

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS NO CAFEIRO ^(1,2)

C. M. FRANCO e H. C. MENDES, *engenheiros agrônomos, Secção de Fisiologia e Alimentação das Plantas, Instituto Agronômico de Campinas*

1—INTRODUÇÃO

O método de cultura em soluções nutritivas tem sido largamente usado nos estudos sobre a nutrição das plantas. Sem dúvida, é o que oferece maiores possibilidades e segurança em tais estudos. No solo, os fatores que influem no aproveitamento dos elementos minerais nêles contidos são complexos, múltiplos, muitos dêles mal conhecidos ainda, o que torna impossível o controle eficiente do meio. Em uma solução nutritiva podem-se controlar, com maior precisão, as quantidades e proporções de cada elemento disponível às plantas, a sua forma química, a acidez do meio, etc.

Torna-se, por êsse modo, muito mais fácil e seguro o estudo dos fenômenos básicos da nutrição vegetal, tais como os sintomas manifestados pelas plantas em consequência da deficiência ou excesso dos elementos minerais.

São poucos os estudos dessa natureza feitos com o cafeeiro e dêles faremos referência ao discutir os resultados obtidos. O conhecimento dos sintomas de deficiências obtidos artificialmente em soluções nutritivas é de grande utilidade na identificação das deficiências minerais do solo, em condições de cultura. Não se deve, entretanto, exagerar a ponto de usá-los como um guia único para a prática de adubações, pois as plantas freqüentemente reagem aos fertilizantes, antes mesmo que sejam visíveis os sintomas característicos de que trataremos adiante.

2—MATERIAIS E TÉCNICA EXPERIMENTAL

Sementes de *Coffea arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy, foram semeadas em areia lavada de rio, em 21 de outubro de 1946, e as plantinhas, apenas com os cotilédones e o primeiro par de folhas verdadeiras em início de desenvolvimento, foram transferidas para solução nutritiva completa de Hoagland (5), em 4 de janeiro de 1947. A opção por essa solução se deu em vista de ter sido a que melhores resultados apresentou num ensaio preliminar realizado com várias fórmulas de soluções nutritivas. E, por indicação da literatura, de ser o cafeeiro pouco exigente em fósforo (6, 7), a

⁽¹⁾ A publicação dêste trabalho é feita sob os auspícios da Serrana S. A. de Mineração.

⁽²⁾ Trabalho apresentado à Segunda Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada no Instituto Agronômico de Campinas, de 11 a 22 de junho de 1949.

solução conteve apenas a terça parte da quantidade de KH_2PO_4 preconizada na fórmula original. Assim, a composição da solução inicial foi a seguinte :

	<i>g/l</i>
KNO_3	0,506
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,590
MgSO_4	0,250
KH_2PO_4	0,022
H_3BO_3	0,001
MnCl_2	0,0005
Fe	0,005

O ensaio foi instalado em frascos de vidro neutro de um litro de capacidade, providos de dispositivo para a aeração contínua das soluções por meio de borbulhamento de ar proveniente de um compressor.

Os frascos foram pintados externamente com tinta preta, a fim de vedar a entrada de luz, e sobre aquela tinta aplicou-se esmalte branco, que refletindo a luz incidente restringe bastante o aquecimento da solução nutritiva no interior do frasco.

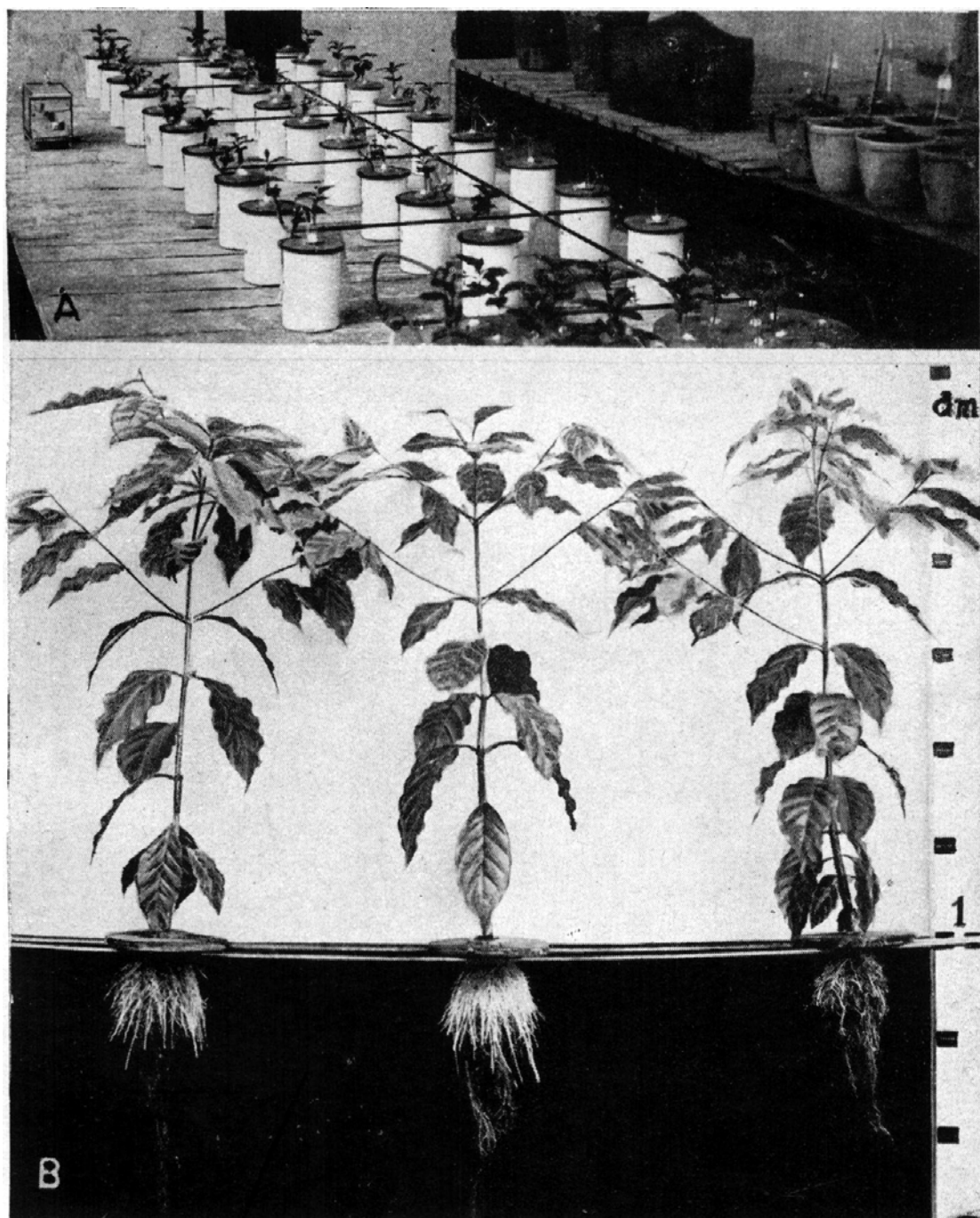
O ensaio foi realizado no interior de uma estufa de vidros, sendo a posição das diferentes séries de frascos, umas em relação às outras, trocada frequentemente a fim de se eliminar o efeito contínuo de algum fator, principalmente da iluminação, sobre uma única ou apenas algumas séries. Para facilitar o preparo das soluções nutritivas usaram-se "soluções-estoque" dos sais empregados. As soluções nutritivas eram então preparadas tomando-se determinados volumes das soluções-estoque e diluindo-os em água destilada até a concentração desejada. Foram sempre empregados sais puros pró-análise.

