

ESTUDOS SÔBRE ALIMENTAÇÃO MINERAL DO CAFEEIRO..
VII. INTERAÇÃO ENTRE FÓSFORO E FERRO EM CAFEEIRO
(*Coffea arabica* L., var. *Caturra* KMC)
CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA *

L. NEPTUNE MENARD • E. MALAVOLTA

E. S. A. "LUIZ DE QUEIROZ "

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi estudar:

1 - Os efeitos do fósforo e do ferro sobre a composição química do cafeeiro, quando esses dois elementos são omitidos da solução nutritiva ou fornecidos em níveis diversos.

2 - A interdependência dos nutrientes citados e a destes com o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o magnésio no crescimento e na composição química da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1. CULTIVO DAS PLANTAS. Usou-se um germinador de areia de 50 cm de comprimento, 30 cm de largura e 25 cm de altura. Sobre uma camada de areia de 20 cm de altura, foram colocadas, no dia 24/5/1955, 300 sementes de *Coffea arabica* L. var. *Caturra*, KMC, colhidas em 13/5/1955. Cobriu-se as sementes com outra camada de 2 cm de areia e em seguida, regou-se (GODOY, 1954). Diariamente repetiu-se a rega.

Procedeu-se ao transplante em 22/8/1955, justamente quando as mudas atingiram a fase de "orelha de onça", isto é, apresentaram duas folhas cotiledonares abertas e livres do pergaminho. O processo de transplante obedeceu à cuidadosa escolha de trinta mudas, quando possível uniformes, e cujas raízes foram bem lavadas.

* - Recebido para publicação em 2/2/62.

As plantinhas escolhidas foram transplantadas para vasos Erlenmeyer de vidro Pyrex com 300 ml, que foram forrados duplamente: com papel negro para vedar a entrada de luz e impedir o desenvolvimento de algas; com papel branco, para refletir a luz incidente e evitar o demasiado aquecimento da solução nutritiva dentro do vaso.

Forneceu-se às plantas a solução 2 de HOAGLAND e ARNON (1950), usando sais puros "pro analyse" e água bidestilada desmineralizada. Duas vezes por semana, acrescentou-se ferro, na forma de citrato férrico.

O transplante definitivo para vasos Erlenmeyers Pyrex de 1 litro foi efetuado em 17/12/1955. Estes vasos foram forrados conforme já foi descrito anteriormente. Escolheram-se 10 plantinhas para os 5 tratamentos em duplicata que vêm a ser: tratamento 1, com a solução completa de HOAGLAND e ARNON, representando a testemunha; tratamento 2, a mesma solução sem fósforo (-P); tratamento 3, com 310 ppm de P (+P); tratamento 4, caracterizado pela ausência de ferro (-Fe) e tratamento 5, com 28 ppm de ferro (+Fe).

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação. As soluções foram renovadas de duas em duas semanas e, às vezes, em função do pH das soluções, semanalmente. Ainda, duas ou três vezes por semana, completava-se o volume nos vasos com água bidestilada desmineralizada, para suprir a perda por evaporação e absorção. A partir de fevereiro, substituiu-se o ferro do citrato pelo quelato, "Sequestrene NaFe" (14,3 % Fe). O pH das soluções nutritivas conservou-se entre 5,0 e 5,5, conforme FRANCO e MENDES (1949).

Providenciou-se o arejamento das soluções nutritivas, durante 10 horas diárias, o que se revelou suficiente. A temperatura ambiente oscilou, no transcurso da experiência, entre 19° a 31°C e a umidade relativa acusou 79 a 90 %. Dentro dos vasos, a temperatura das soluções nutritivas variou entre 18° - 26°C. As folhas foram limpas duas vezes por semana, com algodão esterilizado.

2.2. ANÁLISE QUÍMICA Retiradas de seus respec-
DAS PLANTAS . tivos vasos, as plantas fo-
ram divididas em 3 partes
fôlhas, caule e raiz. As raízes foram tratadas com HCl
0,2 N durante um minuto e depois lavadas com água bidestilada
desmineralizada (WARINGTON, 1955). Então, procedeu-se à
secagem de todo o material à temperatura de 70°C e à moagem.

