

DIAGNOSE DE DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES EM PIMENTEIRA-DO-REINO¹

CARLOS ALBERTO COSTA VELOSO², TAKASHI MURAOKA³, EURÍPEDES MALAVOLTA⁴ e JANICE GUEDES DE CARVALHO⁵

RESUMO - A pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) vem sendo cultivada, em sua maior parte, em áreas com solos de baixa fertilidade natural, caracterizadas por baixa saturação por bases e acidez elevada. Foi conduzido um experimento em solução nutritiva, com o objetivo de avaliar o efeito da omissão dos macronutrientes, no crescimento e na composição química das folhas da pimenteira-do-reino e obtenção do quadro sintomatológico das deficiências de N, P, K, Ca, Mg e S. Para isso, cultivaram-se mudas da cv. Bragantina em solução nutritiva completa, com omissão alternada de N, P, K, Ca, Mg e S. Após um período compreendido entre 40 e 140 dias, apareceram os sintomas de deficiência, devido à omissão dos nutrientes, sendo visualizados e identificados. A omissão de N foi o tratamento que mais afetou o desenvolvimento das plantas. Os nutrientes mais absorvidos foram o N e o K, seguindo-se, pela ordem decrescente, o Ca, Mg, P e S. Os teores de macronutrientes em g kg⁻¹ nas folhas, na presença e omissão do nutriente, foram, respectivamente: N=34,7 e 17,4; P=3,2 e 1,4; K=19,5 e 5,6; Ca=17,6 e 7,7; Mg=5,8 e 4,3; S=2,8 e 1,7.

Termos para indexação: *Piper nigrum*, nutrição, sintomas de deficiência, macronutrientes.

DIAGNOSIS OF MACRONUTRIENT DEFICIENCY IN BLACK PEPPER

ABSTRACT - Black pepper (*Piper nigrum* L.) is usually grown in soils of low natural fertility, and very acidic. The following experiment was carried out in order to gain information on the mineral nutrition of black pepper by inducing symptoms of deficiency of macronutrients. Young plants of the Bragantina cultivar were grown in nutrient solution under the treatments: complete, minus N, P, K, Ca, Mg and S. Symptoms of deficiency due to the omission of nutrients in the solution began to show up between 40 and 140 days after the experiment was started. Lack of N was the treatment with more drastic effect on growth. N and K were the elements taken up in higher proportion, being followed, in decreasing order, by Ca, Mg, P and S. Adequate and deficient leaf levels of the elements were found to be: N=34.7 and 17.4 g kg⁻¹, respectively; P=3.2 and 1.4 g kg⁻¹; K=19.5 and 5.6 g kg⁻¹; Ca=17.6 and 7.7 g kg⁻¹; Mg=5.8 and 4.3 g kg⁻¹; S=2.8 and 1.7 g kg⁻¹.

Index terms: *Piper nigrum*, nutrition, deficiency symptoms, macronutrient.

¹ Aceito para publicação em 20 de abril de 1998.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66095-100 Belém, PA.

³ Eng. Agr., Dr., USP-Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP.

⁴ Eng. Agr., Prof. Catedrático, USP-CENA.

⁵ Eng^a. Agr^a, Prof^ª Titular, Dep. de Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

INTRODUÇÃO

A pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma espécie perene, arbustiva e trepadeira, originária de regiões tropicais da Índia. Os frutos possuem alto valor comercial, na forma de pimenta-preta, pimenta-branca e pimenta-verde em conserva. Essa especiaria é empregada como condimento na alimentação, nas indústrias de carne e perfumaria (Maistre, 1969).

As principais áreas de produção dessa cultura no Brasil estão localizadas em regiões onde predominam os Latossolos caracterizados pela elevada acidez, baixa saturação por bases e, frequentemente, possuem Al

trocável, Mn e Fe em quantidades suficientemente altas para limitar o desenvolvimento das plantas (Falesi, 1972).

A diagnose visual de deficiências minerais em folhas de pimenteira, juntamente com o conhecimento dos teores de nutrientes, pode constituir uma técnica auxiliar na avaliação da necessidade de fertilizantes e corretivos. A técnica de cultivo de plantas em solução nutritiva tem permitido avanços no conhecimento da nutrição das plantas, por controlar mais adequadamente a composição do meio e eliminar a heterogeneidade e complexidade do solo. Existem numerosos trabalhos brasileiros utilizando esta técnica em culturas perenes (pupunha, cupuaçu, seringueira) semi-perenes e anuais, alguns deles muito recentes e que podem ser citados, embora sejam amparados nos trabalhos pioneiros de Epstein (1975).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da omissão dos macronutrientes, no crescimento e na composição química das folhas da pimenteira-do-reino e de obter o quadro sintomatológico das deficiências de N, P, K, Ca, Mg e S.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, USP, em Piracicaba, SP, no período de abril de 1991 a novembro de 1992.