O ferro foi adicionado na proporção de 5 ppm e inicialmente sob a forma de citrato. Mais tarde usou-se citrato de ferro amoniacal e também sulfato ferroso. Nas ocasiões em que este último foi empregado interrompeu-se a aeração das soluções por dois dias, a fim de retardar a sua oxidação a sulfato férrico. Quando se eliminou o nitrogênio das soluções de uma série de plantas, usou-se sulfato ferroso ou citrato não amoniacal como fontes de ferro. Também na série sem enxôfre, não se usou o sulfato e sim o citrato.

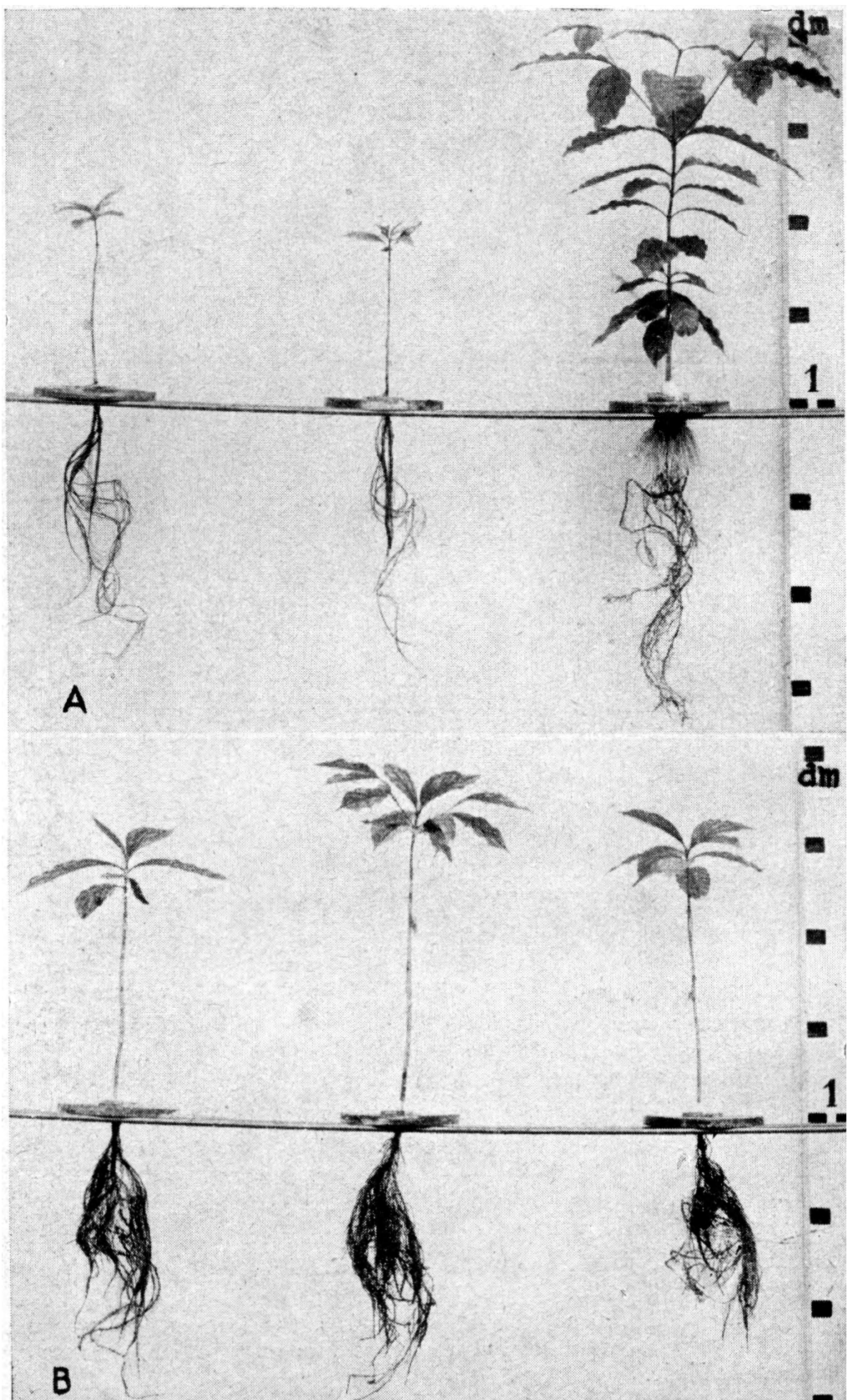
O *pH* não foi artificialmente controlado durante o ensaio, tendo oscilado principalmente entre os valores 5,8 e 7,2.

O cafeeiro absorve dificilmente ferro em meio com *pH* próximo a 7,0, na presença de fósforo. Para contornar essa dificuldade usou-se a técnica já descrita em outro trabalho (3), de omitir o fosfato das soluções nutritivas por alguns dias, até que as plantas se restabeleçam da clorose de ferro.

De início, foram colocadas duas plantinhas em cada frasco. Ao cabo de um mês homogeneizou-se o lote, rejeitando-se as plantas que apresentassem desenvolvimento muito abaixo ou acima da média (cerca de 11 centímetros de altura) ficando cada frasco com uma única planta (est. 1-A).



A — Plantas do ensaio, fotografadas 34 dias após a sua transferência para a solução nutritiva. B — Plantas da série mantida em solução nutritiva completa, fotografadas com um ano de idade.



A — Primeira série sem fósforo, fotografada 14 meses após a omissão deste elemento; a planta à direita recebeu novamente fósforo após haver vegetado 4½ meses em solução sem tal elemento. B — Plantas da segunda série sem fósforo, fotografadas 10 meses após a omissão desse elemento.

Após três meses e meio de permanência das plantinhas na solução nutritiva completa, foram elas repartidas em dez séries de três plantas cada uma. Uma série continuou em solução completa com aeração, outra em solução completa sem aeração e as demais séries foram postas, respectivamente, em solução nutritiva com aeração, mas sem um dos elementos dos quais se desejava conhecer os sintomas característicos de deficiência, isto é, N, P, K, Mg, Ca, S e Fe.

