-247, 1999.
- THOMAS, J.R. & HEILMAN, M.D. Influence of moisture and fertilizer on growth and N and P uptake by sweet peppers. Agron. J., 59:27-30, 1967.
- VALENZUELA, J.L. & ROMERO, L. Yield and optimum rate of nutrient in *Capsicum annum* cv Lamuyo. Python Intern. J. Exp. Bot., 58:63-75, 1996.
- VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e planta. Jaboticabal, FUNEP, 1989. p.??
- WOSTEN, J.H.M. & van GENUCHTEN, M. TH. Using texture and other soil properties to predict the unsaturated soil hydraulic functions. Soil Sci. Soc. Am. J., 52:1762-1770, 1988.