

DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES ESSENCIAIS E TOXIDEX DE ALUMÍNIO E MANGANÊS EM FEIJÃO-DE-CORDA

II - DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PLANTAS¹

OSCAR LAMEIRA NOGUEIRA², JOSÉ BRAGA PAIVA³ e
LINDBERGUE ARAÚJO CRISÓSTOMO⁴

RESUMO - No presente trabalho, o objetivo foi verificar o efeito da deficiência dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, e da toxidez de alumínio e manganês, em solução nutritiva, sobre o crescimento (matéria seca) e composição química de plantas de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, cultivar Pitiúba. Verificaram-se efeitos estatisticamente significativos entre tratamentos, para matéria seca da parte aérea e da raiz. Entretanto, a relação parte aérea/raiz foi semelhante para todos os tratamentos. Observou-se, pela análise química, que a ausência de um elemento propiciou sempre redução da sua concentração na planta.

Termos para indexação: solução nutritiva, matéria seca, *Vigna unguiculata*, cultivar.

MICRONUTRIENTS DEFICIENCIES AND ALUMINUM AND MANGANESE TOXICITY IN COWPEA - II - PLANT GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION

ABSTRACT - In the present work the objectives were to study the effects of micronutrients boron, copper, iron, manganese, molybdenum and zinc deficiencies, and aluminum and manganese toxicity on the growth (dry matter production) and chemical composition of cowpea plants (*Vigna unguiculata* (L.) Walp, cv. Pitiúba). Treatment effects were statistically significant for dry weight of aerial part and roots of the plants. Nevertheless, the ratio aerial part/root was similar for all the treatments under study. Chemical analysis showed that the absence of an element resulted in the reduction of its concentration in the plant.

Index terms: dry matter, cowpea, *Vigna unguiculata*, cultivar.

INTRODUÇÃO

Além da identificação visual, o crescimento vegetativo, a composição química das plantas e a análise química do solo têm-se constituído nos principais parâmetros para diagnosticar distúrbios concernentes à deficiência e/ou toxidez de nutrientes (Wallace 1961).

Os níveis de concentração dos elementos estão divididos em zonas que se relacionam com respostas de crescimento específico na planta. A zona deficiente corresponde à concentração na planta que resulta no desenvolvimento do sintoma da defi-

ciência e/ou aumento de rendimento esperado pela aplicação extra de nutriente, com ou sem observação visual de sintomas. A zona adequada é o nível de concentração de nutriente, que resulta no crescimento ideal das plantas. A zona tóxica corresponde ao nível de concentração em que os nutrientes estão em excesso e que interfere no processo metabólico, causando redução de crescimento e sintomas de toxicidade.

Com relação aos micronutrientes, grande número de trabalhos de pesquisas, conduzidos com o propósito de estudar os seus efeitos no sistema solo/planta, têm revelado ausência nas respostas à aplicação desses elementos. Segundo Buckman (1966), isto ocorre porque o solo recém-desbravado possui quantidades apreciáveis deles; muitos dos adubos comerciais usados possuem teores não desprezíveis de alguns desses micronutrientes que também são fornecidos às plantas como fungicidas.

Entretanto, faz-se necessário levar em consideração a possibilidade de ocorrer deficiência de qualquer micronutriente, como resultado da exploração contínua dos solos e do uso de doses elevadas de micronutrientes que são imprescindíveis

¹ Aceito para publicação em 19 de maio de 1981.

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do grau de M.Sc. em Fitotecnia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

² Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) - EMBRAPA, Caixa Postal 455, CEP 69000 - Manaus, AM.

³ Eng.^o Agr.^o, Prof. Adj. e Diretor do Centro de Ciências Agrárias, Univ. Fed. do Ceará, Caixa Postal 354, CEP 60000 - Fortaleza, CE.