As soluções nutritivas empregadas para a obtenção dos sintomas de deficiências foram as de Hoagland e Arnon (4), cujas fórmulas estão condensadas no quadro 1:

QUADRO 1.—Composição química das diferentes soluções nutritivas empregadas para a obtenção dos sintomas de deficiências minerais no cafeeiro jovem

Soluções-estoque	Composição, por litro, das soluções nutritivas					
	Sem N	Sem P	Sem K	Sem Mg	Sem Ca	Sem S
	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>
0,5 M K ₂ SO ₄	5	.....	.....	3	.....	.....
M MgSO ₄	2	2	2	.....	2	.....
0,05 M Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ..	10	.....	10	.....	.....	.....
0,01 M CaSO ₄	200	.....	.....	.....	.....	.....
M Ca(NO ₃) ₂ .....	.....	4	5	4	.....	4
M KNO ₃ .....	.....	6	.....	6	5	6
M KH ₂ PO ₄ .....	.....	.....	.....	1	1	1
M Mg(NO ₃) ₂ .....	.....	.....	.....	.....	.....	2

Inicialmente, as soluções nutritivas foram renovadas cada três semanas. À medida que as plantas iam crescendo, ia-se fazendo a substituição com maior frequência, até torná-la semanal. O fósforo foi retirado da solução nutritiva de uma das séries em 31 de janeiro de 1947, antes dos demais elementos, em vista de Jacob (6, 7) mencionar o cafeeiro como muito pouco exigente desse elemento. Como, porém, os resultados não concordaram com essa conclusão de Jacob, retirou-se o fósforo de mais uma série em 16 de abril de 1947, quando também foram omitidos, das soluções nutritivas, os demais elementos em estudo.

3—RESULTADOS OBTIDOS

3.1—OBSERVAÇÕES GERAIS

Não foi possível chegar-se a uma conclusão definitiva quanto à vantagem da aeração contínua da solução nutritiva, para o cafeeiro jovem. Isto porque o compressor de ar empregado não funcionou com a devida regularidade, em virtude da sua pequena pressão.

Não se notou diferença apreciável entre os sistemas radiculares da série com aeração e da sem aeração, apesar de esta última, desde a transferência das plantinhas para a solução nutritiva, não ter sido arejada. As partes vegetativas apresentaram idêntico desenvolvimento em ambas as séries. Há, portanto, indicação de que a aeração não é indispensável para o desenvolvimento do cafeeiro jovem em meio líquido, o que está de acordo com a conclusão a que chegou Jacob.

No ensaio prévio com várias soluções nutritivas, verificou-se que a presença de NH_4NO_3 na solução proporcionava absorção excessiva de nitrogênio pelo cafeeiro. Nestas condições, as folhas se desenvolvem inicialmente muito mais no sentido do comprimento do que no da largura, tornando-se quase irreconhecíveis como folhas de *C. arabica*. Mais tarde têm, entretanto, a conformação normal, sendo, porém, de tamanho excessivamente grande e textura macia ao tato. Ao cabo de poucos meses, as plantinhas murcham e morrem, parecendo concorrer para isto o excesso da transpiração sobre a absorção de água, em consequência da superfície folhar exagerada.

A grande facilidade com que o radical NH_4^+ é absorvido faz com que o pH da solução baixe, em virtude do acúmulo do radical NO_3^- na solução.

Conforme foi dito anteriormente, o cafeeiro absorve mal o ferro das soluções nutritivas completas, portanto contendo fósforo, quando o seu pH não fôr suficientemente baixo, o que se evidencia pela facilidade com que mostra os sintomas característicos da deficiência daquele elemento. Esta deve ser a razão de ter sido o cafeeiro considerado como planta que "prefere" meio ácido, com pH entre 4,2 e 5,1 (2). Usando a técnica já atrás descrita, de se omitir, de vez em quando, o fosfato da solução, por alguns dias, as plantas se desenvolveram normalmente em soluções com pH compreendido geralmente entre 5,8 e 7,2. Esta técnica é muito mais simples do que o controle do pH da solução nutritiva.

3.2—DESENVOLVIMENTO DAS TESTEMUNHAS

As plantas testemunhas, que vegetaram em solução nutritiva completa durante todo o curso da experiência, tiveram um desenvolvimento perfeitamente normal quanto ao crescimento de suas partes e à coloração das folhas, que era a verde escuro, característica do cafeeiro bem nutrido (est. 1-B; 7-A) (1).

3.3—DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO

Após a omissão do nitrogênio da solução nutritiva, as plantas tiveram um desenvolvimento muito retardado. O desenvolvimento das raízes foi menos prejudicado do que o das partes aéreas dando, por isso, origem a um sistema radicular maior em relação à parte aérea. Não houve diferenciação das gemas laterais para a produção de galhos, ficando as plantas unicamente constituídas da haste principal e suas folhas. Estas exibiam clorose uniforme

(1) As aquarelas que ilustram este trabalho são de autoria do Sr. José de Castro Mendes, desenhista do Instituto Agronômico e as reproduções feitas em tamanho natural.

no limbo, caracterizada por uma coloração amarelo-limão sem brilho (est. 6 e 7-B). Essa clorose era ainda uniforme na planta toda, isto é, todas as folhas de uma mesma planta tinham, aproximadamente, a mesma coloração. No solo nem sempre a uniformidade daquele sintoma é assim tão grande, em consequência de o teor em azoto do solo não ser tão homogêneo quanto o de uma solução nutritiva. Assim, as raízes que se desenvolvem numa parte do solo mais rica naquele elemento, o absorverão em maiores proporções e, como a translocação lateral dos elementos no interior da planta é muito lenta, certas partes apresentam-se mais cloróticas do que outras.

3.4—DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

Em todas as duas séries de plantas que passaram a vegetar em solução nutritiva sem fósforo, o crescimento dos cafeeiros reduziu-se ao mínimo, quase parализando, pouco tempo após a omissão daquele elemento e mostrando, logo a seguir, sintomas característicos. Com efeito, duas semanas após a omissão do fósforo, já se notava uma coloração amarelo-bronzeada muito leve nas folhas, e dois meses e meio mais tarde, eram evidentes as manchas necróticas nos limbos. Os sintomas apareceram a partir das folhas inferiores, que iam aos poucos caindo. As manchas achavam-se irregularmente distribuídas na área das folhas, que eram de um tamanho abaixo do normal (est. 8-A e B). As raízes apresentavam coloração escura. Em um estado avançado da deficiência restavam apenas as folhas da parte superior, conforme se pode ver na estampa 2.

A uma das plantas que apresentavam sintomas agudos de falta de fósforo, administrou-se novamente esse elemento, adicionando-o à solução. A reação da planta foi imediata e completa, como se observa na estampa 2-A. A parte aérea se reconstituiu completamente e novas raízes surgiram em abundância.

Os resultados por nós obtidos quanto à deficiência do fósforo estão em completo desacôrdo com aquêles a que chegou Jacob (6, 7), pois este autor não conseguiu obter nenhum sintoma dessa deficiência na cultura que fez, de cafeeiro em solução nutritiva.

