

ESTUDOS SÔBRE A ALIMENTAÇÃO MINERAL  
DO CAFEEIRO. IV - EFEITO DOS EXCESSOS DE  
MACRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO E NA  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFEEIRO (*Coffea  
arabica* L., VAR. BOURBON (B. RODR.) CHOUSSI)  
CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA (\*)

H. P. HAAG e E. MALAVOLTA

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de S. Paulo — Piracicaba

INTRODUÇÃO

Já é apreciável a soma de trabalho relatando os sintomas de deficiências de macronutrientes no cafeeiro bem como as alterações na composição química da planta que os provocaram (veja-se a revisão de literatura em HAAG & MALAVOLTA, 1959). Pouco se sabe, porém, a respeito das alterações provocadas quando há excesso de N, P, K, Ca, S ou Mg no solo ou na solução nutritiva: há que citar a êsse respeito apenas os trabalhos de JACOB (1938), citado por HAARER (1956, pág. 224) e MENARD (1956).

Por êsse motivo foi realizado o presente trabalho tendo-se os seguintes objetivos principais: 1) verificar o aparecimento de sintomas específicos de excesso dos macronutrientes N, P, K, Ca, S, Mg; 2) verificar a influência dêsses excessos no crescimento do cafeeiro; 3) verificar as alterações na composição química das fôlhas.

Os resultados correspondentes ao primeiro item já foram discutidos em outro lugar (ACCORSI & HAAG, 1958).

---

\* Trabalho feito com auxílio da Fundação Rockefeller, N. York, e do Conselho Nacional de Pesquisas, R. de Janeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram usadas mudas de cafeeiro de 6 meses de idade da variedade "bourbon" transplantadas de laminados individuais para vasos de Erlenmeyer de 1 litro de capacidade.

Usou-se básicamente a solução de HOAGLAND & ARNON (1950) com as modificações necessárias de modo a garantir os excessos. Os tratamentos e as concentrações empregadas em cada caso aparecem no quadro I. As soluções eram renovadas semanalmente; durante tôda a duração do ensaio manteve-se aeração forçada; o pH foi mantido entre 5,0-5,5.

## QUADRO I

Tratamentos empregados no ensaio

| Vasos          | Tratamento                | Concentração<br>(p.p.m.) |
|----------------|---------------------------|--------------------------|
| 1, 2, 3, 4     | Testemunha                | (1)                      |
| 5, 6, 7, 8     | +N, excesso de nitrogênio | 602                      |
| 9, 10, 11, 12  | +P, excesso de fósforo    | 85                       |
| 13, 14, 15, 16 | +K, excesso de potássio   | 1.000                    |
| 17, 18, 19, 20 | +Ca, excesso de cálcio    | 280                      |
| 21, 22, 23, 24 | +Mg, excesso de magnésio  | 240                      |
| 25, 26, 27, 28 | +S, excesso de enxofre    | 256                      |

(1) N — 210 p.p.m., P — 31 p.p.m., K — 224 p.p.m., Ca — 160 p.p.m., Mg — 48 p.p.m., S — 64 p.p.m.

Periòdicamente eram feitas as seguintes medições: comprimento do caule e da raiz, número de fôlhas, pêso total das plantas; no fim do ensaio determinou-se os pesos frescos e secos dos diversos órgãos da planta.

A análise química foi feita pelos métodos descritos em HAAG (1959).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Crescimento*

Os dados relativos acham-se resumidos no quadro II que foi obtido da seguinte maneira: no início do ensaio as plantas foram pesadas e submetidas a várias medições. No fim dêle, repetiram-se essas operações. As diferenças encontradas nas

plantas testemunhas foram igualadas a 100; por sua vez, as variações observadas nos diversos tratamentos foram expressas em porcentagem daquelas encontradas para as plantas testemunhas.