⁴ Eng.^o Agr.^o, Prof. Adj., Univ. Fed. do Ceará, e Pesquisador da EMBRAPA-UEPAE de Brasília, Caixa Postal 1.316, CEP 70000 - Brasília, DF.

para a obtenção de produções satisfatórias em solos de baixa fertilidade natural. Por outro lado, sabe-se que a maioria dos solos ácidos apresentam, como fator limitante ao crescimento das plantas, a presença de níveis tóxicos de alumínio e manganês (Mulder & Gerretsen 1952 e Kamprath 1967).

Levando em conta o exposto, foi desenvolvido o presente estudo, com o objetivo de verificar os efeitos causados pela deficiência de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco e pela toxidez de alumínio e manganês sobre o crescimento e composição química de plantas de feijão-de-corda, em continuação à parte I deste trabalho (Nogueira et al. 1982).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o ano de 1979, em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em que as plantas foram cultivadas em solução nutritiva. Na parte I deste trabalho (Nogueira et al. 1982), é relatada detalhadamente a metodologia aplicada a este experimento, no que se refere a cultivar, solução nutritiva, tratamentos e condução do experimento.

Para a determinação da matéria seca produzida 43 dias após a semeadura, quando as plantas testemunhas começaram a manifestar os primeiros sinais de floração, foram coletadas duas plantas inteiras de cada tratamento, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, mantida à temperatura constante de 70°C, por um período de 48 horas; foram, então, pesadas, separadamente, parte aérea e raiz.

O material para análise química foi obtido triturando-se a matéria seca da parte aérea das plantas, em moinho com peneira de malha 40, para dosagens de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, cujos resultados identificam o estado nutricional das plantas de cada tratamento.

As determinações dos elementos cobre, ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio foram realizadas através de espectrofotometria de absorção atômica. Para isto, digeriram-se 2.000 gramas de material vegetal por ação do ácido nítrico e do ácido perclórico (solução A). O boro e o molibdênio foram determinados através dos métodos descritos por Richards (1954) e por Glória (1962), respectivamente. O nitrogênio total foi quantificado pelo método de Kjeldahl, enquanto o fósforo e o potássio foram determinados a partir da solução A, empregando-se espectrofotometria e fotometria de chama, respectivamente, todos descritos por Chapman & Pratt (1961). O enxofre foi determinado pelo método descrito por Hunter (1975).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca - Os efeitos da deficiência dos micronutrientes e da toxidez de alumínio e manganês sobre o peso seco produzido pela parte aérea e pela raiz, como também a relação parte aérea/raiz das plantas de feijão-de-corda, são apresentados na Tabela 1. Os resultados da análise de variância dos dados (Tabela 2) indicam que os tratamentos diferiram quanto ao total de matéria seca produzida ($P \leq 0,01$), peso seco da parte aérea ($P \leq 0,01$) e peso seco da raiz ($P \leq 0,01$). Entretanto, não diferiram quanto à relação parte aérea/raiz ($P > 0,05$).

A maior quantidade de matéria seca total (parte aérea + raiz) foi conseguida pelo tratamento -Mo, que não diferiu dos tratamentos T e +Al mas estes foram superiores aos tratamentos -Cu, -Zn, +Mn, -B, -Fe e -Mn. Os tratamentos -Cu e -Zn não diferiram entre si, bem como o tratamento -B que não diferiu do tratamento -Fe, que, por sua vez, foi igual ao tratamento -Mn, quando contrastado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Meagher et al. (1952) verificaram que a semente pode acumular até dez vezes mais a quantidade de molibdênio necessário ao crescimento normal da planta. Esta constatação sugere a possibilidade de as sementes de feijão-de-corda usadas serem supridas de consideráveis quantidades de molibdênio, suficientes para o desenvolvimento normal das plantas.

Os resultados também evidenciam que o nível tóxico de alumínio testado não afetou o crescimento das plantas de feijão-de-corda, as quais apresentaram uma quantidade de matéria seca semelhante à observada nas plantas testemunhas.

Os tratamentos -Cu e -Zn, apesar de serem diferentes do tratamento T, apresentaram reduções relativamente pequenas na quantidade total de matéria seca produzida pelas plantas. Tiffin (1972) classificou o cobre e o zinco como micronutrientes que podem, graças à grande reserva nas sementes, adiar o início da deficiência e, conseqüentemente, suas ausências no meio podem afetar pouco o desenvolvimento das plantas.