A razão disso deve estar no fato de haver Jacob trabalhado com a solução nutritiva de Shive (9), que contém grande quantidade de fósforo. De fato, o seu teor neste elemento é cerca de cento e dez vezes maior do que na solução por nós empregada. Nestas condições, as plantas puderam absorver excesso de fósforo durante o período inicial do ensaio, quando se desenvolveram em solução nutritiva completa, excesso esse que foi suficiente para o desenvolvimento posterior na solução sem fósforo.

Tanada (10), trabalhando com solução nutritiva, concluiu que a deficiência de fósforo produz acúmulo de nitrogênio na planta, não tendo notado nenhum sintoma folhar da deficiência de fósforo. Isto deve ser atribuído ao fato de aquêle autor haver concluído seus ensaios apenas seis semanas após a omissão do fósforo da solução nutritiva, já que seu objetivo principal não era obter sintomas folhares. Além disto, usou uma solução nutritiva

com o dôbro de fósforo da que usamos e também um volume duplo de solução disponível a cada planta, o que corresponde a uma quantidade de fósforo cêrca de quatro vêzes maior do que aquela por nós empregada.

Os resultados que obtivemos quanto à reação do cafeeiro ao fósforo, estão mais de acôrdo com a literatura e observações referentes às culturas permanentes. Assim é que Niklas e Schropp (8), em experiências em vaso, concluíram que as plantas que receberam P_2O_5 mostraram crescimento mais exuberante. Também Camargo (1), concluiu, de suas experiências em vaso, que o fósforo é o elemento cuja influência é a mais evidente sôbre o desenvolvimento do cafeeiro. Além disso, em nossos solos pobres em fósforo, o cafeeiro reage prontamente à aplicação daquele elemento.

3.5—DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO

As plantas que passaram a vegetar em solução nutritiva sem potássio apresentaram ainda bom desenvolvimento após a supressão dêsse elemento, e sômente oito meses depois desta, os sintomas se apresentaram com nitidez (est. 3-A). Deve-se isto, possivelmente, ao fato de terem absorvido excesso de potássio durante o tempo que vegetaram em solução completa.

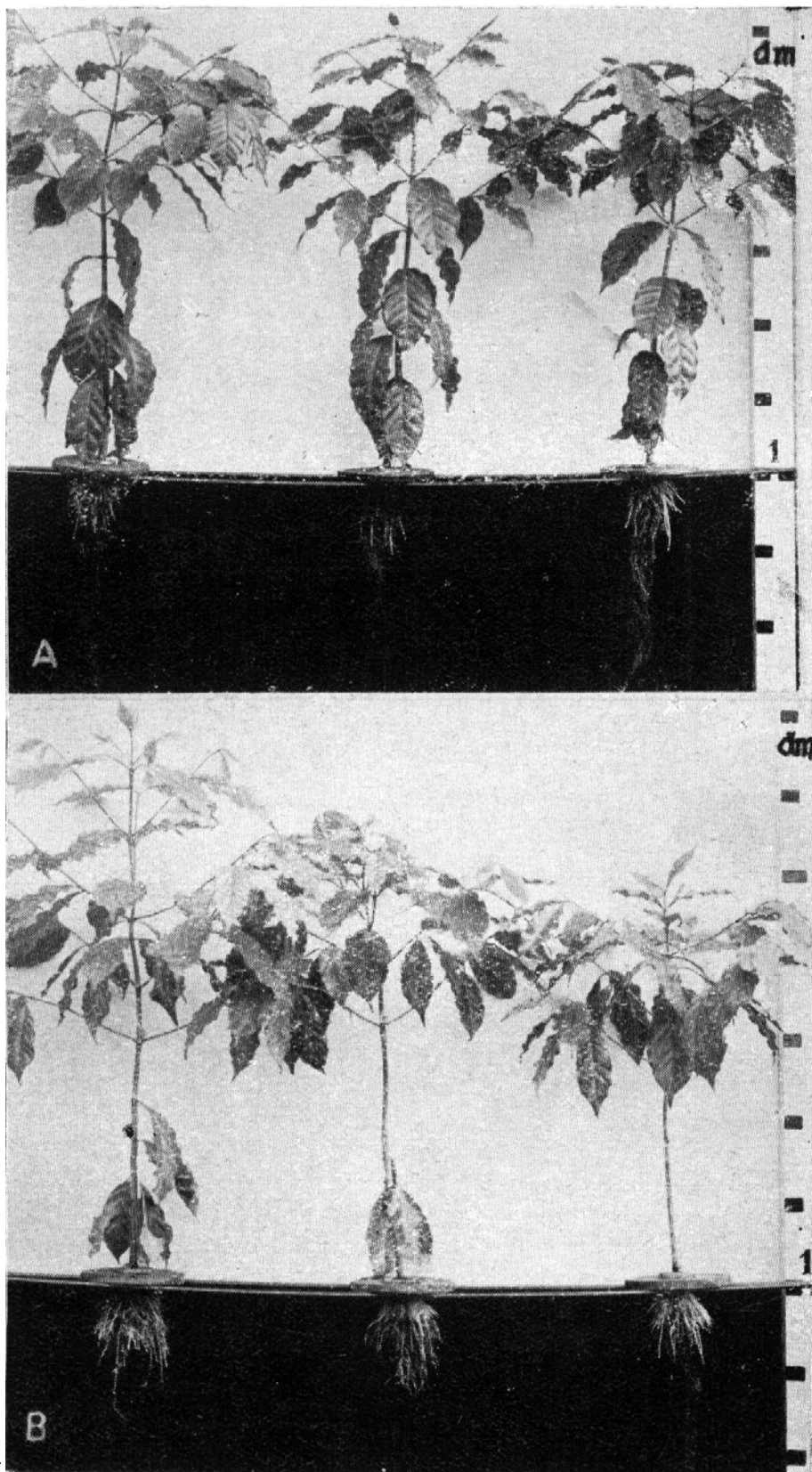
Os sintomas típicos progressivos, da deficiência nas fôlhas, estão representados na estampa 9. Primeiramente apareceu uma coloração amarelo-pardacenta nas margens das fôlhas. Essa coloração evoluiu para manchas pardas bem nítidas e irregulares, que mais tarde se tornaram necróticas. Os sintomas apareciam a partir das fôlhas mais velhas, ligadas à haste, e coincidem perfeitamente com os descritos na literatura. O desenvolvimento das raízes foi mau.

