

# DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES EM PIMENTEIRA-DO-REINO<sup>1</sup>

CARLOS ALBERTO COSTA VELOSO<sup>2</sup>, TAKASHI MURAOKA<sup>3</sup>, EURÍPEDES MALAVOLTA<sup>4</sup>e JANICE GUEDES DE CARVALHO<sup>5</sup>

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 de bases, alta saturação de alumínio e acidez elevada. Foi conduzido um experimento em solução nutritiva, com o objetivo de avaliar o efeito da omissão dos micronutrientes no crescimento e na composição química das folhas da pimenteira e obter o quadro sintomatológico das suas deficiências em B, Cu, Fe, Mn e Zn. Cultivaram-se mudas da cultivar Bragantina, em solução nutritiva completa, com omissão alternada de B, Cu, Fe, Mn e Zn. Após um período compreendido entre 70 e 130 dias, começaram a aparecer os sintomas de deficiência, em face da omissão dos nutrientes, que foram visualizados e identificados. A omissão de Fe foi o tratamento que mais afetou o desenvolvimento das plantas. Os nutrientes mais absorvidos foram o Fe e o Mn, seguindo-se, pela ordem decrescente, o Zn, B e Cu. Os teores de micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup> nas folhas, na presença e omissão do nutriente, foram, respectivamente: B, 34 e 17; Cu, 11 e 6; Mn, 100 e 31; Fe, 261 e 234; Zn, 53 e 16.

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

## MICRONUTRIENT 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 deficiency symptoms of B, Cu, Fe, Mn and Zn. Young plants of the Bragantina cultivar were grown in nutrient solution under the treatments: complete, alternated absence of B, Cu, Fe, Mn and Zn. Deficiency symptoms due to the omission of nutrients in the solution began to show up between 70 and 130 days after the experiment was started. Lack of Fe was the treatment with more drastic effect on growth. Fe and Mn were the elements taken up in higher proportion, being followed, in decreasing order, by Zn, B and Cu. Adequate and deficient leaf levels of the elements and mg kg<sup>-1</sup> were found to be respectively: B=34 and 17, Cu=11 and 6, Mn=100 and 31, Fe=261 and 234, Zn=53 and 16.

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

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 20 de abril de 1998.

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

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

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

<sup>4</sup> Eng. Agr., Prof. Catedrático, USP-CENA.

<sup>5</sup> Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>., Prof<sup>l</sup>. 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. Seus frutos possuem alto valor comercial na forma de pimenta-preta, pimenta-branca e pimenta-verde em conserva. Essa especiaria é utilizada como condimento na alimentação, indústrias de carne e perfumaria (Maistre, 1969).

As principais áreas de produção de pimenta-do-reino no Brasil estão localizadas em regiões caracterizadas por solos lixiviados, com baixa fertilidade natural e elevada acidez, limitando, assim, o desenvolvimento das plantas (Falesi, 1972).

As desordens nutricionais, quer sejam por deficiências ou excessos, causam diminuição na produção de qualquer cultura, e dentre elas, acredita-se que a pimenteira-do-reino não seja exceção. Essa diminuição na produção, em geral, precedida por sintomas visuais, mais evidentes nas folhas, pode estar comprometida mesmo antes da manifestação dos sintomas (Malavolta et al., 1989).

Quando a concentração de um nutriente no tecido vegetal desce abaixo do nível necessário para o crescimento ótimo, diz-se que a planta está deficiente. Além disso, os sintomas de deficiência de certo nutriente podem diferir de acordo com a cultura. Assim, o conhecimento da sintomatologia numa espécie fornece pouca ajuda para identificá-la em outra (Epstein, 1975).

Conduziu-se, em casa de vegetação, um experimento com plantas de pimenta-do-reino em solução nutritiva, com o objetivo de avaliar o efeito da omissão dos micronutrientes no crescimento e na composição química das folhas, e obter o quadro sintomatológico das deficiências de B, Cu, Fe, Mn e Zn.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com a solução nutritiva proposta por Waard (1969), 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.), da cultivar Bragantina, obtidas de estacas herbáceas com dois entrenós e providas de uma folha no nó superior, coletadas em uma área de plantio comercial no município de Mirassolândia, SP.