Observando-se as produções de matéria seca total relativas aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn,

TABELA 1. Produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total (gramas/planta) % e T e relação parte aérea/raiz dos tratamentos

Tratamentos	Produção de matéria seca			% de T	Parte aérea/raiz
	Parte aérea	Raiz	Total		
T	24,00	3,05	27,05	100,00	7,87
-B	8,35	1,10	9,45	34,90	7,60
-Cu	20,00	2,60	22,60	83,50	7,69
-Fe	4,90	0,65	5,55	20,50	7,54
-Mn	3,15	0,50	3,65	13,50	6,30
-Mo	24,90	3,25	28,15	104,10	7,66
-Zn	18,90	2,70	21,60	80,00	7,00
+Al	24,40	3,15	27,55	101,80	7,75
+Mn	13,90	2,00	15,90	58,80	6,95
DMS (P < 0,05)	8,80	1,00	8,80		ns

TABELA 2. Análise de variância dos dados de produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total das plantas, e da relação parte aérea/raiz.

Fontes de variação	G.L.	Quadrado médio			
		Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea/raiz
Tratamentos	8	147,180**	2,400**	188,20**	0,85 n.s.
Resíduo	9	5,026	0,664	5,01	1,09
C.V. (%)		14,17	11,98	12,44	14,03

** significativo a 1%.
n.s. não significativo.

constatou-se que estes causaram os maiores prejuízos ao desenvolvimento das plantas de feijão-de-corda.

Considerando-se apenas o peso seco da parte aérea das plantas, ao aplicar o mesmo teste empregado para o peso total da matéria seca, verifica-se que o tratamento T não difere dos tratamentos -Mo, +Al, -Cu e -Zn; entretanto, é superior aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn. Estes últimos apresentaram efeitos mais drásticos sobre o crescimento da parte aérea das plantas.

Os dados de peso seco da raiz apresentaram comportamento semelhante aos dados de peso da parte aérea, quando comparados entre si, ao nível

de 5%, pelo teste de Tukey. O tratamento T não diferiu significativamente dos tratamentos -Mo, +Al, -Cu e -Zn e mostrou superioridade aos tratamentos +Mn, -B, -Fe e -Mn. Igualmente como aconteceu no peso seco da parte aérea; estes últimos tratamentos também foram os que mais afetaram o desenvolvimento da raiz das plantas.

As médias referentes à relação produção de matéria seca da parte aérea/raiz não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. Esta situação leva a concluir que os tratamentos em que se testou omissão e/ou toxidez de nutrientes, afetaram, de maneira semelhante, tanto o cres-

cimento da parte aérea quanto o do sistema radicular das plantas de feijão-de-corda.

Composição química das plantas - Os efeitos da ausência individual de cada micronutriente essencial e da toxidez de alumínio e manganês sobre os teores de boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, determinados nos tecidos da parte aérea de plantas de feijão-de-corda, são mostrados na Tabela 3.

Boro - A concentração de boro nos tecidos da parte aérea das plantas desenvolvidas em solução nutritiva, onde o elemento em questão foi omitido, como era de esperar, foi a mais baixa. Nos demais tratamentos, as concentrações de boro encontradas não apresentaram grandes variações em relação ao tratamento testemunha, cujas plantas contêm 33,6 ppm nos tecidos da parte aérea.

Wilcox & Fageria (1976) verificaram, em feijão comum, que concentrações de boro abaixo de 20 ppm nos tecidos foliares são consideradas deficientes para o desenvolvimento das plantas. Por sua vez, Jones (1972) acredita que, para a maioria das culturas, teores de boro menores que 15 ppm nas folhas manifestam sintomas de deficiência deste elemento. Por outro lado, cita que os teores adequados de boro nos tecidos da parte aérea das plantas podem variar de 20 a 100 ppm, o que concorda com as observações de Jones & Maderski (1964), os quais relataram um teor de boro de 62 ppm nos tecidos foliares de soja, desenvolvida em condições de adequado suprimento do elemento. Os resultados obtidos com feijão-de-corda são compatíveis com os dos autores acima citados.