3.6—DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO

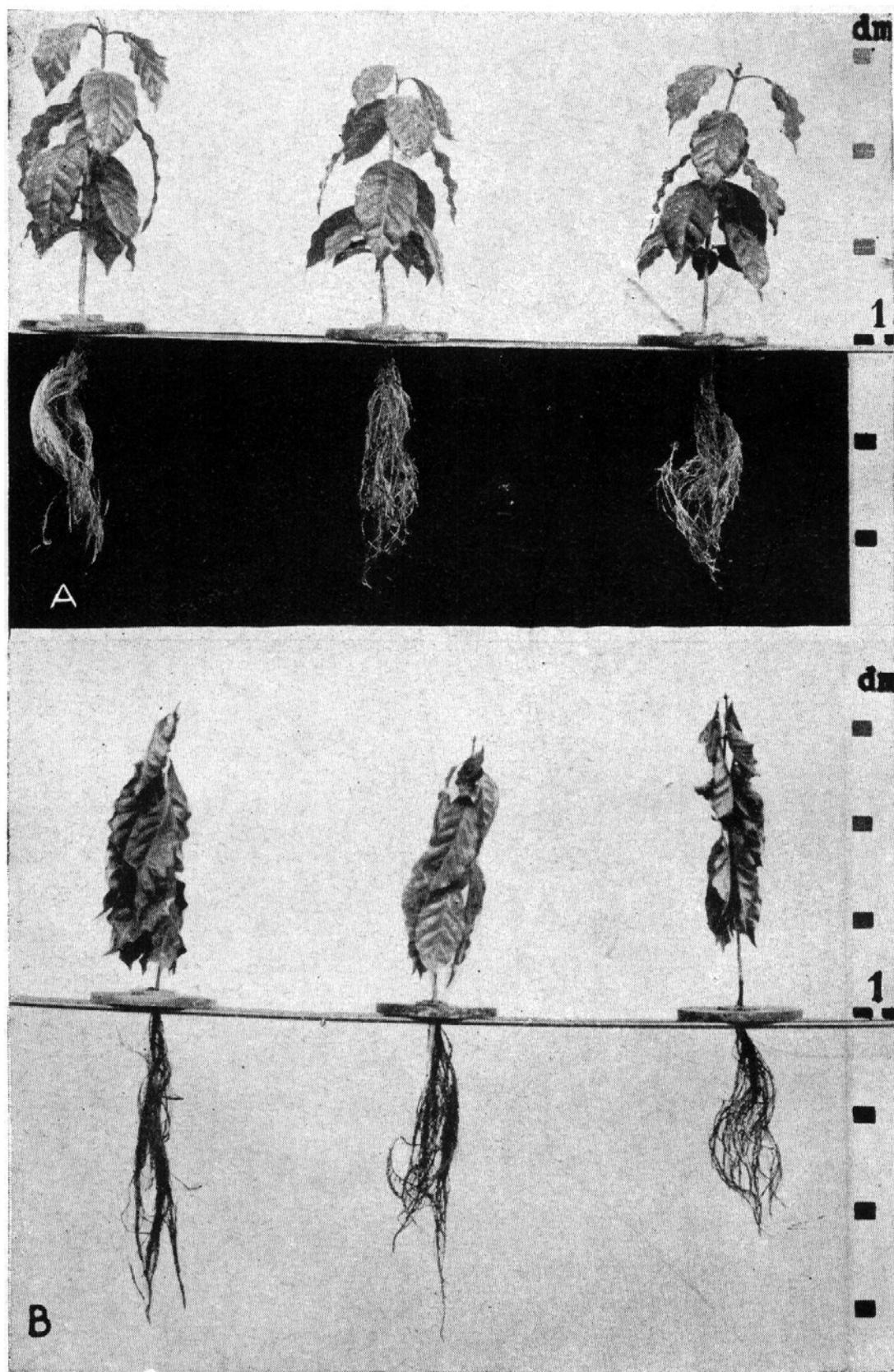
Na solução nutritiva sem magnésio, as plantas tiveram desenvolvimento normal durante muito tempo. O primeiro sintoma observado foi uma clorose irregular no limbo das fôlhas inferiores, ligadas à haste (est. 3-B). Quando essa clorose se tornava mais avançada, as fôlhas se desprendiam da planta. Êsses sintomas progrediram a partir das fôlhas inferiores para as mais novas. Ao terminar o ensaio, catorze meses após a omissão do magnésio da solução nutritiva, as plantas haviam já perdido tôdas as fôlhas ligadas à haste e bases dos galhos, restando nelas apenas as mais novas, ponteiras. Na estampa 11 reproduzimos a clorose proveniente da deficiência dêste elemento, observada em fôlhas adultas.

3.7—DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO

Após a transferência dos cafeeiros para a solução sem cálcio, o desenvolvimento das plantas ficou praticamente paralisado. Poucas semanas após, o brôto terminal mostrava-se pardacento, morrendo logo em seguida (est. 10-A). As fôlhas curvaram-se para baixo formando ângulo agudo em relação ao caule (est. 4-A). Provavelmente, isto se dá devido à formação insuficiente de pectato de cálcio, que é o principal elemento de sustentação dos pecíolos.



A — Plantas da série sem potássio, fotografadas 9 meses após a omissão desse elemento. Notar o fraco desenvolvimento das raízes. B — Plantas da série sem magnésio, mostrando a queda das folhas mais velhas do tronco e bases dos ramos, fotografadas 9 meses após a omissão desse elemento.



Série sem cálcio: A — sintomas típicos da deficiência deste elemento. Notar a morte do brôto terminal e o arqueamento das fôlhas. B — Estado final da deficiência. Fotografias tomadas, respectivamente, 4 e 10 meses após a omissão daquele elemento.

As pontas das raízes morreram logo no início do aparecimento dos sintomas. A seguir, manifestou-se nas folhas mais novas uma clorose, mais intensa nas margens, e que aos poucos progredia, tomando todo o limbo. À medida que progredia, transformava-se numa coloração pardo-cobreada (est. 10-B e C).

As folhas mais velhas foram as últimas a exibir os sintomas acima descritos.

A morte das raízes progredia também paralelamente. Por fim, toda a planta morria, sem, entretanto, soltar as folhas (est. 4-B).

3.8—DEFICIÊNCIA DE ENXÔFRE

Cinco meses após a omissão do enxôfre da solução nutritiva, as plantas mostravam leve clorose nas folhas mais novas (est. 5-A). Aconteceu, entretanto, que, por uma inadvertência, ao se colocar ferro na solução, como de costume, empregou-se o sulfato ferroso. A isto as plantas reagiram com o desaparecimento da clorose em poucos dias.

Omitido, logo a seguir, o enxôfre da composição da solução nutritiva, as plantas voltaram novamente, mais tarde, a exibir o sintoma característico da deficiência, que é uma clorose típica amarelo-citrina, nas folhas mais novas. Estas, porém, se conservaram túrgidas e com o brilho característico de folhas jovens (est. 8-C).

O desenvolvimento das plantas foi praticamente normal até se dar o ensaio por terminado, catorze meses após a omissão dos elementos em estudo.