Foram utilizadas mudas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*, L.), cultivar Bragantina, obtidas de estacas herbáceas com dois entrenós e providas de uma folha no nó superior, coletadas em área de plantio comercial no município de Mirassolândia, SP.

Após 120 dias do início do enraizamento, as mudas foram retiradas do substrato (solo), as raízes foram lavadas com jato de água de torneira, e, em seguida, imersas em água desmineralizada, para completar a limpeza. O material foi selecionado, procurando-se uniformizar, ao máximo, através da escolha de plantas com a parte aérea e o sistema radicular nas mesmas condições de crescimento. As mudas foram então transferidas para vasos de plástico com capacidade para 2,5 litros e fixadas na tampa pelo caule com espuma de plástico, usando-se uma planta por vaso.

Durante os primeiros 15 dias após o transplante, as plantas foram mantidas em solução nutritiva completa, diluída a 1/4 da concentração usual, recebendo nas duas semanas seguintes solução diluída a 1/2 e em seguida foram submetidas aos tratamentos com soluções nutritivas, nas quais se omitia um nutriente de cada vez, conforme Tabela 1 (Waard, 1969).

TABELA 1. Composição química da solução nutritiva (mL L⁻¹) modificada a partir de Waard (1969).

Solução estoque	Tratamento						
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
NH ₄ NO ₃ M	3	-	3	3	3	3	3
Ca(NO ₃) ₂ M	4	-	4	4	-	4	-
NaH ₂ PO ₄ M	1	1	-	1	1	1	1
Na ₂ SO ₄ M	-	-	-	-	-	2	-
MgSO ₄ M	2	2	2	2	2	-	-
KNO ₃ M	2	-	2	-	2	2	2
CaCl ₂ M	-	4	-	-	-	-	4
NaNO ₃ M	-	-	-	2	8	-	4
Mg(NO ₃) ₂ M	-	-	-	-	-	-	2
KCl M	-	2	-	-	-	-	-
Micro ¹	1	1	1	1	1	1	1
Fe-EDTA ²	5	5	5	5	5	5	5

¹ Para o preparo de 1 litro de solução de micronutrientes foram usados os seguintes reagentes analíticos: 5,72 g de H₃BO₃; 3,62 g de MnCl₂ · 7 H₂O; 0,44 g de ZnSO₄ · 7 H₂O; 0,24 g de CuSO₄ · 5 H₂O; 0,06 g de H₂MoO₄ · H₂O (Waard, 1969).

² Para preparar 1 litro de solução foram dissolvidos 33,2 g de EDTA (ácido etilenodiamino tetra acético) em 89,2 mL de NaOH N, misturando-se em seguida 24,9 g de FeSO₄ · 7H₂O; a solução foi arejada durante uma noite, sendo o volume completado para 1 litro com água destilada, conservando-se em frasco escuro na geladeira.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos em quatro repetições, sendo cada planta considerada uma unidade experimental.

O volume das soluções foi verificado diariamente e, quando necessário, completado com adição de água desmineralizada.

Durante a condução do ensaio, as soluções nutritivas foram renovadas a cada quinze dias e mantidas no pH $5,0 \pm 0,2$, pelo uso de NaOH ou HCl.

Evidenciados os sintomas de deficiência, procedeu-se à coleta do material, separando-se folhas, caule e raiz. O material (folhas, caule e raízes) coletado foi lavado e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura entre 60 e 70°C por cerca de três dias. Depois de secado, o material foi pesado, obtendo-se o peso da matéria seca de cada parte da planta. Posteriormente o material foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 20 malhas e acondicionado em saquinhos de papel para análises dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S.

As amostras do material vegetal foram analisadas para macronutrientes segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística segundo Pimentel-Gomes (1987). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiência

Pimenteiras cultivadas em solução nutritiva com omissão de N manifestaram os primeiros sintomas visuais de deficiência, 41 dias após o início dos tratamentos. As folhas velhas apresentaram coloração verde-amarelada, distribuindo-se uniformemente no limbo, no pecíolo e nas nervuras; posteriormente, a clorose tornou-se generalizada.