Cobre - Excetuando-se o tratamento em que as plantas de feijão-de-corda foram desenvolvidas na ausência do cobre, todos os demais apresentaram teores mais elevados deste elemento nos tecidos da parte aérea das plantas, quando confrontados com o valor obtido pela testemunha, destacando-se entre eles os tratamentos -Fe e -Mn.

A concentração de 7,5 ppm de cobre nos tecidos das plantas cultivadas em condições carentes deste elemento foi suficiente para não manifestar sintomas de deficiência nas folhas. Wilcox & Fageria (1976) e Jones (1972) comentam que as plantas somente demonstram sensibilidade à deficiência de cobre, quando os teores deste elemento nos tecidos

TABELA 3. Concentrações dos micro e macronutrientes determinados nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, cultivadas na ausência dos micronutrientes essenciais e na presença excessiva de alumínio e manganês.

Tratamento	Concentrações dos nutrientes											
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	N	P	K	Ca	Mg	S
T	33,6	12,5	287,5	132,5	2,70	47,5	3,45	0,66	1,41	1,72	0,26	0,49
-B	3,7	20,0	237,5	120,0	8,40	48,5	3,79	0,84	1,61	1,63	0,37	0,60
-Cu	42,4	7,5	350,0	140,0	2,93	47,5	4,01	1,51	1,51	1,95	0,27	0,55
-Fe	29,2	62,0	62,5	577,5	3,75	202,5	4,31	0,97	1,80	1,75	0,43	0,58
-Mn	32,8	40,5	400,0	19,4	15,80	187,5	5,11	1,25	2,29	1,99	0,38	0,37
-Mo	42,4	20,0	300,0	160,0	0,32	107,5	4,00	0,59	1,41	2,32	0,33	0,59
-Zn	24,9	19,5	700,0	132,5	3,09	32,5	4,39	3,06	1,60	1,33	0,37	0,59
+Al	33,6	20,0	287,5	210,0	2,77	55,0	4,42	0,63	1,75	1,72	0,26	0,41
+Mn	24,9	20,0	350,0	1.785,0	4,44	52,5	3,68	1,44	1,70	1,93	0,36	0,52

dos foliares são menores que 5 ppm. Foi o que provavelmente ocorreu com as plantas de feijão-de-corda no presente trabalho.

A elevada concentração de cobre nas folhas das plantas que mostravam deficiência de ferro foi também constatada por Reuther & Smith (1953) e Spencer (1966), que encontraram resultados coerentes ao trabalharem, todos, com plantas cítricas. Os teores de cobre encontrados nos restantes dos tratamentos são normais, uma que se acham dentro dos limites considerados adequados pela maioria dos autores.

Ferro - A concentração de ferro encontrada nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, cultivadas na ausência deste elemento, foi bastante reduzida. Estes resultados concordam com os obtidos por Schwartz et al. (1978), que afirmam que as plantas sofrem de deficiência de ferro quando o teor deste elemento nas folhas é menor que 100 ppm. Entretanto, discordam dos citados por Jones (1972), Small & Ohlrogge (1973) e Wilcox & Fageria (1976), os quais comentam que as plantas somente apresentam deficiência de ferro quando seus teores nas folhas estão abaixo de 50 ppm. Devido a estes aspectos, constata-se a grande sensibilidade das plantas de feijão-de-corda à deficiência de ferro, pois mostraram-se afetadas quando o teor deste elemento era de 62,5 ppm.

A maior concentração de ferro foi verificada nas plantas desenvolvidas sob condições de deficiência de zinco. Este acúmulo de ferro também foi observado por Rosell & Ulrich (1964), em beterraba açucareira, e por Ambler & Brown (1969), em feijão comum. Os valores de ferro constatados nos demais tratamentos enquadraram-se nos citados por Schwartz et al. (1978) como adequados para plantas de feijão comum.