Após 120 dias do início do enraizamento, as mudas foram retiradas do substrato (solo), e as raízes, lavadas com jato de água de torneira e imersas em água destilada, para completar a limpeza. Em seguida, o material foi selecionado, procurando-se uniformizar ao máximo, através da escolha de plantas que apresentassem parte aérea e sistema radicular nas mesmas condições de crescimento. As mudas foram 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; nas duas semanas seguintes, receberam solução diluída a 1/2, para, em seguida, serem submetidas aos tratamentos com as soluções nutritivas nas quais se omitia um nutriente de cada vez (Tabela 1).

**TABELA 1. Composição química da solução nutritiva (mL L<sup>-1</sup>) modificada a partir de Waard (1969).**

Soluções estoque	Tratamento					
	Completo	-B	-Cu	-Fe	-Mn	-Zn
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> M	3	3	3	3	3	3
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> M	4	4	4	4	4	4
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> M	1	1	1	1	1	1
MgSO <sub>4</sub> M	2	2	2	2	2	2
KNO <sub>3</sub> M	2	2	2	2	2	2
Micro <sup>1</sup>	1	-	-	-	-	-
Fe-EDTA <sup>2</sup>	5	5	5	-	5	5
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	-	-	1	1	1	1
CuSO <sub>4</sub>	-	1	-	1	1	1
MnCl <sub>2</sub>	-	1	1	1	-	1
ZnSO <sub>4</sub>	-	1	1	1	1	-

<sup>1</sup> Para preparar 1 litro de solução de micronutrientes foram usados os seguintes reagentes analíticos: 5,72 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 3,62 g de MnCl<sub>2</sub> 7H<sub>2</sub>O; 0,44 g de ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O; 0,24 g de CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O; e 0,06 g de H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O (Waard, 1969).

<sup>2</sup> Para preparar 1 litro de solução foram dissolvidos 33,2 g de EDTA (ácido etilenodiamino tetra acético) em 9,2 mL de NaOH N, misturando-se em seguida 24,9 g de FeSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O; 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 estatístico utilizado foi em blocos casualizados, contendo seis tratamentos e quatro repetições, e cada planta era considerada uma parcela.

Diariamente verificava-se o volume das soluções, e, quando necessário, era completado com água desmineralizada.

Durante a condução do experimento, as soluções nutritivas eram renovadas a cada 15 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 coletado foi lavado e colocado para secar, em estufa com circulação forçada de ar, em temperatura de  $60-70^{\circ}\text{C}$ , por cerca de três dias. Depois de seco, o material foi pesado, obtendo-se, assim, o peso da matéria seca de cada parte da planta. Posteriormente, foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 20 malhas, e acondicionado em saquinhos de papel, para análise dos teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn.

Para a análise química, segundo método descrito por Malavolta et al. (1989), as amostras do material colhido foram digeridas em ácido nítrico e perclórico concentrados, e em seguida, os extratos foram utilizados para a determinação dos teores totais dos nutrientes Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. O boro foi determinado por colorimetria da azometina H.

Os dados obtidos do experimento foram submetidos à análise de variância, em relação a cada variável resposta, segundo Pimentel-Gomes (1987). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Sintomas de deficiência

Os primeiros sintomas de deficiência de B foram constatados a partir dos 130 dias após a omissão desse nutriente na solução nutritiva. Os sintomas caracterizaram-se por um amarelecimento partindo do centro para as pontas das folhas mais novas. Posteriormente, observou-se a formação de gemas terminais, com reduzido desenvolvimento, e de manchas escuras entre as nervuras e as margens das folhas. Algumas folhas mais novas apresentavam-se encurvadas para baixo e com aspecto de roseta.

Os sintomas descritos estão parcialmente de acordo com Wallace (1961), Shorrocks (1979) e Scaife & Turner (1983). Segundo Shorrocks (1979), a deficiência de B conduz a uma irregularidade na divisão celular, atingindo diretamente o meristema apical, tanto na raiz quanto no caule. Com relação às folhas, estas se apresentam retorcidas e com tamanho reduzido.

A deficiência de Cu começou a se manifestar aos 92 dias após o início dos tratamentos. O primeiro sinal foi o amarelecimento das folhas novas com coloração verde-pálida entre as nervuras. Com a intensificação do sintoma, as folhas apresentaram uma pequena distorção, ficaram estreitas, voltadas para baixo, com manchas necróticas nos bordos e tamanho reduzido em relação à folha sadia.