Dêsse material tomou-se 0,5 g para a determinação
do nitrogênio e 1 g para a digestão nítrico-perclórica em banho
de areia quente. No segundo caso, completou-se o volume a
100 ml e daí tirou-se aliquotas para a determinação dos outros
elementos.

Os métodos usados nas determinações foram:

- a - nitrogênio : método de Kjeldahl modificado
(WRIGHT. 1938 e A. O. A. C., 1945).
- b - potássio: técnica de LOTT e colaboradores (1956).
- c - fósforo: técnica de TOTH e colaboradores (1948) .
- d - cálcio: técnica de MALAVOLTA e COURY (1954) .
- e - magnésio: método de DROSDOFF e NEARPASS
(1948).
- f - ferro: método da ortofenantrolina segundo
SANDELL (1950).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. SINTOMAS. São dadas, em primeiro lugar, as observações
de natureza morfológica; na planta testemu-
na, as fôlhas novas eram de côr verde claro, que gradualmente
se ia acentuando, até ficar, quando maduras, bem intenso. Nas
plantas sem fósforo, os sintomas começaram a se manifestar
em janeiro. As raízes, bem desenvolvidas, apresentavam, então,

uma coloração amarelo escuro; as folhas novas tinham um tom verde claro com manchas verde azeitonado escuro e as velhas, a mesma cor, com manchas necróticas nas bordas. Houve uma paralização no crescimento das plantas. Nas plantas com excesso de fósforo, era amarelada a porção central do limbo. As raízes não eram desenvolvidas e apresentavam uma cor marrom escuro. Nas plantas deficientes em ferro, a nervura principal e as secundárias eram de cor verde escuro, mas a porção do limbo compreendida entre as nervuras e as veias apresentava um tom verde amarelado.

Nas plantas com excesso de ferro, o sistema radicular apresentava-se atrofiado. Os internódios eram bem curtos. Embora as plantas tivessem o crescimento retardado, suas folhas eram de aspecto quase normal, sendo as velhas de um verde mais escuro que as testemunhas.

B. ANÁLISES QUÍMICAS. Os resultados das análises químicas encontram-se nos Quadros I, II, III, IV e V.

QUADRO I

% de nutrientes na planta testemunha (T)

ELEMENTOS	FÓLHAS	CAULE	RAÍZES
Nitrogênio	2,71	1,12	2,88
Fósforo	0,16	0,10	0,31
Potássio	1,57	1,52	1,17
Cálcio	1,14	0,50	0,70
Magnésio	0,44	0,38	0,38
Ferro	0,02	0,01	0,04

QUADRO II

% dos nutrientes na planta sem fosforo (-P)

ELEMENTOS	FÔLHAS	CAULE	RAÍZES
Nitrogênio	3,36	2,40	5,55
Fósforo	0,05	0,02	0,06
Potássio	2,61	1,00	2,70
Cálcio	0,90	0,62	0,90
Magnésio	0,47	0,44	0,60
Ferro	0,13	0,01	0,03

QUADRO III

% dos nutrientes na planta com excesso de fósforo (+P)

ELEMENTOS	FÔLHAS	CAULE	RAÍZES
Nitrogênio	2,60	1,96	3,12
Fósforo	0,89	0,75	0,98
Potássio	1,98	1,27	1,95
Cálcio	0,52	0,48	0,58
Magnésio	0,62	0,64	0,76
Ferro	0,02	0,02	0,03

QUADRO IV

% dos nutrientes na planta sem ferro (-Fe)

ELEMENTOS	FÔLHAS	CAULE	RAÍZES
Nitrogênio	3,40	1,10	2,45
Fósforo	0,56	0,42	0,89
Potássio	1,82	2,11	0,91
Cálcio	0,95	0,40	0,94
Magnésio	0,70	0,38	0,60
Ferro	0,02	0,02	0,05

QUADRO V

% de nutrientes na planta com excesso de ferro (+ Fe)

ELEMENTOS	FÔLHAS	CAULE	RAÍZES
Nitrogênio	2,38	2,10	2,71
Fósforo	0,16	0,16	0,95
Potássio	2,18	1,60	0,87
Cálcio	0,92	0,58	0,76
Magnésio	0,42	0,61	0,53
Ferro	0,03	0,02	0,13

Observando os dados dos Quadros I, II e III, verifica-se na ausência de fósforo, alto teor de nitrogênio e de potássio nas folhas e raízes, em relação à testemunha. Isso, provavelmente, é devido a um efeito de diluição, já que as plantas que receberam solução acusavam um peso médio de 67,0 g, enquanto que as plantas deficientes em fósforo pesaram apenas 37,0 g. Houve também acumulação de ferro nas folhas, o que demonstra não se ter dado a precipitação do ferro na solução nutritiva ou na superfície das raízes permitindo assim a migração desse micronutriente.

