



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 38

Campinas, janeiro de 1979

N.º 2

EFEITO DE TRÊS FERTILIZANTES ACIDIFICANTES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO E DE MANGANÊS EM FOLHAS E RAÍZES DE CAFEEIROS (1)

FERDINANDO ROBERTO PUPO DE MORAES (2), *Seção de Café*, JOSÉ ROMANO GALLO (2), *Seção de Química Analítica*, TOSHIO IGUE. *Seção de Técnica Experimental e Cálculo*, e JOAQUIM IGNÁCIO DE FIGUEIREDO, *Seção de Café, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

Foi determinada a concentração de alumínio e de manganês em folhas de cafeeiros cultivados em vasos com três solos diferentes e com aplicação de três fertilizantes nitrogenados acidificantes (nitrato de amônio, uréia e sulfato de amônio) e um não acidificante (salitre-do-chile), além de dois tratamentos extras com corretivos de acidez e um com enxofre.

Nas raízes estes elementos foram também determinados para os tratamentos que receberam uréia, uréia mais enxofre e o controle sem nitrogênio.

Nos três solos determinou-se o efeito dos tratamentos sobre o pH e a concentração de Al^{3+} e Mn^{2+} .

A análise foliar revelou diferenças significativas entre tratamentos na concentração de alumínio e manganês das folhas e em todos os três solos estudados.

Alguns sintomas específicos observados nas folhas e raízes estiveram associados à presença de níveis elevados de manganês nessas partes vegetais.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos tóxicos causados sobre algumas plantas pela absorção excessiva de alumínio e de manganês

foram estudados por vários pesquisadores que procuraram correlacioná-los com o abaixamento do pH, con-

(1) Resumo apresentado no 2.º Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras — Poços de Caldas (MG), de 10 a 14 de setembro de 1974, sob o título "Efeito de alguns fertilizantes nitrogenados sobre o pH do solo e a concentração de Al e Mn nas folhas de cafeeiros". Recebido para publicação a 6 de dezembro de 1976.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

forme poderá ser visto nos trabalhos de ALLAWAY (1), PRATT (12) e LABANAUSKAS (8).

Certas plantas apresentam elevada suscetibilidade aos efeitos causados por um ou pelos dois elementos citados, quando a sua concentração nas folhas atinge valores acima de 1.000 ppm, de acordo com HEWITT (7).

No cafeeiro, a absorção excessiva de manganês pode induzir o aparecimento de sintomas de carência de ferro, segundo MEDCALF & LOTT (10). Pode, também, de acordo com GONZALES (6) e ARZOLLA (2), diminuir a absorção de zinco, provocando o aparecimento dos sintomas conhecidos por "café macho".

LAZZARINI et alii (9) constataram que o emprego de fertilizantes nitrogenados pode ocasionar, em decorrência do abaixamento ou da elevação do pH do solo, o aparecimento de sintomas de excesso ou carência de manganês em cafeeiro.

A suscetibilidade do cafeeiro ao alumínio é ainda pouco conhecida. Dados sobre a concentração desse elemento em várias partes do cafeeiro foram relatados por CATANI et alii (3).

MORAES et alii (11), estudando o efeito de vários adubos nitrogenados em cafeeiros cultivados em campo, observaram um aumento significativo do teor de Mn e de Al nas folhas das parcelas adubadas com sulfato de amônio e uréia.

O objetivo do presente trabalho foi determinar em cafeeiros os efeitos de altas concentrações de Al e Mn decorrentes do emprego de fertilizantes nitrogenados acidificantes nessa cultura.

2. MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados cafeeiros com três meses de idade pertencentes ao cultivar mundo-novo (*Coffea arabica* L.), cultivados em vasos contendo terra proveniente das estações experimentais de Ribeirão Preto (latossolo roxo), Pindorama (podzolizado de Lins e Marília) e Monte Alegre do Sul (podzólico vermelho-amarelo orto). Esses três solos são representativos de uma grande parcela das regiões cafeeiras do Estado de São Paulo.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos e seis repetições para cada solo estudado, considerando-se como unidade experimental, um vaso contendo três plantas. Estes vasos têm altura interna aproximada de 23cm e diâmetro interno médio, na sua parte superior, de 29,4cm, com capacidade para 10kg de terra.