Os sintomas observados concordam com aqueles descritos por Shorrocks (1979) em seringueira. Segundo Malavolta (1980), as folhas mostram clorose que caminha da base para a ponta, ao longo da nervura principal. Segue-se o aparecimento de manchas aquosas e amareladas na lâmina, e, finalmente, ocorre a queda das folhas.

A deficiência de Fe teve o início observado aos 70 dias após a omissão desse nutriente. Inicialmente, observou-se clorose generalizada nas folhas novas, semelhante à deficiência de Mn. Com a evolução do sintoma, a folha apresentou coloração amarelo-pálida e esbranquiçada. Houve redução no crescimento da planta em relação ao tratamento completo.

Os sintomas descritos estão parcialmente de acordo com Shorrocks (1979) em seringueira. Segundo Gorenz, citado por Albuquerque & Conduru (1971), pimenteiras cultivadas no campo apresentam-se com folhas amareladas, conservando o verde vivo nas nervuras.

Os primeiros sinais de deficiência de Mn foram observados 89 dias após o início do tratamento. Inicialmente, observou-se o amarelecimento das folhas novas com faixas de tecido verde circundando a nervura mediana e as nervuras principais, com alguma semelhança à deficiência de Mg. À medida que houve aumento da deficiência, a folha tornou-se mais amarela, e, em seguida, esbranquiçada, com necrose na ponta ou no bordo e com pequena redução no tamanho.

Os sintomas descritos são semelhantes aos relatados por Malavolta et al. (1989) em cafeeiros.

Os sintomas de deficiência de Zn tiveram início por volta de 95 dias após a omissão desse nutriente. O sintoma característico foi observado nas folhas novas, com uma lâmina muito reduzida na largura, em relação ao comprimento, ou seja, folhas estreitas e alongadas. Ocorreu também clorose generalizada da folha, e na planta foi observada a redução dos internódios.

Os sintomas descritos assemelham-se parcialmente aos descritos por Shorrocks (1979) em seringueira, e por Malavolta (1980), em cafeeiros e citros.

### Produção de matéria seca

Como indicadores de crescimento, utilizaram-se os dados de produção da matéria seca das diferentes partes das plantas, de acordo com os tratamentos (Tabela 2).

**TABELA 2. Produção média de matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) de folha, caule e raiz de pimenteira-do-reino<sup>1</sup>.**

Tratamento	Parte da planta			
	Folha	Caule	Raiz	Total
Completo	15,66a	14,98a	2,93a	33,57a
Omissão de B	6,06c	9,29bc	1,86b	17,20bc
Omissão de Cu	6,58bc	8,17bc	2,36ab	17,11bc
Omissão de Mn	8,83bc	9,66b	2,30ab	20,79b
Omissão de Fe	5,08c	6,35bc	2,40ab	13,83c
Omissão de Zn	6,05c	5,75c	2,54ab	14,34c
D.M.S. (5%)	2,25	3,35	0,69	5,01
C.V. (%)	11,42	13,93	12,02	10,12

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

Todos os tratamentos com omissão de nutrientes foram inferiores ao completo, com relação à produção de matéria seca total e das diferentes partes da planta.

Os nutrientes cuja omissão mais limitaram o crescimento da pimenteira foram o Fe, Zn, Cu e o B, provocando uma diminuição na produção de matéria seca total de 59%, 57%, 49% e 48%, respectivamente. O menor efeito foi observado na ausência de Mn, embora todos os tratamentos tenham diferido significativamente do tratamento completo. A redução na produção de matéria seca total ocorreu na seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Cu > B > Mn.

Os efeitos da omissão de nutrientes não ocorreram de forma homogênea, quando se consideraram as partes da planta individualmente. A maior redução na produção de matéria seca total aconteceu na omissão de Fe com 59%, diferindo significativamente do tratamento completo.

A omissão de Fe, Zn e B proporcionaram diminuições semelhantes na produção de matéria seca das folhas. O menor efeito depressivo no peso das folhas foi observado na ausência de Mn e diferiu significativamente do tratamento completo.

No caule, a omissão de Fe e Cu teve efeito similar à omissão de Zn. O menor efeito observado foi devido à omissão de B e Mn, embora as produções de matéria seca tenham diferido do tratamento completo e tenham sido estatisticamente semelhantes ao tratamento com Zn. Nesse sentido, verificou-se similaridade de efeitos da deficiência de nutrientes na produção de matéria seca das folhas e do caule.