Manganês - Como era esperado, o menor teor de manganês foi determinado nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, cultivadas em solução nutritiva deficiente neste elemento, enquanto que o maior teor foi encontrado nas plantas desenvolvidas em solução nutritiva que continha níveis de manganês considerados tóxicos. Grandes concentrações de manganês foram observadas nos tecidos foliares das plantas deficientes de ferro. Olsen (1972), citando Somer & Shive, esclarece que isto ocorre devido à grande interrelação

do manganês com o ferro, inclusive com um chegando a ocupar totalmente o lugar do outro quando as plantas estão deficientes de qualquer um deles. As plantas deficientes em manganês mostraram elevado teor de ferro, concretizando, mais ainda, a possível relação entre os dois elementos.

Os teores de manganês encontradas nas plantas sadias e deficientes concordam com os valores mencionados por Jones (1972), Wilcox & Fageria (1976) e Schwartz et al. (1978) para feijão comum e algumas outras espécies; entretanto, discordam quanto ao teor verificado nas folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva com altos teores de manganês. White (1970) reportou que sintomas de toxidez ocorreram em plantas de feijão comum, quando a concentração de manganês nos tecidos das folhas ultrapassou a 100 ppm.

Molibdênio - As ausências de molibdênio, boro e manganês foram os tratamentos que mais afetaram a concentração de molibdênio, determinada nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda. No primeiro diminuiu, enquanto nos dois últimos aumentou sensivelmente quando se fez comparação com a concentração encontrada nas plantas cultivadas em condições adequadas de todos os nutrientes. Os elevados teores de molibdênio foram, portanto, favorecidos pela ausência de boro e de manganês.

A concentração de 0,32 ppm de molibdênio obtida nos tecidos das plantas cultivadas na ausência do elemento em questão, muito embora seja a mais baixa, não promoveu a manifestação de qualquer anormalidade nas plantas. Esta mesma situação foi defrontada por Kuramoto et al. (1970), que cultivaram couve-flor em solução nutritiva livre de molibdênio e encontraram uma concentração de 0,30 ppm do referido elemento nas folhas, sem, entretanto, detectarem sintomas característicos de deficiência. Hewitt et al. (1954) e Hewitt (1956) estudaram a ausência de molibdênio em algumas leguminosas e constataram que feijão comum e ervilha somente apresentavam sintomas de deficiência quando cultivados através de duas ou três gerações sempre deficientes deste elemento, até que o nível do citado micronutriente atingisse valores bastante baixos nas folhas. Segundo Johnson (1966), as plantas apenas mostram sinais de deficiência de molibdênio quando seus teores

são menores que 0,1 ppm, tomando por base a matéria seca da parte aérea.

Os dados obtidos neste experimento mostram-se coerentes aos observados pelos autores citados. Zinco - A deficiência de zinco na solução nutritiva ocasionou um decréscimo na concentração deste elemento nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda; entretanto, apresentou elevadas concentrações nas plantas cultivadas na ausência de ferro, manganês ou molibdênio, isoladamente.

Chapman (1966) e Schwartz et al. (1978) afirmam que a deficiência de zinco se faz presente quando a concentração deste micronutriente nas folhas da planta é inferior a 20 ppm. Baseando-se nestes autores, conclui-se que, provavelmente, as plantas de feijão-de-corda cultivadas em meio deficiente de zinco não manifestaram sintomas por apresentarem uma concentração de 32,5 ppm do referido elemento. Segundo Wilcox & Fageria (1976), esta concentração é considerada suficiente para o desenvolvimento normal do feijão comum, pois encontra-se dentro dos limites de 20 a 100 ppm.

O alto teor de zinco verificado nas plantas de feijão-de-corda deficientes em ferro tem como apoio as observações de Chapman et al. (1940), que encontraram elevadas concentrações de zinco em folhas de citros que mostravam clorose por falta de ferro. Estes aspectos reforçam ainda mais a grande afinidade do ferro com o zinco no metabolismo dos vegetais.

Nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre - Com exceção do fósforo, que apresentou uma concentração cinco vezes maior nos tecidos da parte aérea das plantas de feijão-de-corda, cultivadas na ausência de zinco, em comparação ao tratamento testemunha, os macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre não apresentaram grandes alterações nas concentrações obtidas nos diversos tratamentos, em relação às plantas testemunhas. Ambler & Brown (1969) encontraram teores de fósforo até seis vezes mais elevados em plantas de feijão comum desenvolvidas na ausência de zinco do que naquelas cultivadas em condições de suprimento adequado deste elemento. Segundo Ambler & Brown (1969), este acúmulo de fósforo, deve-se, provavelmente, à grande interação existente entre o zinco e o fós-

foro, concordando, portanto, com os resultados obtidos no presente trabalho.

De uma maneira geral, os valores observados nas determinações de nitrogênio, fósforo e enxofre, nas plantas de feijão-de-corda assemelham-se aos encontrados por Cobra Netto (1967) em plantas de feijão comum. Por outro lado, os elementos potássio, cálcio e magnésio apresentaram suas concentrações mais baixas do que as conseguidas por aquele autor. Embora os teores encontrados para os macronutrientes discordem, em parte, dos valores obtidos por Cobra Netto (1967), estão ajustados aos estabelecidos por Schwartz et al. (1978) como suficientes para o desenvolvimento das plantas, sem o surgimento de qualquer sintoma de deficiência.

Uma ocorrência observada é que as plantas testemunhas, cultivadas em solução nutritiva completa, não apresentaram os maiores teores de macronutrientes nem de micronutrientes nos seus tecidos foliares. Essa ocorrência, provavelmente, se deve ao fato de plantas desenvolvidas na ausência de qualquer elemento serem portadoras de distúrbios nutritivos, aparentes ou ocultos, e os nutrientes que estão em quantidades disponíveis no meio ocuparem o lugar daqueles em deficiência e, conseqüentemente, aumentarem o teor nos tecidos. Por outro lado, as plantas crescidas em condições normais de suprimento mineral apresentam um verdadeiro equilíbrio dos nutrientes.

Particularmente nos tratamentos em que se omitiu ferro ou manganês, as plantas apresentaram quase sempre elevados teores dos outros elementos determinados. Este fato pode ser atribuído a um efeito de concentração do nutriente, provocado pelo reduzido crescimento das plantas.

CONCLUSÕES

1. O desenvolvimento das plantas de feijão-de-corda, avaliado através de produção de matéria seca, foi drasticamente reduzido nos tratamentos -Mn, -Fe, -B e +Mn.
2. Os tratamentos afetaram proporcionalmente tanto a parte aérea quanto a raiz das plantas.
3. Pela análise química, constatou-se que a ausência de um elemento propiciou sempre a redução da concentração dele na planta.

4. Dentre as principais interações, observou-se que o cobre acumulou nos tratamentos -Fe e -Mn; o ferro acumulou no tratamento -Zn; o molibdênio acumulou nos tratamentos -B e -Mn; o zinco, nos tratamentos -Fe, -Mn e -Mo e o fósforo, no tratamento -Zn.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng^o Agr^o Francisco Paulo Araújo Crisóstomo e ao Senhor Antônio Luiz de Oliveira pelas colaborações nas atividades de laboratório.