## QUADRO II

### Variações no crescimento das plantas

| Tratamentos | Pêso das plantas | Comprimento da raiz | Comprimento do caule | Número de fôlhas |
|-------------|------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| Testemunha  | 100,0            | 100,0               | 100,0                | 100,0            |
| +N          | 99,5             | 144,3               | 119,7                | 99,5             |
| +P          | 75,5             | 55,6                | 76,7                 | 164,1            |
| +K          | 43,7             | 30,9                | 96,5                 | 28,7             |
| +Ca         | 104,2            | 190,7               | 111,3                | 100,6            |
| +Mg         | 16,8             | 87,6                | 74,2                 | 39,5             |
| +S          | 99,1             | 63,9                | 70,2                 | 82,9             |

O exame do quadro II nos mostra que: a) todos os tratamentos influíram desfavoravelmente no pêso das plantas, diminuindo-o; só fez exceção o tratamento +Ca que determinou um ligeiro aumento ao qual, entretanto, não se pode dar significação estatística; b) o excesso de N e o de Ca provocaram aumentos sensíveis no desenvolvimento do sistema radicular, bem superiores aos encontrados nas plantas testemunhas; tais resultados são fáceis de compreender, de um lado em virtude da necessidade do nitrogênio para a formação de proteínas e, de outra parte, em vista do conhecido papel do cálcio como promotor do crescimento das raízes; quando se empregou um excesso de K na solução nutritiva o desenvolvimento do sistema radicular foi seriamente prejudicado; c) paralelamente, os excessos de cálcio e azoto aumentaram o comprimento do caule em escala maior que o tratamento testemunha; os demais tratamentos, com a possível exceção do +K, tiveram um efeito prejudicial; d) o excesso de fósforo na solução nutritiva provocou o aparecimento de um número maior de fôlhas do que o registrado nas plantas testemunhas, sendo êsse o único caso em que tal aconteceu; já o tratamento + K foi o mais adverso à formação de folhagem.

*Os diversos órgãos na constituição das plantas*

O quadro III nos mostra os resultados obtidos quando, depois de tomar o pêso sêco de tôda a planta igual a 100, os pesos das diversas partes do cafeeiro foram expressos em porcentagem do total.

## QUADRO III

Pêso sêco dos diversos órgãos em valor absoluto e em porcentagem total

| Tratamentos | Pêso sêco (g) |       |      |        | Pêso total = 100 |       |      |        | raiz<br>p. aérea x 100 |
|-------------|---------------|-------|------|--------|------------------|-------|------|--------|------------------------|
|             | Fôlhas        | Caule | Raiz | Galhos | Fôlhas           | Caule | Raiz | Galhos |                        |
| Testemunha  | 10,4          | 3,4   | 1,2  | 1,1    | 67,0             | 21,0  | 7,5  | 7,0    | 8                      |
| +N          | 9,8           | 3,2   | 0,8  | 1,1    | 65,0             | 21,0  | 5,5  | 7,4    | 6                      |
| +P          | 7,6           | 2,6   | 0,8  | 0,4    | 67,0             | 20,3  | 8,1  | 4,1    | 8                      |
| +K          | 3,5           | 1,5   | 1,0  | 0,3    | 56,9             | 23,8  | 17,0 | 2,6    | 21                     |
| +Ca         | 9,3           | 2,9   | 1,6  | 1,0    | 59,0             | 20,0  | 10,0 | 6,0    | 12                     |
| +Mg         | 5,9           | 2,0   | 0,8  | 0,5    | 62,0             | 23,0  | 13,0 | 3,5    | 11                     |
| +S          | 7,9           | 2,4   | 1,5  | 0,7    | 62,9             | 19,2  | 12,0 | 5,9    | 13                     |