Os tratamentos foram os seguintes: 1) PK; 2) PK + nitrato de amônio; 3) PK + salitre-sódico-do-chile; 4) PK + uréia; 5) PK + sulfato de amônio; 6) PK + CaCO₃; 7) PK + calcário; 8) PK + enxofre.

As doses, por vaso, foram 10g de superfosfato simples (P) e 5g de cloreto de potássio (K). Para cada fonte de N empregou-se a quantidade necessária para fornecer 3g desse elemento por vaso, subdividindo-se esse total em aplicações de 1g, sendo a primeira aos 7 dias após o plantio e, as subsequentes, depois de decorridos 45 e 90 dias. Usaram-se 30g de carbonato de cálcio por vaso para o latossolo roxo e 20g para o solo podzolizado de Lins e Marília e podzólico vermelho-amarelo orto, além de 10g de enxofre por vaso.

O superfosfato simples, o cloreto de potássio e mais os corretivos correspondentes aos tratamentos 6, 7 e 8 foram misturados com 1,5kg de terra retirada da parte superior de cada vaso, efetuando-se a seguir o plantio dos cafeeiros.

O plantio foi efetuado no início de dezembro de 1971. Seis meses após, as plantas de cada vaso foram cortadas na altura de 5cm do nível do solo, separando-se as folhas existentes, com exceção do primeiro par de cada caule, para serem analisadas. Dos seis vasos de cada tratamento, foram separadas duas amostras de folhas para a determinação dos teores de Al e Mn, constituindo-se cada uma do conjunto das folhas coletadas em três vasos escolhidos ao acaso.

Na mesma ocasião, coletaram-se 10g de terra da parte superior de cada vaso para a determinação do pH.

Um segundo corte das plantas rebrotadas de cada vaso foi efetuado três meses após o primeiro, procedendo-se da mesma forma para a separação das amostras de folhas para a determinação dos teores de Al e Mn.

Após o segundo corte foram sorteados dois vasos de cada tratamento para a análise do solo, separando-se a terra contida em cada um em três amostras correspondentes às profundidades de 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm. Nessas amostras foram determinados o pH e a concentração de Al^{3+} e Mn^{2+} trocáveis.

Separaram-se dois vasos de cada um dos tratamentos 1, 4 e 8 para exame do sistema radicular. Posteriormente, utilizou-se esse material para a determinação do teor de Al e Mn.

Sintomas específicos associados a alguns dos tratamentos, observados nas folhas e raízes, foram registrados e documentados com o auxílio de fotografias coloridas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 são apresentados os resultados das análises, antes dos tratamentos, dos três solos utilizados. Os valores médios do pH da camada de 0 a 5cm de profundidade, por tratamento e por solo, acham-se no quadro 2.

QUADRO 1. — Resultados analíticos de três amostras compostas representativas dos solos utilizados nos experimentos em vasos

SOLO	pH	C	PO_4^{3-}	K+	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺
		%	emg/100g	emg/100g	emg/100g	emg/100g
Latossolo roxo	5,6	2,20	0,02	0,06	2,90	—
Podzolizado Lins e Marília	5,9	0,70	0,02	0,26	2,20	—
Podzólico vermelho-amarelo-orto	6,3	3,00	0,03	0,24	12,00	—

QUADRO 2. — Determinação do pH do solo superficial em função da aplicação de diferentes adubos nitrogenados e corretivos, 6 meses após o início do ensaio.

Tratamento	Solo		
	Latossolo roxo	Podzolizado de Lins e Marília	Podzólico vermelho-amarelo orto
A — Sem N	5,5	6,1	5,5
B — Nitrato de amônio	4,5	4,9	4,5
C — Salitre-do-chile	6,2	6,0	6,2
D — Uréia	5,4	5,2	5,4
E — Sulfato de amônio	4,6	4,9	4,6
F — Uréia + CaCO ₃	7,8	7,5	7,8
G — Uréia + calcário	7,9	7,3	7,9
H — Uréia + enxofre	3,7	3,9	3,7

Os valores de pH e teores de Al³⁺ e Mn²⁺, no final do experimento, determinados por tratamento e por solo nas profundidades de 0-5cm, 5-10cm e 10-20cm acham-se no quadro 3.