3.9—DEFICIÊNCIA DE FERRO

O ferro é um elemento cujo sintoma de deficiência é dos mais constantes entre as plantas. Também no cafeeiro os sintomas foram os geralmente conhecidos nas outras espécies. As folhas apresentaram uma clorose no parênquima, permanecendo, entretanto, as nervuras bem verdes (est. 7-C). Apenas as partes das plantas que cresceram após a transferência para a solução sem ferro é que mostravam sintomas de deficiência daquele elemento. As partes que haviam crescido na solução completa inicial continuaram com aspecto normal, já que o ferro não se transloca com facilidade entre os tecidos das plantas. O desenvolvimento das plantas foi também praticamente normal (est. 5-B).

4—RESUMO E CONCLUSÕES

Foram estudados, em soluções nutritivas, os sintomas manifestados pelo cafeeiro quando há deficiência dos seguintes elementos: **N, P, K, Ca, Mg, S e Fe**. As plantas testemunhas vegetaram sempre em solução nutritiva completa, enquanto as outras, após serem cultivadas durante várias semanas naquela solução, foram transferidas para soluções deficientes em cada um dos elementos em estudo. Obteve-se, assim, o quadro sintomatológico das deficiências dos elementos minerais acima citados.

A eliminação do fósforo da solução nutritiva provocou o aparecimento, após poucas semanas, dos sintomas característicos dessa deficiência, em oposição aos resultados de Jacob (6, 7), que não obteve tais sintomas cultivando o cafeeiro durante vários meses em solução nutritiva sem fósforo. A causa dessa divergência nos resultados deve estar na diferença das soluções empregadas.

O cafeeiro absorve dificilmente o ferro de soluções nutritivas quando o *pH* destas está acima de 5,5, manifestando-se então a característica clorose do parênquima folhar. A fim de facilitar a absorção daquele elemento, as plantas foram, quando necessário, colocadas em solução sem fosfatos durante vários dias, ao se proceder a substituição regular das soluções. Somente após esse interregno é que se adicionou o fosfato às soluções que o deveriam conter.

As fotografias e estampas coloridas ilustram os resultados obtidos.

SUMMARY

Coffee plants (*Coffea arabica* L.) were grown in nutrient solutions for the purpose of studying deficiency symptoms of the following elements: nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sulphur and iron.

The methods employed in the growing of coffee plants in the nutrient solutions are described. After preliminary tests with several nutrient solutions Hoagland's formula was selected as most suitable for the present tests. However, the quantity of phosphate employed in the basic nutrient solution was reduced to one third of that given in Hoagland's formula. This reduction in phosphate was made because of the previous results obtained by Jacob which seemed to indicate that the coffee plant requires only very small amounts of phosphorus.

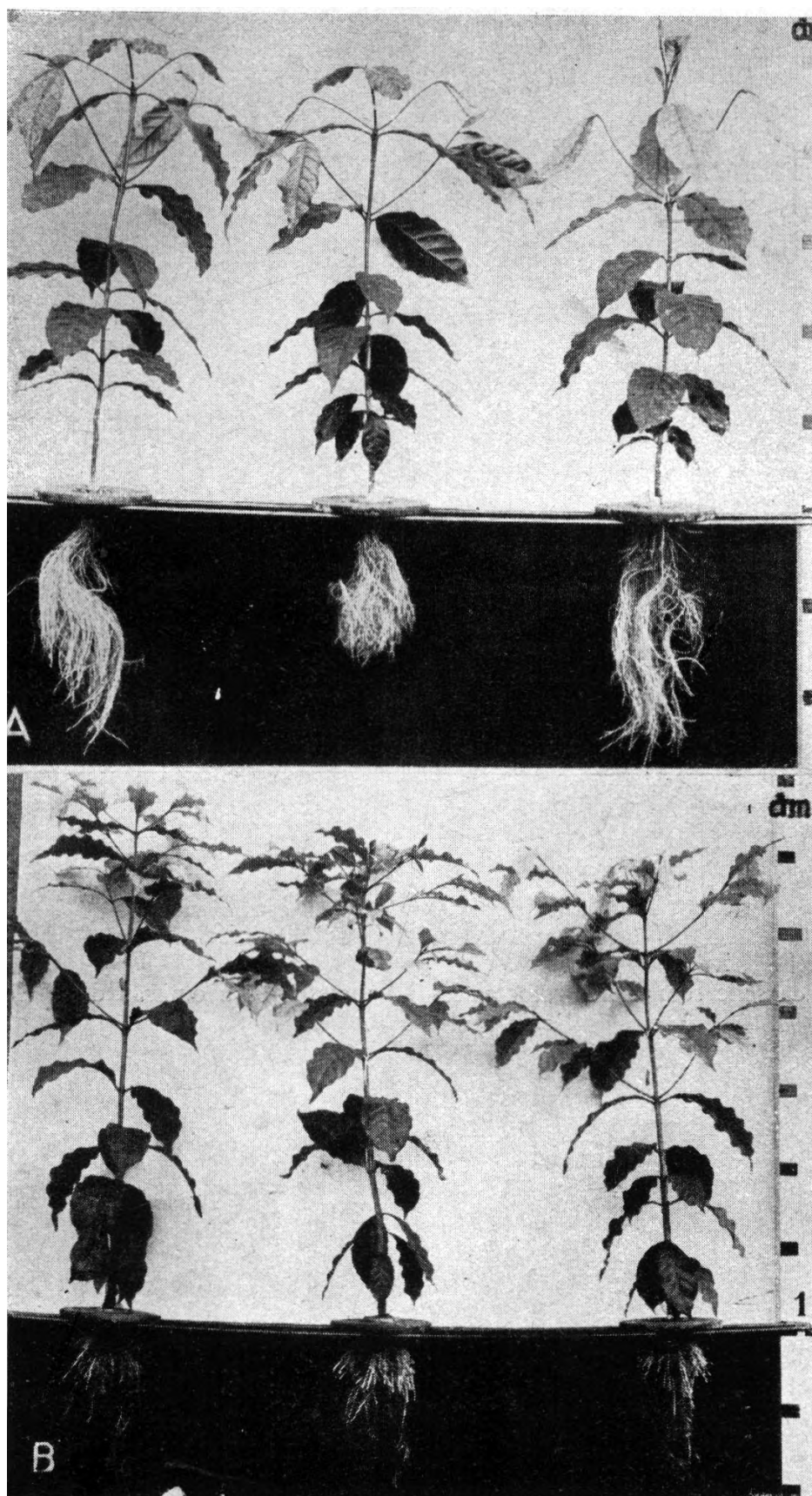
In the present tests phosphorus deficiency symptoms were obtained and these results suggest that Jacob's failure to obtain phosphorus deficiency symptoms may be ascribed to use of Shive's solution, which has a very high phosphate content. While growing in this complete nutrient solution his plants may have stored enough phosphorus to supply their needs later when they were transferred to the solution lacking this element.