Ao aumento do nível de fósforo (Quadro III), corresponde maior teor de magnésio. Esse resultado confirma a teoria de que o magnésio funciona como transportador do fósforo dentro da planta. Por outro lado, verifica-se uma diminuição na relação cálcio-magnésio e no teor de nitrogênio nas folhas e aumento no teor de nitrogênio nas raízes.

No processo da absorção do ferro, há que considerar, além do pH e da forma química do ferro, a concentração do fósforo. Verifica-se, neste trabalho, que o alto nível do fósforo na solução nutritiva interferiu na absorção e utilização do ferro, provocando um decréscimo no teor de ferro nas plantas. Aliás, CHAPMAN et al. (1939) demonstraram que o excesso de fósforo pode causar sintomas de deficiência de ferro e de zinco.

Por outro lado, a percentagem de fósforo nas raízes é

maior nas soluções de alta concentração de ferro (Quadro IV), sugerindo a formação de um precipitado de fosfato férrico complexo como já foi apontado por BIDDULPH e WOODBRIDGE (1952), REDISKE e BIDDULPH (1953). O excesso de ferro forma hidroxidos que também contribuem para essa precipitação.

Registrou-se também um aumento no teor de K nas folhas das plantas que receberam excesso de ferro.

Observando os dados do Quadro IV, verifica-se, na ausência de ferro, um alto teor de nitrogênio nas folhas e no caule; de igual maneira, ocorreu este alto teor de nitrogênio nas plantas deficientes em fósforo.

A análise química revelou também um teor de ferro menor na planta testemunha do que na planta clorótica ou seja deficiente em ferro. Esse fato parece paradoxal, porém tem a sua razão de ser nas condições do presente experimento. As plantas cloróticas receberam ferro até 4 meses e foram retiradas da solução nutritiva após 7 meses, acusando um peso médio de 40,8 g, enquanto que as plantas testemunha foram retiradas após 9 meses, com um peso médio de 67,0 g. Em primeiro lugar, pode-se considerar que houve um efeito de diluição como foi mencionado no caso das plantas deficientes em fósforo. Por outro lado, pode-se ventilar a hipótese de que o ferro, nas plantas deficientes neste elemento, se encontrava na forma "inativa" de íon férrico (OSERKOWSKY, 1933) e não pode ser utilizado para a produção de clorofila (BENNETT, 1945). Ademais, a clorose é devida à carência de ferro, mas convém distinguir que, nesse caso, não se deve considerar carência o ferro presente na planta, mas o ferro utilizável na forma solúvel.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi realizado com o fito de estudar:

- 1 - Os efeitos de diversos níveis de fósforo e do ferro sobre a composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. Caturra, KMC);

2 - A interdependência dos nutrientes citados e a dêtes com o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o magnésio.

Foram feitas 2 repetições para os 5 tratamentos seguintes:

- 1 - Testemunha (solução 2 de HOAGLAND e ARNON);
- 2 - Sem fósforo;
- 3 - Com 310 ppm de fósforo;
- 4 - Sem ferro;
- 5 - Com 28 ppm de ferro.

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação. O pH das soluções conservou-se entre 5,0 e 5,5.

Foram tiradas as seguintes conclusões: na ausência de fósforo, verificou-se alto teor de nitrogênio, de potássio e de ferro nas folhas, em relação à testemunha. Ao aumento do nível de fósforo, correspondeu um consumo de luxo deste elemento e um teor acentuado de magnésio. O excesso de fósforo interferiu na absorção e utilização do ferro, provocando um decréscimo no teor deste microtriente na planta, porém, ao mesmo tempo, houve um aumento no teor de potássio. Este aumento no teor de potássio é mais acentuado ainda no tratamento com excesso de ferro.