Com exceção do salitre-do-chile, os demais fertilizantes nitrogenados apresentam intenso efeito acidificante sobre o solo, ação essa que se fez sentir em toda a profundidade do solo nos vasos.

A adição do carbonato de cálcio e do calcário dolomítico na camada superior do solo neutralizou ou atenuou o efeito acidificante da uréia.

O abaixamento do pH esteve quase sempre associado a uma elevação dos teores de Al³⁺ e, especialmente, de Mn²⁺.

No quadro 4 encontram-se os resultados dos teores de Al e de Mn nas folhas dos cafeeiros nos vários

tratamentos, após o primeiro e segundo corte das plantas, respectivamente em junho e setembro de 1971. Os teores de alumínio observados por ocasião do primeiro corte das plantas, nos solos podzolizados de Lins e Marília e podzólico vermelho-amarelo orto, apresentaram valores muito elevados, sem qualquer relação aparente com os tratamentos. Esse fenômeno, embora não se disponha ainda dos elementos para uma conclusão, parece estar relacionado com a aplicação do superfosfato no solo, por ocasião do plantio dos cafeeiros. De acordo com COLEMAN & THOMAS (4), o superfosfato, quando aplicado ao solo, hidrolisa-se produzindo ácido fosfórico livre, que pode baixar o pH nas áreas próximas a níveis inferiores a 2, o que tende a elevar fortemente os teores de Al³⁺ e de Fe²⁺, fenômeno esse temporário e que cessa decorridos alguns dias ou semanas.

QUADRO 3. — Efeito da adubação química e calagem sobre o pH e teores de Al³⁺ e Mn²⁺ de três solos, determinados nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20cm (cada valor numérico representa a média das amostras coletadas em dois vasos do tratamento respectivo)

Tratamento	Profundidade da amostra			Latossolo roxo			Podzolizado de Lins e Marília			Podzólico vermelho-amarelo			
	cm	pH	Al ³⁺	Mn ²⁺	pH	Al ³⁺	Mn ²⁺	pH	Al ³⁺	Mn ²⁺	pH	Al ³⁺	Mn ²⁺
A — PK	0 — 5	5,5	0,2	38	6,1	0	33	6,3	0	72	6,3	0	43
	5 — 10	5,5	0,3	29	6,1	0	26	6,3	0	43	6,3	0	43
	10 — 20	5,5	0,2	36	6,1	0	25	6,3	0	43	6,3	0	43
B — PK + nitrato de amônio	0 — 5	4,5	2,1	51	4,8	0	98	4,4	0,7	483	4,4	0,7	483
	5 — 10	4,7	1,8	53	4,9	0	130	4,5	0,6	259	4,5	0,6	259
	10 — 20	4,9	0,6	32	4,9	0	158	4,6	0,7	267	4,6	0,7	267
C — PK + salitre	0 — 5	6,1	0,2	26	5,6	0	50	5,6	0	94	5,6	0	94
	5 — 10	5,9	0,1	43	5,7	0	38	5,9	0	51	5,9	0	51
	10 — 20	5,7	0,1	27	5,8	0	39	6,0	0	41	6,0	0	41
D — PK + uréia	0 — 5	5,0	0,8	42	5,1	0	94	5,4	0	143	5,4	0	143
	5 — 10	4,8	1,0	43	4,7	0	83	5,5	0	65	5,5	0	65
	10 — 20	4,7	1,1	170	4,7	0	73	5,7	0	51	5,7	0	51
E — PK + sulfato de amônio	0 — 5	4,3	1,5	82	4,7	0,5	30	4,7	0	314	4,7	0	314
	5 — 10	4,4	2,3	106	4,7	0	108	5,1	0	126	5,1	0	126
	10 — 20	4,6	0,9	170	4,4	0	152	5,3	0	95	5,3	0	95
F — PK + uréia + CaCO ₃	0 — 5	8,0	0	50	5,9	0	37	5,8	0	103	5,8	0	103
	5 — 10	5,8	0,1	21	5,2	0	37	5,8	0	54	5,8	0	54
	10 — 20	5,6	0,2	57	5,1	0	35	5,9	0	50	5,9	0	50
G — PK + uréia + calcário	0 — 5	7,7	0	52	6,0	0	39	5,5	0	128	5,5	0	128
	5 — 10	5,7	0,3	49	5,3	0	34	5,4	0	59	5,4	0	59
	10 — 20	5,1	0,6	60	5,0	0	35	5,5	0	55	5,5	0	55
H — PK + uréia + enxofre	0 — 5	3,8	11,0	138	3,6	1,9	79	4,6	4,2	331	4,6	4,2	331
	5 — 10	4,0	4,5	131	4,1	1,6	83	4,6	2,1	237	4,6	2,1	237
	10 — 20	4,3	2,5	88	4,3	1,1	120	4,5	0,8	253	4,5	0,8	253