In the course of the present investigation it was found that in the nutrient solutions containing KH_2PO_4 and having a *pH* higher than 5.5, the coffee plant absorbs insufficient iron. This difficulty of iron absorption by the coffee plants grown in nutrient solution was overcome by a technique previously described that is, when iron deficiency symptoms appeared on plants being tested for other deficiencies the nutrient solution was changed and the new solution used contained no phosphate. The plants were allowed to grow in this solution for two to four days and then the phosphate was added. In this way the plants absorbed sufficient iron for their requirements.

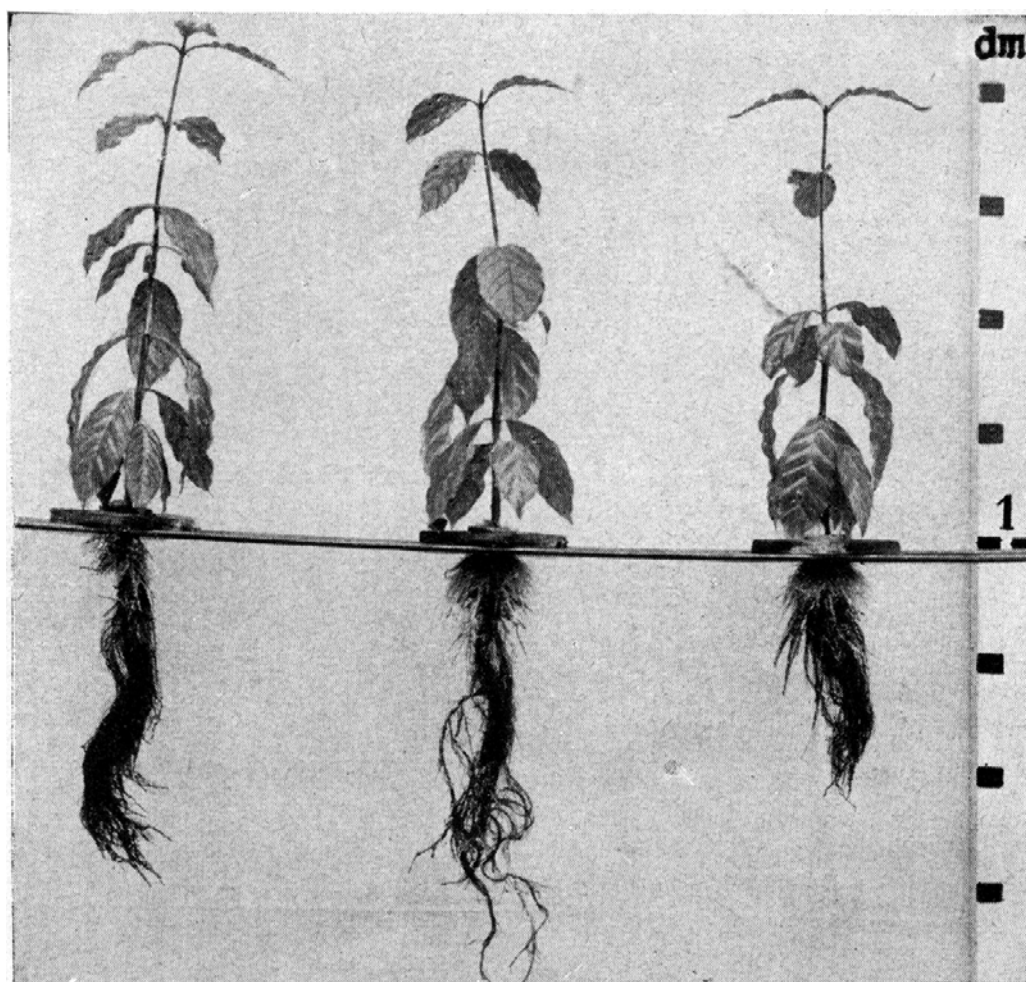
The present paper describes and the color plates illustrate the symptoms on coffee plants that were associated, in the present studies, with nutrient solutions deficient in the various elements listed.

LITERATURA CITADA

1. Camargo, T. A. Influência da relação K/N sobre o desenvolvimento do cafeeiro durante o primeiro período de vegetação. Bol. Téc. do Instituto Agrônomo de Campinas 5 : 1-5. 1937.
2. Camargo, T. A., R. Bolliger e P. C. Melo. Sobre a influência da concentração em íons hidrogênio do meio de cultura sobre o desenvolvimento do cafeeiro. (*Coffea arabica* L.). Bol. Téc. do Instituto Agrônomo de Campinas 3 : 1-5. 1935.