O exame do quadro III mostra que: a) em todos os tratamentos, o pêso sêco total foi menor que o encontrado nas plantas testemunhas; os excessos de macronutrientes, todavia, não afetaram do mesmo modo os vários órgãos do cafeeiro como se vê no esquema:

fôlhas    +K    +Mg    +P    +S    +Ca    +N    testemunha  
 caule    +K    +Mg    +S    +P    +Ca    +N    testemunha  
 raiz    +N = +P = +Mg    +K    testemunha    +S    +Ca  
 galhos    +K    +P    +Mg    +S    +Ca    testemunha = +N;

b) quanto à maneira pela qual cada parte da planta contribuiu para o pêso sêco total observado, observou-se as seguintes ordens crescentes:

fôlhas    +K    +Ca    +Mg    = S    +N    +P    testemunha  
 caule    +S    +Ca    +P    +N    =    testemunha    +Mg    +K  
 raiz    +N    testemunha    +P    +Ca    +Mg    +K  
 galhos    +K    +Mg    +P    +S    +Ca    testemunha    +N;

c) finalmente, pode-se de um modo mais simples e objetivo mostrar como os diversos tratamentos afetaram o desen-

volvimento do cafeeiro, fazendo-se a relação raiz/parte aérea; a seguinte tendência decrescente foi notada:

+N testemunha = +P +Mg +Ca +S +K,

por onde se vê que a não ser os excessos de N e de P, todos os demais causaram sensível aumento na relação.

### *Análises químicas*

Tendo em vista a possível utilidade do presente trabalho para estudos da diagnose foliar no cafeeiro, foi feita a análise química somente das folhas, tanto inferiores como das superiores.

### *Composição química das folhas superiores*

O quadro IV apresenta os resultados analíticos correspondentes às folhas superiores, mais novas.

#### QUADRO IV

Efeito dos tratamentos na composição mineral das folhas superiores

| Tratamentos | Teor porcentual |      |      |      |      |      |
|-------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|             | N               | P    | K    | Ca   | Mg   | S    |
| Testemunha  | 3,06            | 0,21 | 1,90 | 1,00 | 0,25 | 0,22 |
| +N          | 4,20            | 0,23 | 1,75 | 0,57 | 0,22 | 0,23 |
| +P          | 4,24            | 0,32 | 1,92 | 0,70 | 0,24 | 0,20 |
| +K          | 3,46            | 0,15 | 2,67 | 0,55 | 0,16 | 0,22 |
| +Ca         | 3,04            | 0,19 | 1,92 | 1,40 | 0,20 | 0,20 |
| +Mg         | 3,20            | 0,24 | 1,56 | 1,32 | 0,36 | 0,20 |
| +S          | 4,10            | 0,19 | 1,86 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

Passemos em revista agora, com base no quadro IV e na análise estatística dos dados, a variação no teor de cada elemento em função dos diversos tratamentos.

*Nitrogênio* — um alto teor de N foi encontrado no tratamento em que se forneceu um excesso desse elemento; deve-se mencionar, porém, que o conteúdo de 4,20 por cento de N não

indicou nenhum sintoma visível de toxidez; o tratamento +P causou um aumento significativo no teor de N das fôlhas que atingiu o mesmo nível observado no tratamento +N: mencionou-se aqui que para THOMPSON (1957, pág. 351) uma grande absorção de P está geralmente associada a um teor de N nas plantas; o excesso de enxofre na solução nutritiva também causou um aumento significativo no conteúdo de N das fôlhas — o que confirma dados de MOYER (1950) com alfafa; nos demais tratamentos não houve variação significativa no teor de azoto das fôlhas.

*Fósforo* — sômente o tratamento +P causou um aumento significativo no teor de fósforo das fôlhas, 0,32 por cento, indicando toxidez do elemento; os sintomas observados aparecem descritos em HAAG (1958).

*Potássio* — o fornecimento de um excesso de potássio na solução nutritiva foi o único tratamento que determinou uma variação significativa no teor desse elemento nas fôlhas; o valor 2,67 por cento de K então encontrado e o qual se fez acompanhar por sintomas de distúrbio na planta não está muito longe do nível 3,0 por cento, considerado tóxico por LOUÉ (1957).