Nas raízes, a omissão de B provocou maior redução na produção de matéria seca, diferindo do tratamento completo. Os tratamentos com omissão de Cu, Fe e Zn apresentaram comportamentos semelhantes, que foram, porém, estatisticamente similares ao efeito do B.

### Efeito da omissão sobre a quantidade de micronutrientes

As quantidades de B, Cu, Mn, Fe, e Zn nas diferentes partes da planta, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 3. Verifica-se que todos os tratamentos nos quais se omitiu um nutriente, nas diversas partes das pimenteiças, tiveram resultados geralmente inferiores quando comparados aos do tratamento completo.

A absorção de micronutrientes pelas plantas obedeceu à seguinte ordem decrescente: Fe > Mn > Zn > B > Cu.

**TABELA 3. Teor (mg kg<sup>-1</sup>) e quantidade acumulada (mg planta<sup>-1</sup>) do nutriente omitido nas folhas, caule e raízes da pimenteira-do-reino.**

Tratamento	Folha		Caule		Raiz	
	Teor	Quantidade acumulada	Teor	Quantidade acumulada	Teor	Quantidade acumulada
Omissão de B	17	103,02	12	111,48	23	42,78
Completo	34	532,44	17	254,66	38	111,34
Omissão de Cu	6	39,48	7	57,19	27	63,72
Completo	11	172,26	14	209,72	68	199,24
Omissão de Mn	31	273,73	27	260,82	488	1122,40
Completo	100	1566,00	69	1033,62	1883	5517,19
Omissão de Fe	234	1188,72	132	838,20	3110	7464,00
Completo	261	4087,26	212	3175,76	13628	39930,04
Omissão de Zn	16	96,80	18	103,50	62	157,48
Completo	53	262,29	31	262,83	99	202,64

### Concentração de micronutrientes

A Tabela 4 apresenta os teores de Cu, Fe, Mn e Zn nas diferentes partes da planta de acordo com os tratamentos. Observa-se que a omissão de B, Mn e Fe não afetou o teor de Cu nas folhas das plantas, quando comparado ao do tratamento completo. Os maiores teores de Cu nas folhas, caule e raízes foram observados no tratamento com omissão de Fe, possivelmente por diminuir a inibição competitiva no processo de absorção. Houve redução no teor de Cu em todas as partes das plantas, quando esse elemento foi omitido. Resultados semelhantes foram observados por Amaral (1983), em seringueira. Segundo Mengel & Kirkby (1987), a deficiência de Cu pode inibir o funcionamento da cadeia de transporte de elétrons, causando também redução na quantidade do CO<sub>2</sub> fixado pela fotossíntese, pois, conforme Malavolta (1980), o Cu atua no metabolismo das plantas, ativando enzimas que dele são dependentes e participando de reações da fotossíntese.

**TABELA 4. Teores médios de micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) nas folhas, caules e raízes da pimenteira-do-reino<sup>1</sup>.**

Tratamento	Micronutriente			
	Cu	Fe	Mn	Zn
----- Folha -----				
Completo	11,00a	261,00cd	100,25b	53,25a
Omissão de B	10,75ab	915,25a	139,00a	24,75c
Omissão de Cu	6,00c	277,25cd	128,75a	33,50bc
Omissão de Mn	9,25ab	305,25c	31,00c	53,25a
Omissão de Fe	11,25a	234,00d	96,75b	28,50bc
Omissão de Zn	8,50b	417,75b	106,50b	6,25d
D.M.S. (5%)	2,49	65,54	11,25	5,30
C.V. (%)	10,71	7,09	4,87	8,33
----- Caule -----				
Completo	13,75a	212,00bc	68,50b	31,00b
Omissão de B	12,50ab	313,50a	86,25a	35,50ab
Omissão de Cu	7,00c	182,75c	43,50c	32,25b
Omissão de Mn	11,00b	181,25c	26,50d	39,00ab
Omissão de Fe	13,75a	132,00d	34,75cd	45,25a
Omissão de Zn	12,00ab	234,75b	36,75cd	18,00c
D.M.S.(5%)	1,86	43,22	13,60	10,88
C.V. (%)	7,21	8,98	11,98	14,98
----- Raiz -----				
Completo	68,00b	3628,00d	1883,00a	99,00b
Omissão de B	55,50c	8760,00b	1037,50c	96,75b
Omissão de Cu	27,00d	7807,50c	1567,50b	150,25a
Omissão de Mn	50,00c	12485,00a	487,50d	98,50b
Omissão de Fe	99,50a	3110,00d	982,50c	148,75a
Omissão de Zn	37,25d	8810,00b	1392,50b	61,75c
D.M.S.(5%)	12,23	826,87	193,00	18,63
C.V. (%)	7,31	3,21	6,91	6,47