QUADRO 4. — Concentração de alumínio e manganês, expressa em ppm sobre o peso seco, em folhas de cafeeiros em relação ao emprego de diferentes fertilizantes. Cada unidade numérica representa a média de duas análises, cada uma com o total de folhas coletadas em três vasos do tratamento correspondente (1)

Tratamento	Solo											
	Latossolo roxo			Podzólido de Lins e Marília			Podzólido vermelho-amarelo orto					
	Alumínio	Manganês		Alumínio	Manganês		Alumínio	Manganês		Alumínio	Manganês	
1 — Sem N	816 a	480 a	189 f	211 e	1.424 b	352 d	318 e	393 e	1.668 a	273 e	201 c	154 a
2 — Nitrato de amônio	262 c	406 a	756 b	885 b	304 d	385 c	522 d	1.450 d	1.520 b	355 b	270 b	1.049 a
3 — Salitre-do-chile	386 e	392 a	170 f	187 e	1.212 c	344 d	242 f	199 e	1.422 b	309 d	101 e	76 e
4 — Uréia	522 d	268 b	839 b	893 b	1.536 ab	408 c	1.406 a	3.887 a	1.416 b	348 c	224 c	423 c
5 — Sulfato de amônio	704 b	298 a	1.070 a	1.237 a	1.508 b	574 a	968 b	2.667 b	1.626 a	376 b	288 b	689 b
6 — Uréia + CaCO ₃	322 g	210 b	350 e	419 d	1.452 b	228 e	664 c	1.600 d	1.416 b	179 b	221 c	223 d
7 — Uréia + calcário	428 e	320 a	494 d	744 bc	1.472 b	431 b	668 c	1.640 d	1.144 c	305 d	145 d	219 d
8 — Uréia + enxofre	400 f	260 b	720 c	681 c	1.648 a	457 b	998 b	2.340 c	1.396 b	427 a	973 a	683 b
M	518	319	573	687	1.387	397	737	1.734	1.445	321	291	565
d.m.s.	38	199	85	182	113	38	70	235	175	20	29	103

Comparação entre solos

Alumínio — 2.º corte

Latossolo roxo

Podzólido de Lins e Marília

Podzólido vermelho-amarelo orto

Manganês — 2.º corte

Latossolo roxo

Podzólido de Lins e Marília

Podzólido vermelho-amarelo orto

(1) Letras comuns expressam diferenças não significativas na comparação das médias dos teores, entre tratamentos e solos, e, as não comuns, significativas.

Os valores de Al observados por ocasião do segundo corte dos cafeeiros apresentam valores mais baixos e estão relacionados com o solo utilizado e com o tratamento aplicado. Os teores de manganês nas folhas elevaram-se acentuadamente, em especial no podzolizado de Lins e Marília, estando relacionados com a acidificação do solo observada em alguns dos tratamentos.

Os valores de Al, Fe e Mn encontrados nas raízes dos tratamentos 1, 4 e 8, estão no quadro 5. Confirmando os resultados das análises foliares, os níveis mais altos de manganês observados nas raízes foram encontrados no podzolizado de Lins e Marília.