*Cálcio* — o tratamento +Ca aumentou significativamente o teor do elemento nas fôlhas; os excessos de S, N e P na solução nutritiva causaram uma diminuição no conteúdo de Ca o que talvez se explique pelo chamado “efeito de diluição” (LUNDEGARDH, 1951); já o fornecimento de um excesso de Mg aparentemente causou uma “concentração” de Ca nas fôlhas em vista, provavelmente, da paralização no crescimento das plantas como se deduz do quadro II.

*Magnésio* — o tratamento +Mg determinou um sensível aumento no teor desse elemento nas fôlhas; por outro lado, a concentração excessiva de K causou uma diminuição o que está de acôrdo com o conhecido antagonismo entre êsses dois elementos (CHAMP & PEECH, 1938; DARCEL, 1953).

*Enxofre* — não houve influência significativa de nenhum dos tratamentos sôbre o teor de S das fôlhas superiores.

*Composição química das folhas inferiores*

Os resultados analíticos correspondentes às folhas inferiores se acham resumidos no quadro V.

O exame do quadro V à luz da análise estatística permite as seguintes observações, a respeito de cada elemento.

## QUADRO V

Efeito dos tratamentos na composição mineral das folhas inferiores

| Tratamentos | Teor porcentual |      |      |      |      |      |
|-------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|             | N               | P    | K    | Ca   | Mg   | S    |
| Testemunha  | 3,01            | 0,31 | 1,73 | 0,92 | 0,24 | 0,23 |
| +N          | 4,31            | 0,27 | 1,59 | 0,75 | 0,22 | 0,22 |
| +P          | 4,02            | 0,38 | 1,65 | 0,60 | 0,19 | 0,22 |
| +K          | 3,05            | 0,12 | 2,67 | 0,90 | 0,13 | 0,19 |
| +Ca         | 3,15            | 0,27 | 1,82 | 1,57 | 0,14 | 0,20 |
| +Mg         | 3,03            | 0,33 | 1,61 | 0,87 | 0,39 | 0,25 |
| +S          | 3,57            | 0,36 | 1,63 | 1,02 | 0,14 | 0,25 |

*Nitrogênio* — como no caso das folhas superiores nota-se aqui que os tratamentos +N, +P e +S determinaram um aumento significativo no teor de N relativamente às testemunhas, não havendo influência dos outros tratamentos; por outro lado os níveis de azoto em ambas as classes de folhas, em todos os tratamentos, não diferiram entre si (compare-se os quadros IV e V).

*Fósforo* — no tratamento +P houve um aumento significativo no teor desse elemento que atingiu um nível tóxico (veja-se HAAG, 1958); já o excesso de K causou uma redução no teor de fósforo das folhas inferiores; uma diminuição no teor de P em consequência de excesso de K já foi relatada por BURR & al. (1957) para a cana-de-açúcar.

*Potássio, cálcio, magnésio e enxofre* — as observações feitas para as folhas mais novas são válidas para as inferiores.

## RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho teve a finalidade de estudar o efeito de uma dose excessiva de macronutrientes (N, P, K, Ca, S,

Mg) fornecida na solução nutritiva sôbre o crescimento do cafeeiro e sôbre a composição química das suas fôlhas.

As principais conclusões foram as seguintes: 1) todos os tratamentos diminuíram o pêso sêco das fôlhas em relação às plantas testemunhas; o mesmo aconteceu com o caule; 2) o pêso sêco das raízes foi menor que o encontrado nos contrôles para os tratamentos com excesso de N, P, K e Mg; em dois outros (excessos de Ca e S) os valores foram maiores; 3) os teores percentuais "normais" e "excessivos" de nutrientes encontrados nos diversos tratamentos aparecem na tabela anexa.

| Elemento   | Tratamento    | Fôlhas<br>super. | Fôlhas<br>infer. |
|------------|---------------|------------------|------------------|
| Nitrogênio | Testemunha    | 3,06             | 3,01             |
|            | excesso de N  | 4,20             | 4,31             |
| Fósforo    | Testemunha    | 0,21             | 0,31             |
|            | excesso de P  | 0,32             | 0,38             |
| Potássio   | Testemunha    | 1,90             | 1,73             |
|            | excesso de K  | 2,67             | 2,67             |
| Cálcio     | Testemunha    | 1,00             | 0,92             |
|            | excesso de Ca | 1,40             | 1,57             |
| Enxofre    | Testemunha    | 0,25             | 0,24             |
|            | excesso de S  | 0,36             | 0,39             |
| Magnésio   | Testemunha    | 0,22             | 0,23             |
|            | excesso de Mg | 0,23             | 0,25             |