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

Na Tabela 4, verifica-se que as plantas deficientes em B apresentaram os maiores teores de Mn nas folhas e caule, enquanto nas raízes houve maior concentração de Mn no tratamento completo. Tais resultados estão, portanto, de acordo com os obtidos por Amaral (1983), em seringueira.

A omissão de Mn da solução diminuiu a sua concentração em todas as partes das plantas. As plantas cultivadas no tratamento completo apresentaram teores de 100 mg kg<sup>-1</sup> nas folhas. De acordo com Jones Junior (1972), esse valor está na faixa considerada adequada.

Na Tabela 4, observa-se que o tratamento com deficiência em B causou aumento na concentração de Fe nas folhas e no caule das pimenteiras; nas raízes, os maiores teores foram observados no tratamento com omissão de Mn. Houve diminuição no teor de Fe em todas as partes da planta quando foi omitido da solução. Malavolta (1980) menciona que a absorção de Fe é consideravelmente influenciada pela competição de cátions como Cu, Zn, principalmente de Mn, no meio. Os teores de Fe encontrados nas folhas das plantas do tratamento completo foram de 261 mg kg<sup>-1</sup>, considerados como adequados em relação à maioria das plantas cultivadas, segundo Jones Junior (1972).

Os dados da Tabela 4 mostram que houve maior concentração de Zn nas folhas das plantas com deficiência de Mn, em comparação aos demais micronutrientes, mas semelhante à do tratamento completo. A omissão de B, Mn e Fe aumentou o teor de Zn no caule, enquanto nas raízes os maiores teores foram observados nos tratamentos sob deficiência de Cu e de Fe. Graham et al. (1987), trabalhando com cevada em solução nutritiva, observaram que a deficiência de Zn aumentou a concentração de B, dando suporte ao conceito de que o Zn tem papel protetor na superfície externa, ou nas membranas das células radiculares. As concentrações de Zn encontradas nas folhas, caule e raízes das plantas do tratamento completo foram de 53 mg kg<sup>-1</sup>, 31 mg kg<sup>-1</sup> e 99 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, o que está de acordo com a concentração adequada sugerida em relação à maioria das culturas, por Jones Junior (1972). É conhecido o fato de as raízes mostrarem teores maiores de Zn em relação à parte aérea, quando a planta se desenvolve em um meio com adequada disponibilidade de Zn (Lindsay, 1972).

## CONCLUSÕES

1. O Fe é o micronutriente cujo sintoma visual de deficiência aparece em primeiro lugar e de forma bem visível; a seqüência temporal de aparecimento de sintomas visuais de deficiência mineral obedece à seguinte ordem decrescente: Fe, Mn, Cu, Zn e B.

2. A produção de matéria seca total das plantas é afetada em todos os tratamentos com omissão de micronutrientes, obedecendo a seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Cu > B > Mn.

3. Os micronutrientes absorvidos em maiores quantidades pela pimenteira-do-reino são o Fe e o Mn, seguindo-se, pela ordem decrescente: Zn, B e Cu.

## 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.
- 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).
- GRAHAM, R.D.; NELCH, R.M.; GRUNES, D.L.; CARY, E.E.; NORVELL, W.A. Effect of zinc deficiency on the accumulation of boron and other mineral nutrients in barley. **Soil Science Society of America. Journal**, Baltimore, v.51, n.3, p.652-657, 1987.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L., (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. ch.14, p.319-336.
- LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.24, p.147-186, 1972.
- 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.; 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.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- SCAIFE, A.; TURNER, M. Diagnosing mineral disorders by eye. In: SCAIFE, A.; TURNER, M. **Vegetables**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1983.ch.1, p.7-14. (Diagnosis of Mineral Disorders in Plants, 2).
- SHORROCKS, V.M. **Deficiências minerais em *Hevea* e plantas de cobertura associadas**. Brasília: SUDHEVEA, 1979. 76p.
- 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. (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.