Com a evolução dos sintomas, cerca de 30 dias após o início dos tratamentos, as plantas paralisaram o crescimento com caules finos e cloróticos em relação ao tratamento completo. A partir desse período, o amarelecimento tornou-se mais acentuado. Estes sintomas são parcialmente semelhantes aos encontrados por Shorrocks (1979), em seringueira. No campo, segundo Waard (1969), a floração dessa espécie torna-se escassa, os frutos apresentam desenvolvimento lento, as folhas caem, a planta deixa de crescer, definha e morre.

O sintoma visual de deficiência de P foi um dos últimos a ser notado, iniciando-se aos 140 dias após a omissão desse nutriente. As plantas apresentaram caules finos e com recurvamento para cima das folhas mais novas e, posteriormente, das mais velhas; as folhas velhas eram pequenas e estreitas. Observou-se, também, a coloração verde-azulada com tons purpúreos na face superior do limbo, sendo ásperas ao tato. Nos estágios mais avançados, as plantas apresentaram-se menos desenvolvidas.

Há uma concordância geral na descrição desses sintomas com os observados por Wallace (1961), Waard (1969), Gorenz citado por Albuquerque & Conduru (1971) e Shorrocks (1979), em relação à cultura.

A deficiência de K começou a ser notada 122 dias após o início dos tratamentos. As folhas mais velhas apresentaram-se deformadas, com início de clorose no ápice e evoluindo para a base da mesma. Com o agravamento da clorose, observou-se o início de necrose nas margens e pontas das folhas mais velhas, e, logo a seguir, nas folhas novas; todas adquiriram consistência quebradiça. Os sintomas observados apresentam semelhança com os obtidos por Waard (1969), Wallace (1961) e Shorrocks (1979). Esses autores descreveram que com a evolução da deficiência ocorreu a queda das folhas da pimenteira antes da maturação completa.

A deficiência de Ca teve início 120 dias após a omissão desse nutriente. Inicialmente, observou-se um leve amarelecimento das folhas mais novas, havendo pequenas manchas necróticas na face superior das folhas mais velhas. Com o avanço da deficiência, surgiram manchas necróticas nas bordas das folhas. A parte basal mostrou uma coloração amarelo-pálida, com pequenas manchas necróticas, semelhantes a pequenas pontuações.

De acordo com Waard (1969), as folhas com sintomas severos de deficiência caem prematuramente. Por isso, muitas pimenteiras com deficiência de Ca, em fase de crescimento, podem possuir apenas folhas novas.

Os primeiros sinais de deficiência de Mg foram observados 104 dias após o início do tratamento. Inicialmente, as folhas mais velhas apresentaram amarelecimento e clorose internerval, com uma faixa estreita de tecido verde permanecendo ao longo das nervuras. A seguir, partes das margens apareceram necrosadas. No fim do cultivo, algumas folhas novas também apresentavam amarelecimento e clorose internerval.

Essas observações estão de acordo com as de Waard (1969) e Sim (1974). Em condições de campo, em pimentais adultos, Moraes (1968) observou a ocorrência de clorose, pouco evidente nas folhas novas, mas atingindo áreas progressivamente mais extensas nas folhas maduras, de coloração amarelo-limão brilhante, iniciando-se no ápice ou no meio. Há uma forte tendência à abscisão prematura das folhas, cujos sintomas se

acentuam com o desenvolvimento da frutificação; isto foi observado em condições de campo por Waard (1964).

Os sintomas de deficiência de S iniciaram-se por volta de 150 dias após a omissão desse nutriente, e os mais característicos apareceram nas folhas mais novas. Estas apresentaram coloração visualmente semelhante à das folhas do tratamento referente à omissão de N além de pequena necrose na extremidade. Segundo Shorrocks (1979), em seringueiras, na fase inicial as deficiências de N e S são semelhantes, e apenas a deficiência de S se faz presente, nos estádios iniciais, nas folhas mais novas. Nesse caso, há redução no crescimento e menor número de folhas, as quais apresentam gradativo amarelecimento por toda a área com posterior necrose na extremidade.

Produção de matéria seca

Como indicadores de crescimento, utilizaram-se os dados de produção de matéria seca das diferentes partes das plantas, em função dos tratamentos (Tabela 2).