Os níveis mais elevados de manganês nas folhas foram observados nos tratamentos 4, 5 e 8, no podzolizado de Lins e Marília. No tratamento 4 os teores de manganês encontrados foram da ordem de 3.600 a 4.300. As folhas mais novas dos cafeeiros desse tratamento apresentavam uma coloração amarela em todo o limbo sobre um reticulado fino formado pelas nervuras de coloração esverdeada. Esses sintomas são semelhantes àqueles induzidos pela carência de ferro (fig. 1), descritos por FRANCO & MENDES (5).

Nos tratamentos 5 e 8, os teores de manganês observados nas folhas estiveram na faixa entre 2.000 e 3.000 ppm. As folhas mais novas



Figura 1. - Cafeeiro do tratamento 4 - Concentração de manganês nas folhas - 3.600 a 4.300 ppm.

QUADRO 5. — Teores de Al, Fe e Mn, determinados em ppm sobre o peso seco, nas raízes de cafeeiros cultivados em vasos contendo terra proveniente de três solos diversos e adubados com diferentes fertilizantes químicos

Tratamento	Solo								
	Latossolo roxo			Podzolizado de Lins e Marília			Podzólico vermelho-amarelo orto		
	Al	Fe	Mn	Al	Fe	Mn	Al	Fe	Mn
1 — PK	5.360	4.321	306	2.131	2.106	157	3.725	2.653	131
4 — PK + uréia	6.780	6.599	323	3.042	1.825	942	4.596	3.604	273
8 — PK + uréia + S	9.795	7.769	348	7.571	1.856	624	4.261	3.026	350

dos cafeeiros, nesses tratamentos, especialmente no 8, apresentavam uma área amarelada de aproximadamente 5 a 7mm de largura, ao longo das margens, até o ápice. Os contornos dessa área amarelada mostravam-se irregulares, penetrando alguns milímetros nas áreas entre as nervuras. A parte interna da folha apresentava uma coloração verde-clara (fig. 2).

Com o tempo, essas áreas amareladas tornavam-se necróticas, a partir do ápice e das margens para o interior da folha.

As folhas que se achavam no estágio inicial de crescimento (primeiro par) apresentavam uma coloração amarela brilhante com um leve tom esverdeado que se acentuava ao

longo da nervura principal e das secundárias. As folhas mais velhas revelavam um desenvolvimento inferior ao normal, não ultrapassando de 10cm o seu comprimento.

O sistema radicular das plantas dos tratamentos com excesso de manganês nas folhas era pouco desenvolvido e quase sem radicelas. As raízes remanescentes apresentavam-se intumescidas, com um diâmetro bastante superior ao normal. O teor de manganês dessas plantas variou entre 620 e 940 ppm, valores esses muito acima daqueles encontrados nas raízes analisadas das plantas dos demais tratamentos.

Os teores de alumínio e de ferro nas raízes analisadas atingiram valo-



Figura 2. - Folhas de café do tratamento 8 - Concentração de manganês nas folhas - 2.000 a 3.000 ppm.

res bastante elevados, especialmente no latossolo roxo. Entretanto, não houve relação aparente entre o teor desses dois elementos nas raízes e os sintomas descritos.

4. CONCLUSÕES

a) Nitrato de amônio, uréia, sulfato de amônio e enxofre apresentaram acentuada ação acidificante sobre os solos estudados, elevando também sensivelmente os seus teores de manganês trocável.

A aplicação do tratamento enxofre + uréia elevou também nitidamente o teor de Al nos três solos estudados, ocorrendo o mesmo quando foi aplicado o nitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia em latossolo roxo.

b) O abaixamento do pH e a elevação dos teores de manganês nos três solos estudados estiveram associados a aumentos significativos nos teores desse elemento nas folhas, relativamente ao tratamento base.

c) A aplicação do salitre-do-chile não afetou significativamente os

teores de Al e Mn nas folhas em nenhum dos três solos estudados.

d) O emprego de carbonato de cálcio e do calcário dolomítico neutralizou parcialmente os efeitos acidificantes da uréia sobre o solo.