REFERÊNCIAS

- AMBLER, J.E. & BROWN, J.C. Cause of differential susceptibility to zinc deficiency in two varieties of Navy Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agron. J.*, 61: 41-3, 1969.
- BUCKMAN, H.O. *Natureza e propriedade dos solos*. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1966. 594p. il.
- CHAPMAN, H.D. Zinc. In: CHAPMAN, H.D. *Diagnostic criteria for plants and soils*. Berkeley, University of California, 1966. p.484-99.
- CHAPMAN, H.D.; LEIBIG JUNIOR, G.F. & VANSELOW, A.P. Some nutritional relationships as revealed by a study of mineral deficiency and excess symptoms on citrus. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 4:196-200, 1940.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. *Methods of analysis for soil, plant and waters*. s.l. University of California Division of Agricultural Sciences, 1961. p.150-74.
- COBRA NETO, A. *Absorção e deficiência dos macronutrientes pelo feijoeiro (Phaseolus vulgaris (L.) var. Roxinho)*. Piracicaba, ESALQ, 1967. 67p. Tese Doutorado.
- GLÓRIA, N.A. de. *Sobre uma modificação do molibdênio em plantas (1) (2)*. Piracicaba, ESALQ, 1962. 12p.
- HEWITT, E.J. Symptoms of molybdenum deficiency in plants. *Soil Sci.*, 81:159-71, 1956.
- HEWITT, E.J.; BOLLE-JONES, E.W. & MILES, P. The production of copper, zinc and molybdenum deficiencies in crop plants grown in sand culture with reference to some effects of water supply and seed reserves. *Plant Soil*, 5:205-22, 1954.
- HUNTER, A.H. *Análisis de azufre y boro en tejidos de plantas*. Raleigh, N.C., Agricultural Environmental Systems, Inc., 1975, 2p. Datilografado.
- JOHNSON, C.M. Molybdenum. In: CHAPMAN, H.D. *Diagnostic criteria for plants and soils*. Berkeley, University of California, 1966. p.286-301.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.319-46.
- JONES JUNIOR, J.B. & MADERSKI, H.J. Effect of time and soil moisture level on the mineral composition of field grown soybean. *American Society of Agronomy Madison, Wis*, 1964. 32p.
- KAMPRATH, E.H. A acidez do solo e a calagem. s.l. *International Soil Testing*, 1967. (Boletim Técnico, 4).
- KURAMOTO, M.; OLIVEIRA, G.D. de & HAAG, H.P. *Nutrição mineral de hortaliças. XII: Deficiências de micronutrientes em couve-flor*. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, 27:355-45, 1970.
- MEAGHER, W.R.; JOHNSON, C.M. & STOUT, P.R. Molybdenum requirement of leguminous plants supplied with fixed nitrogen. *Plant Physiol.*, 27: 223-30, 1952.
- MULDER, E.G. & GERRETSEN, F.C. Soil manganese in relation to plant growth. *Adv. Agron.*, 4:221-77, 1952.
- NOGUEIRA, O.L.; CRISÓSTOMO, L.A. & PAIVA, J. B. Deficiências de micronutrientes essenciais e toxicidade de alumínio e manganês em feijão-de-corda, I: Sintomas visuais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(4):559-63, 1982.
- OLSEN, S.R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.243-64.
- REUTHER, W. & SMITH, P.F. Effects of high copper content of sandy soil on growth of citrus seedling. *Soil Sci.*, 75:219-24, 1953.
- RICHARDS, L.A. *Saline and alkali soils*. s.l. USDA, 1954. 134p. (Agriculture Handbook, 60).
- ROSELL, R.A. & ULRICH, A. Critical zinc concentrations and leaf mineral of sugar beet plants. *Soil Sci.*, 97: 152-67, 1964.
- SCHWARTZ, H.F.; GÁLVEZ, G.E.; SCHOONHOVEN, A.; HOWELER, R.H. GRAHAM, P.H. & FLOR, C. *Problemas de campo en los cultivos de fríjol en América Latina*. Cali, CIAT, 1978. 135p. (Série GS-19).
- SMALL, H.G. & OHLROGGE, A.J. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: WALSH, L.M. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science of America, 1973. p.315-27.
- SPENCER, W.F. Effect of copper on yield and uptake of phosphorus and iron by citrus seedling grown at various phosphorus levels. *Soil Sci.*, 102:296-9, 1966.
- TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.199-230.
- WALLACE, T. *The diagnosis of mineral deficiencies in plant by visual symptoms*. London, Her Majesty's Stationery Office, 1961. 108p.
- WHITE, R.P. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in an acid soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:625-9, 1970.
- WILCOX, G.E. & FAGERIA, N.K. *Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção*. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1976. 22p.