TABELA 2. Produção média de matéria seca (g planta⁻¹) de folha, caule e raiz de pimenteira-do-reino¹.

Tratamento	Parte da planta			
	Folha	Caule	Raiz	Total
Completo	15,66a	14,98a	2,93a	33,57a
Omissão de N	4,04f	7,30c	1,94bc	13,28e
Omissão de P	7,68de	9,24bc	2,82a	19,74cd
Omissão de K	8,96cd	9,99bc	2,40ab	21,35bcd
Omissão de Ca	10,41bc	12,58ab	1,64c	24,63bc
Omissão de Mg	12,15b	12,33ab	2,04bc	26,52b
Omissão de S	5,80ef	10,51bc	2,58ab	18,88d
D.M.S. (5%)	2,30	3,54	0,68	5,27
C.V. (%)	10,80	13,99	12,73	10,16

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De maneira geral, todos os tratamentos com omissão de nutrientes apresentaram a produção de matéria seca total inferior à do tratamento completo, nas diferentes partes da planta.

O nutriente que mais limitou o crescimento da pimenteira foi o N, pois na sua ausência a produção de matéria seca total foi reduzida em até 60%, sendo as folhas as mais afetadas. O S e o P provocaram uma diminuição na produção de matéria seca total de 44% e 41%, respectivamente. O menor efeito foi observado com as ausências de Ca e Mg, embora todos os tratamentos tenham diferido significativamente do tratamento completo. A redução na produção de matéria seca total ocorreu na seguinte ordem decrescente: N > S > P > K > Ca > Mg.

A importância do N para produtividade da pimenteira também foi observada em condições de campo por Waard (1964) e Sim (1971). Segundo Epstein (1975), a ausência do N nas plantas provoca alterações no metabolismo, com conseqüentes prejuízos na produtividade.

Os efeitos da omissão de nutrientes foram heterogêneos quando se consideraram as diferentes partes da planta individualmente. A maior redução de produção de matéria seca de folhas e caule ocorreu na omissão do N, e de raízes, ocorreu nas omissões de N e do Ca, com 74% e 44%, respectivamente, diferindo significativamente em todos os casos da maior produção, observada no tratamento completo (Tabela 2).

No caule, o menor efeito observado foi devido às omissões de Ca e Mg, que levaram a produções de matéria seca semelhantes à do tratamento completo. Neste sentido, verificou-se a similaridade nos efeitos de deficiência de nutrientes na matéria seca das folhas e do caule.

Nas raízes, as omissões de Ca, N e Mg tiveram efeitos semelhantes na produção de matéria seca, diferindo do tratamento completo. Os tratamentos com omissão de K, S e P apresentaram comportamento semelhante, em relação à produção de matéria seca das raízes.

Efeito da omissão sobre a quantidade de macronutrientes

As quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S nas diferentes partes da planta, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 3. Verifica-se que todos os tratamentos com a omissão de um nutriente tiveram resultados geralmente inferiores aos observados com o tratamento completo.

A absorção de nutrientes pelas plantas obedeceu à seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > Mg > P > S.

TABELA 3. Teor (g kg⁻¹) e quantidade acumulada (mg planta⁻¹) de cada nutriente nas folhas, caule e raízes da pimenteira-do-reino.

Tratamentos	Folha		Caule		Raiz	
	Teor	Quantidade acumulada	Teor	Quantidade acumulada	Teor	Quantidade acumulada
Omissão de N	17,40	70,30	17,10	24,83	18,10	35,11
Completo	34,70	543,40	26,00	389,48	30,80	90,24
Omissão de P	1,40	10,75	1,40	12,94	2,30	6,49
Completo	3,20	50,11	3,40	50,93	8,50	24,91
Omissão de K	5,60	50,18	10,70	106,79	4,20	10,08
Completo	19,50	305,37	19,30	289,11	14,40	42,19
Omissão de Ca	7,70	80,16	4,20	52,84	9,20	15,09
Completo	17,60	275,62	7,70	115,35	15,70	46,00
Omissão de Mg	4,30	52,25	2,40	29,59	2,70	5,51
Completo	5,80	90,83	3,20	47,94	3,20	9,38
Omissão de S	1,70	9,86	1,30	13,66	3,30	8,51
Completo	2,80	43,85	1,80	26,96	4,30	12,59

Concentração de macronutrientes

Os valores médios dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas diversas partes da planta, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 4. Verifica-se que a omissão de N ocasionou uma redução na concentração desse nutriente em todas as partes amostradas da planta, comparada com a do tratamento completo. Waard (1969) observou o mesmo fato em pimenteiros em Sarawak. No tratamento completo, a maior concentração ocorreu nas folhas, o que indica a alta mobilidade do elemento (Epstein, 1975).