### SUMMARY

This paper deals with the results of a water culture experiment carried out in order to find out the effects of abnormally high levels of macronutrients (N, P, K, Ca, S, Mg) on the growth and leaf composition of young coffee plants.

The main conclusions were as follows: 1) all the treatments brought about a decrease in dry weight of the leaves when compared with the control plants; the same did occur with the stem; 2) in all treatments but two (excess Ca and excess S) the dry weight of the root system was lower than that found in the control plants; 3) the nutrient levels found both in "normal" and "excess" plants are given in the accompanying table; 4) clear symptoms of toxicity were observed only in treatments "excess P", "excess K", and "excess S".



| Element    | Treatment | leaves<br>Upper | leaves<br>Lower |
|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Nitrogen   | Control   | 3.06            | 3.01            |
|            | excess N  | 4.20            | 4.31            |
| Phosphorus | Control   | 0.21            | 0.31            |
|            | excess P  | 0.32            | 0.38            |
| Potassium  | Control   | 1.90            | 1.73            |
|            | excess K  | 2.67            | 2.67            |
| Calcium    | Control   | 1.00            | 0.92            |
|            | excess Ca | 1.40            | 1.57            |
| Sulfur     | Control   | 0.25            | 0.24            |
|            | excess S  | 0.36            | 0.39            |
| Magnesium  | Control   | 0.22            | 0.23            |
|            | excess Mg | 0.23            | 0.25            |

## BIBLIOGRAFIA

- ACCORSI, W. R. & H. P. HAAG, 1959 — Alterações morfológicas e citológicas do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var *Bourbon* (B. Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva decorrentes das deficiências e excessos dos macronutrientes. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz, Piracicaba*, em impressão.
- BURR, G. O., C. E. HARTT, H. W. BRODIS, T. TANIMOTO, H. P. KORTSCHAK, D. TAKAHASHI, F. M. ASHTON & R. E. COLEMAN, 1957 — The sugar cane plant. *Ann. Rev. Plant Physiology* 8: 275-308.
- CAMP, A. F. & M. PEECH, 1938 — Manganese deficiency in citrus in florida. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci* 36: 81.
- DARCEL, W. F., 1953 — Investigations in citrus production, with special reference to the nutrition of the crop. *World Crops* 5: 153.
- HAAG, H. P., 1958 — Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva. Tese, 103 pág. mimeografadas, Piracicaba.

- HAAG, H. P. & E. MALAVOLTA, 1959 — Estudos sôbre a alimentação mineral do cafeeiro. III — Efeito das deficiências dos macronutrientes no crescimento e na composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var *Bourbon* (B. Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva. Tese apresentada no VII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Piracicaba, S. Paulo.
- HAARER, A. E., 1956 — *Modern coffee production*, Leonard Hill Limited, London.
- HOAGLAND, D. R. & D. I. ARNON, 1950 — The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta., Berkeley, Calif., Circ. 347.
- LOUÉ, A., 1957 — Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in Ivoy Coast. Publ. International Potash Institute, Berne, Switzerland.
- LUNDEGARDH, H., 1951 — *Leaf analysis*, Hilger and Watts Ltd., London.
- MENARD, L. N., 1956 — Efeitos do fósforo e de alguns micronutrientes no crescimento e composição química do cafeeiro (*Coffea arabica* L., var *Caturra*, K.M.C.) cultivado em solução nutritiva. Tese, 64 pág. mimeografadas, Piracicaba.
- THOMPSON, L. M., 1957 — *Soil and soil fertility*, second ed. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., N. Y.