Nas soluções de alta concentração de ferro, foi observado um teor de fósforo maior nas raízes, sugerindo a formação de um precipitado de fosfato férrico complexo.

Por último, a análise química revelou um teor de ferro menor na planta testemunha do que na planta clorótica, ou seja, deficiente em ferro.

5. SUMMARY

The present work was carried out in order to study:

- 1 - The effect of several levels of P and Fe on the chemical composition of young coffee plants (*Coffea*

arabica L., var. *Caturra*, KMC);

2 - The influence of P and Fe in the uptake of N, K, Ca, and Mg as revealed by the chemical analyses of coffee tissues.

Five treatments with two replicates were used, namely:

- 1 - Control - plants grown in the solution 2 of HOAGLAND & ARNON (1950);
- 2 - Omission of P;
- 3 - 310 p.p.m. of P;
- 4 - Omission of Fe;
- 5 - 28 p.p.m. of Fe.

the experiment was carried out in the greenhouse, the pH of the different solutions being kept between 5.0 and 5.5; aeration was provided to the solutions.

The following conclusions were drawn:

- 1 - When P was omitted from the nutrient solution, there was an increase in N, K and Fe content of the plant as compared to the levels found in control plants;
- 2 - Raising the P level in the substrate brought about an apparent luxury consumption of this element as well as an increase in plant Mg;
- 3 - High P in the nutrient solution on the other hand, decreased Fe uptake but increased the K content;
- 4 - K content was even higher in plants corresponding to the excess Fe treatment;
- 5 - A very high P content was found in the roots from the excess Fe treatment, this suggesting the formation of ferric phosphate in those organs;

- 6 - The control plants had less Fe than those corresponding to the minus Fe treatment.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. O. A. C. - In: Official and tentative methods of analysis. Sixth ed. Washington, D. C., Association of Official Agricultural Chemists, 1948.
- BENNETT, J. P. - Iron in leaves. Soil Sci. 60:91-105, 1945.
- BIDDULPH, O. e WOODBRIDGE, H. - The uptake of phosphorus by bean plants with particular reference of iron. Plant Physiol. 27: 431-443, 1952.
- CHAPMAN, G. W. - The relation of iron and manganese to chlorosis in plants. New Phytol. 30:266-283, 1931.
- DROSSDOFF, M. e NEARPASS, C. - Quantitative microdetermination of magnesium in plant tissue and soil extracts. Anal. Chem. 20(7):673, 1948.
- FRANCO, C.M. e MENDES, H. C. - Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. Bragantia 9:9-12, 1949.
- GODOY, C.J. - Germinadores de areia para café. Rev. Agric. 29:292-296, 1954.
- HOAGLAND, D. R. e ARNON, D. I. - The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exper. Sta., cir. 347. Berkeley, Calif. 1950.
- KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T. e CARVALHO, A. - Taxonomia de *Coffea arabica*, L. Bragantia 9:157-163, 1949.

- LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. e MEDCALF, J. C. - A técnica de análise foliar aplicada ao caféiro. Instituto Agronômico de Campinas. Boletim nº 79, 1956.
- MALAVOLTA, E. e COURY, T. - Apostilas de Práticas de Química Agrícola. Piracicaba, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1954.
- OSERKOWSKY, J. - Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. Plant Physiol. 8:449-468, 1933.
- REDISKE, J.H. e BIDDULPH, O. - The absorption and translocation of iron. Plant Physiol. 28: 576 - 593, 1953.
- SANDELL, E. B. - In: Colorimetric determination of traces of metals. 2nd. Ed. New York, Interscience Publ., 1950.
- TOTH, S. J.; PRINCE, A.L.; WALLACE, A. e MIKKELSEN, D.S. - Rapid quantitative determination of eight mineral elements in plant tissue by a systematic procedure involving use of a flame photometer. Soil Sci. 66(6):459-466, 1948.
- WARINGTON, K. - The influence of high concentrations of ammonium salts and sodium molybdates on flax, soybean and peas grown in nutrient solutions containing deficient or excess iron. Ann. Apl. Biol. 43: 709-719, 1955.
- WRIGHT, H. C. - Agricultural analysis. 1st. ed. London, Thomas Murby & Co., 1938.