Os maiores teores de N nas folhas, caule e raízes foram observados com a omissão de P, K, Ca e S, respectivamente, que diferiram significativamente do tratamento completo. Cibes & Samuels (1955) verificaram que a omissão de K aumentou de 22 para 33 g kg⁻¹ a concentração de N em folhas de cafeeiro. Richards & Berner (1954) relataram que plantas de arroz deficientes em K apresentaram elevada concentração de aminoácidos livres em seus tecidos. Paulsen & Harder (1968) constataram que plantas de trigo deficientes de Ca acumularam elevadas quantidades de nitrito e moderados teores de nitrato.

Gilbert (1951) relata que, em geral, as plantas deficientes em S apresentam elevados teores de N, o que confirma os dados obtidos no presente trabalho.

Com a omissão de P, observa-se a diminuição no teor do elemento nas partes da planta. Os maiores teores de P nas folhas foram observados com as ausências de N, K, e S. No caule, isto ocorreu na omissão de Ca, e nas raízes, na ausência de Mg e S, sendo superior ao das plantas sob tratamento completo. Resultados semelhantes foram obtidos por Waard (1969) em pimenta-do-reino cultivada em Sarawak. Cobra Neto et al. (1971) encontraram altos teores de P em plantas de feijão quando foram cultivadas na ausência de N. Tais resultados foram, também, encontrados em espinafre, por Maynard (1970), que observou aumento nos teores de P em plantas deficientes em K e em Ca.

O teor de K diminuiu em todas as partes da planta com a omissão desse nutriente (71,3% nas folhas, 44,5% no caule e 6,4% nas raízes). Observou-se, ainda, aumento da concentração de K no tratamento referente à omissão de N, nas folhas e caule, e, na ausência de P, Ca e S, nas raízes. Isso, possivelmente, pode ser explicado pela redução do peso da matéria seca desses tratamentos. Mengel et al. (1976) relatam que o K não influencia somente a translocação de compostos nitrogenados para os grãos, mas também exerce efeito positivo no seu transporte da raiz para a parte aérea.

TABELA 4. Teor médio de macronutrientes (g kg⁻¹) nas folhas, caules e raízes da pimenteira-do-reino, nos diferentes tratamentos¹.

Tratamento	Macronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
----- Folha -----						
Completo	34,70c	3,20c	19,50c	17,60c	5,80bc	2,80a
Omissão de N	17,40f	3,90ab	23,30a	18,90b	5,50c	2,70a
Omissão de P	33,00b	1,40d	21,30b	15,80d	5,70c	2,80a
Omissão de K	38,90a	4,20a	5,60e	21,50a	8,60a	2,80a
Omissão de Ca	26,60e	2,90c	15,50d	7,70e	6,90b	1,70c
Omissão de Mg	33,70cd	3,60b	21,80b	16,40d	4,30d	2,10b
Omissão de S	37,20b	4,20a	19,70c	19,70b	6,40bc	1,70c
D.M.S. (5%)	1,10	0,30	1,10	0,90	1,10	0,30
C.V. (%)	1,50	3,26	2,60	2,33	7,49	5,32
----- Caule -----						
Completo	26,00d	3,40b	19,30b	7,70a	3,20bc	1,80b
Omissão de N	17,10e	3,30b	21,40a	8,00a	2,90c	1,70bc
Omissão de P	25,30d	1,40c	20,00a b	6,40b	3,60b	1,80b
Omissão de K	32,10b	3,20b	10,70d	7,70a	4,60a	1,70bc
Omissão de Ca	34,30a	3,80a	11,30d	4,20c	4,50a	4,10a
Omissão de Mg	27,50c	3,10b	18,60bc	8,10a	2,40c	1,40bc
Omissão de S	26,80cd	3,10b	17,70c	7,50a	2,70c	1,30c
D.M.S. (5%)	1,40	0,30	1,40	0,80	0,60	0,40
C.V. (%)	2,31	4,82	3,43	4,73	7,24	7,70
----- Raiz -----						
Completo	30,80c	8,50c	14,60c	15,70b	3,20bc	4,30a
Omissão de N	18,10d	11,10b	15,60c	13,30c	3,50b	3,50ab
Omissão de P	30,60c	2,30d	17,60b	10,70e	3,10c	3,80ab
Omissão de K	33,40b	11,30b	4,20e	14,70b	4,20a	3,60ab
Omissão de Ca	31,50c	2,80d	21,80a	9,20f	4,50a	2,00c
Omissão de Mg	36,00a	12,70a	6,70d	19,60a	2,70d	3,80ab
Omissão de S	37,00a	13,00a	17,70b	12,00d	3,00cd	3,30b
D.M.S. (5%)	1,20	1,20	1,00	1,20	0,30	0,90
C.V. (%)	1,72	5,75	2,97	3,47	3,75	6,18