e) No podzolizado de Lins e Marília e no podzólico vermelho-amarelo orto, o emprego da uréia + enxofre resultou em um aumento significativo no teor de alumínio nas folhas em relação ao tratamento base e naqueles que receberam salitre, carbonato de cálcio e calcário dolomítico.

f) Os teores de manganês nas raízes apresentaram valores muito mais baixos que aqueles determinados para o alumínio. Nas folhas, entretanto, ocorreu o inverso: os teores encontrados foram frequentemente bem mais altos em relação aos valores correspondentes determinados nas raízes, o que sugere ser mais rápida a translocação do manganês das raízes para a parte aérea do cafeeiro, em relação ao alumínio.

g) A ocorrência de níveis elevados de manganês nas folhas e raízes dos cafeeiros esteve associada ao aparecimento de sintomas nessas partes vegetais.

EFFECT OF THREE ACIDIFYING FERTILIZERS ON THE CONCENTRATION OF ALUMINUM AND MANGANESE ON COFFEE LEAVES AND ROOTS

SUMMARY

There were determined concentrations of aluminum and manganese in leaves of coffee trees cultivated in pots with 3 different soils fertilized with acidifying nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, urea and ammonium sulphate) and non acidifying nitrogen fertilizer (chilean nitrate) and 3 other treatments (urea plus calcium carbonate, urea plus lime and urea plus sulfur).

Aluminum and manganese were determined in coffee roots of pots fertilized with urea, urea plus sulfur and a control without nitrogen.

The relation of pH and concentration of Al^{3+} and Mn^{2+} are discussed for the soils utilized.

Leaves analysis showed significant differences in aluminum and manganese concentration in the leaves among treatments and among the 3 soils types.

Symptoms correlated with high levels of manganese in the leaves and roots of the coffee trees were observed.

LITERATURA CITADA

1. ALLAWAY, W. H. pH, soil acidity and plant growth. Soil Yearbook of Agriculture, USDA, Washington, 1957. p.67-71.
2. ARZOLLA, J. D. P. Contribuição ao estudo da absorção e da translocação do radiozínco no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, 1955. 38fls. (Tese de doutoramento)
3. CATANI, R. A.; PELEGRINO, D.; BITENCOURT, V. C.; JACINTHO, A. O. & GRANER, C. A. F. A concentração e quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro *Coffea arabica* L., variedade Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy, aos dez anos de idade. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24:97-106, 1967.
4. COLEMAN, N. T. & THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity and liming. In: PEARSON, R. W., ed. Soil acidity and liming. Madison, Am. Soc. of Agronomy, 1967. p.1-41.
5. FRANCO, C. M. & MENDES H. C. Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. Bragantia, Campinas, 9(9/12):165-173, 1949.
6. GONZALES, C. A. et alii. El abonamiento del cafeto. Suelo Tico, San José, C. R., 29:144-166, 1953.
7. HEWITT, E. J. The resolution of the factors in soil acidity. The relative effects of aluminum and manganese toxicities on farm and garden crops. Annual Rept. Agric. Hort. Res. Sta., Long Aston, Bristol, England, 1948.
8. LABANAUSKAS, C. K. Manganese. In: CHAPMAN, H. D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. California University Div. of Agric. Sciences, 1966. p.264-284.
9. LAZZARINI, W.; MORAES, F. R. P.; TOLEDO, S. V.; MORAES, M. V. & FIGUEIREDO, J. I. Experimentação cafeeira, 1929-1963. Ensaio qualitativo, quantitativo e de fracionamento do nitrogênio. Campinas, Instituto Agronômico, 1967. p.177-191.
10. MEDCALF, J. C. & LOTT, W. C. Metal chelates in coffee. New York, IBEC Res. Inst., 1956. 19p. (Bull., 11).
11. MORAES, F. R. P.; LAZZARINI, W.; CERVellini, G.; TOLEDO, S. V. & FUJIWARA, M. Fontes e doses de nitrogênio na adubação química do cafeeiro. Bragantia, Campinas, 35:63-77, 1976.
12. PRATT, P. F. Aluminium. In: CHAPMAN, H. D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. California, University, Div. of Agric. Sciences, 1966. p.3-12.