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não apresentam diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Maynard (1970), a deficiência de N elevou de 18 para 29 g kg⁻¹ o teor de K nas folhas de espinafre cultivadas em solução nutritiva. Para Ulrich & Ohki (1966), os níveis de K nas folhas das plantas em geral com exigência normal do nutriente, estão entre 7,00 g kg⁻¹ e 15,00 g kg⁻¹ do peso do material seco.

Waard (1969) encontrou nas folhas de pimenta-do-reino sem deficiência (33,80 g kg⁻¹) e com deficiência de K, teores de 19,90 g kg⁻¹ do nutriente, respectivamente, enquanto os teores observados neste trabalho foram de 19,5 g kg⁻¹ no tratamento completo e 5,6 g kg⁻¹ no tratamento com omissão de K. Essas diferenças poderiam ser atribuídas, provavelmente, às condições experimentais distintas, como, por exemplo, modificação da composição da solução nutritiva, e uso de cultivar diferente.

Quanto ao Ca, observa-se uma tendência ao aumento dos teores no caule quando se omitiram N, K, Mg, e S, que não diferiram significativamente do tratamento completo. Nas folhas e raízes, as maiores concentrações de Ca ocorreram nos tratamentos sob deficiência de K e Mg, respectivamente. Verifica-se, na Tabela 4, a redução no teor de Ca nas diversas partes da planta quando se omitiu esse nutriente da solução nutritiva, em comparação ao tratamento completo. Examinando ainda os dados da Tabela 4 e comparando-se os resultados das diferentes partes das plantas deficientes em Ca, observa-se que ocorreu maior acúmulo de Ca nas raízes, evidenciando a imobilidade desse nutriente, conforme citado por Epstein (1975), Malavolta (1980), Marschner (1986) e Mengel & Kirkby (1987). Comparando-se aos resultados descritos por Waard (1969), os teores médios de Ca obtidos no presente trabalho se mostram superiores.

A omissão de K promoveu o aumento do teor de Mg nas folhas; no caule e nas raízes, os maiores teores ocorreram nas omissões de Ca e do K. Esses resultados indicam a ocorrência da inibição competitiva do K na absorção de Mg, conforme citado por Epstein (1975). Verificou-se, também, redução no teor de Mg em todas as partes das plantas quando o Ca foi omitido da solução nutritiva. Resultados semelhantes foram observados por Amaral (1983) em seringueira, em que as folhas das plantas deficientes em N, Ca e S, apresentaram teores de Mg semelhantes aos do tratamento completo. A concentração de Mg encontrada nas folhas da pimenteira no tratamento completo foi de 5,80 g kg⁻¹, definida como adequada por Marschner (1986) e superior às obtidas por Waard (1969) em pimenteira-do-reino(4,5 g kg⁻¹).

Na Tabela 4, observa-se que as omissões de Ca e S prejudicaram os teores de S nas folhas das plantas, enquanto a ausência de Mg prejudicou os teores de S no caule. A absorção de S depende diretamente de sua concentração, e, indiretamente, das concentrações do cátion acompanhante, obedecendo à seguinte série em ordem crescente: Ca, Mg, Na, NH₄ e K (Malavolta, 1984).

Os teores de S nas folhas das plantas dos tratamentos com omissão de N, P e K foram semelhantes ao tratamento completo. No caule, o aumento no teor de S foi observado com a ausência de Ca e, nas raízes, nas omissões de N, P, K e Mg, que tiveram comportamento semelhante ao completo. Os valores obtidos neste trabalho, relativos aos teores de S nas folhas, caule e raízes das plantas sem deficiência, foram de 2,80 g kg⁻¹, 1,80 g kg⁻¹ e 4,30 g kg⁻¹ respectivamente, o que está de acordo com o teor adequado na maioria das culturas (Mengel & Kirkby, 1987). Nas plantas com deficiência de S, os teores apresentados foram de 1,70 g kg⁻¹, 1,30 g kg⁻¹ e 3,30 g kg⁻¹ nas folhas, caule e raízes, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. O N é o elemento cujo sintoma de deficiência é o primeiro a ser observado e o mais acentuado de todos; as deficiências de K e Mg são de fácil visualização; no entanto, o Ca e o S se manifestam com menor intensidade; o sintoma de deficiência de P é o mais difícil de ser observado visualmente.

2. A produção de matéria seca total das plantas é afetada em todos os tratamentos com omissão de nutrientes, obedecendo à seguinte ordem decrescente: N > S > P > K > Ca > Mg.

3. Os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pela pimenteira-do-reino são o N e o K, seguindo-se, pela ordem decrescente: Ca > Mg > P > S.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F.C. de; CONDURU, J.M.P. **Cultura da pimenta-do-reino na região amazônica**. Belém: IPEAN, 1971. 149p. (IPEAN. Fitotecnia, v.2, n.3).
- AMARAL, W. do. **Deficiências de macronutrientes e de boro em seringueira (*Hevea brasiliensis*, L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1983. 44p. Tese de Mestrado.
- CIBES, H.; SAMUELS, G. **Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees under controlled conditions**. Rio Piedras: University of Puerto Rico, Agricultural Experimental Station, 1955. 8p. (University of Puerto Rico Technical paper, 14).
- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas**; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA DO NORTE (Belém, PA). **Zoneamento agrícola da Amazônia** (1ª aproximação). Belém, 1972. p.17-67. (IPEAN. Boletim técnico, 54).
- GILBERT, F.A. The place of sulfur in plant nutrition. **The Botanical Review**, Bronx, v.17, n.9, p.671-691, 1951.
- MAISTRE, J. Las pimentas. In: MAISTRE, J. **Las plantas de especias**. Barcelona: Ed. Blume, 1969. p.123-208.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 91p. (Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Boletim técnico, 4).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**; princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.
- MAYNARD, D.N. The effects of nutrient stems on the growth and composition of spinach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.95, n.5, p.598-600, 1970.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MENGEL, K.; VIRO, M.; HEHL, G. Effect of potassium on uptake and incorporation of ammonium-nitrogen of rice plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.44, p.547-558, 1976.
- MORAES, V.H.F. Ocorrência de deficiência de magnésio em pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.) em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p.147-149, 1968.
- PAULSEN, G.M.; HARDER, J.E. Evidence for a role of calcium in nitrate assimilation in wheat seedlings. **Plant Physiology**, Washington, v.13, p.775-780, 1968.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- RICHARDS, E.J.; BERNER, E. Physiological studies in plant nutrition. XVII. A general survey of the free aminoacids of barley as affected by mineral nutrition with special reference to potassium supply. **Annals of Botany**, London, v.18, p.15-33, 1954.
- SHORROCKS, V.M. **Deficiências minerais em Hevea e plantas de cobertura associadas**. Brasília: SUDHEVEA, 1979. 76p.
- SIM, E.S. Dry matter production and major nutrient contents of black pepper (*Piper nigrum*, L.) in Sarawak. **Malaysian Agricultural Journal**, Kuala Lumpur, v.48, n.2, p.73-93, 1971.
- SIM, E.S. A nutrient survey of black pepper smallholdings in Sarawak. **Malaysian Agricultural Journal**, Kuala Lumpur, v.49, n.3, p.365-380, 1974.
- ULRICH, A.; OHKI, K. Potassium. In: CHAPMAN, H.D. (Ed.). **Diagnostic criteria for plants and soils**. Berkeley: University of California, Division of Agricultural Science, 1966. ch.24, p.444-475.
- WAARD, P.W.F. de. Pepper cultivation in Sarawak. **World Crops**, London, v.16, n.3, p.24-30, 1964.
- WAARD, P.W.F. de. **Foliar diagnosis, nutrition and yield stability of black pepper (*Piper nigrum*, L.) in Sarawak**. Amsterdam: Royal Tropical Institute, 1969. 149p. (Royal Tropical Institute. Communication, 58).
- WALLACE, T. **The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms**; a colour atlas and guide. 3.ed. London: Her Majesty's. Stationery Office, 1961. 125p.