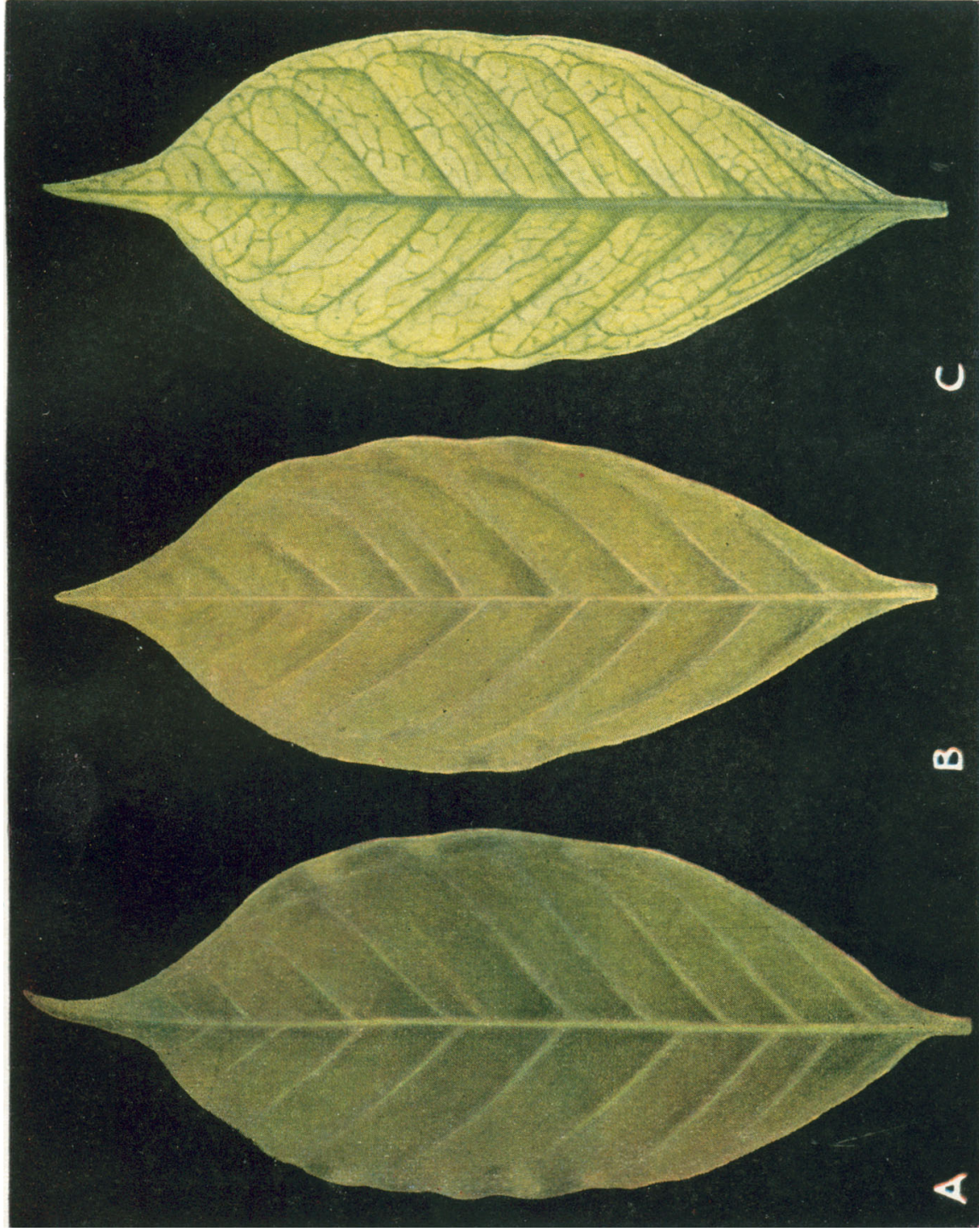


A — Plantas da série s, a enxôfre, fotografadas 5 meses após a omissão dêsse elemento.
B — Plantas da série sem ferro, 9 meses após a omissão dêsse elemento.

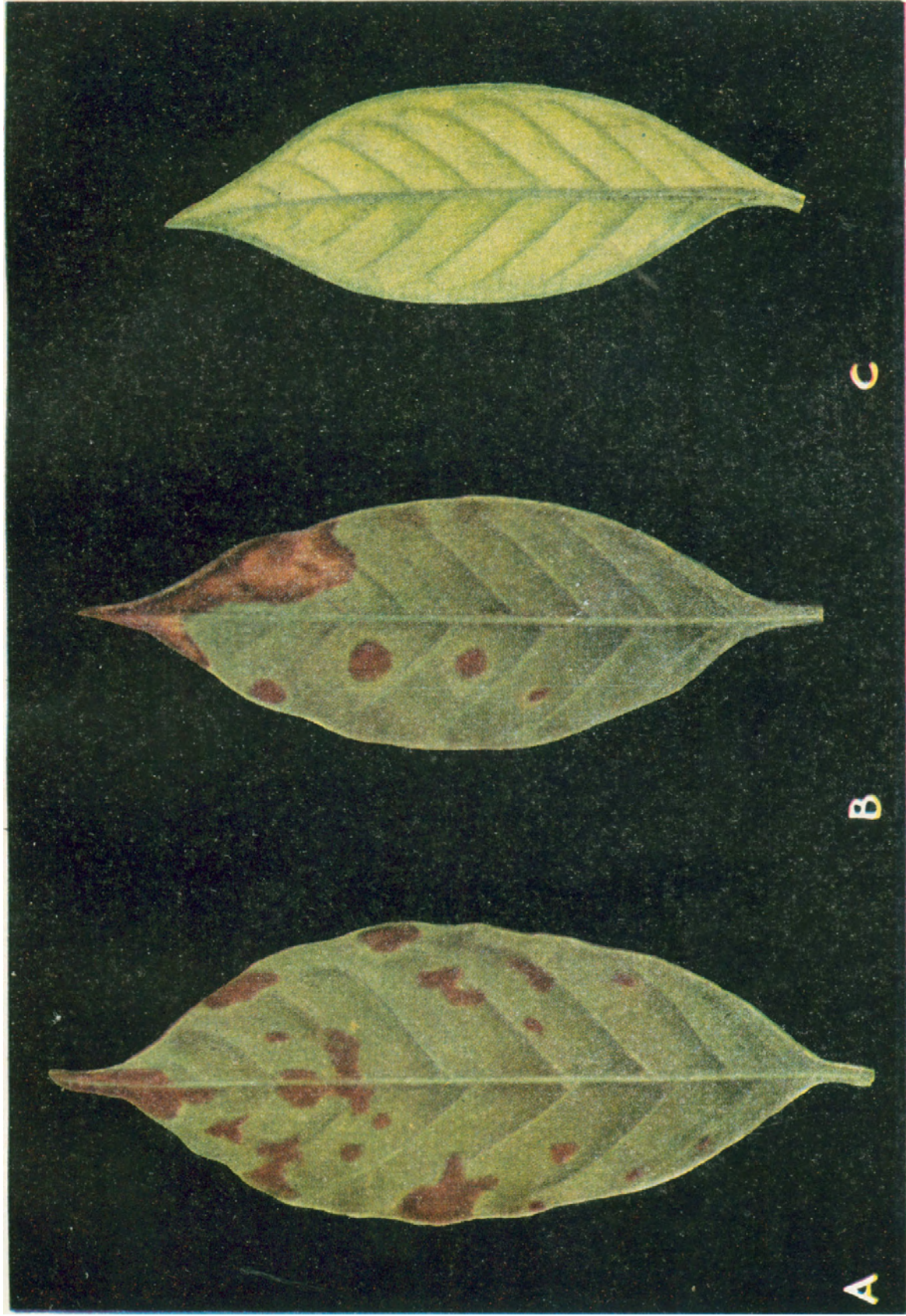


Plantas da série sem azoto, fotografadas 10 meses após a omissão desse elemento.

3. **Franco, C. M. and W. E. Loomis.** The absorption of phosphorus and iron from nutrient solutions *Pl. Phys.* **22** : 627-634. 1947.
4. **Hoagland, D. R. and D. I. Arnon.** The water-culture method for growing plants without soil. *Cir. Univ. of Calif. Agr. Exp. Sta.* **347** : 1-39. 1938.
5. **Hoagland, D. R. and T. C. Broyer.** Hydrogen ion effects and the accumulation of salt by barley roots as influenced by metabolism. *Amer. Jour. Bot.* **27** : 173-185. 1940.
6. **Jacob, J. C.** Voorloopige mededeeling over watercultures met koffie. *De Bergcultures* **10** : 1645-1651. 1936.
7. **Jacob, J. C.** Voedingsphysiologische Onderzoekingen Bij *Coffea arabica* L. *Archief voor de Koffiecultur* **12** : 1-48. 1948.
8. **Niklas, H. und W. Schropp.** Ueber einige Duengungsversuche zu sub-tropischen und tropischen Nutzpflanzen unter besonderer Beruecksichtigung der Phosphorsaeure-duengung. *Der Tropenpflanzer* **34** : 269-277. 1931.
9. **Shive, J. W.** A study of physiological balance in nutrient media. *Physiol. Res.* **1** : 327-397. 1915.
10. **Tanada, T.** Utilization of nitrates by the coffee plant under different sunlight intensities. *Jour. Agric. Res.* **72** : 245-258. 1946.



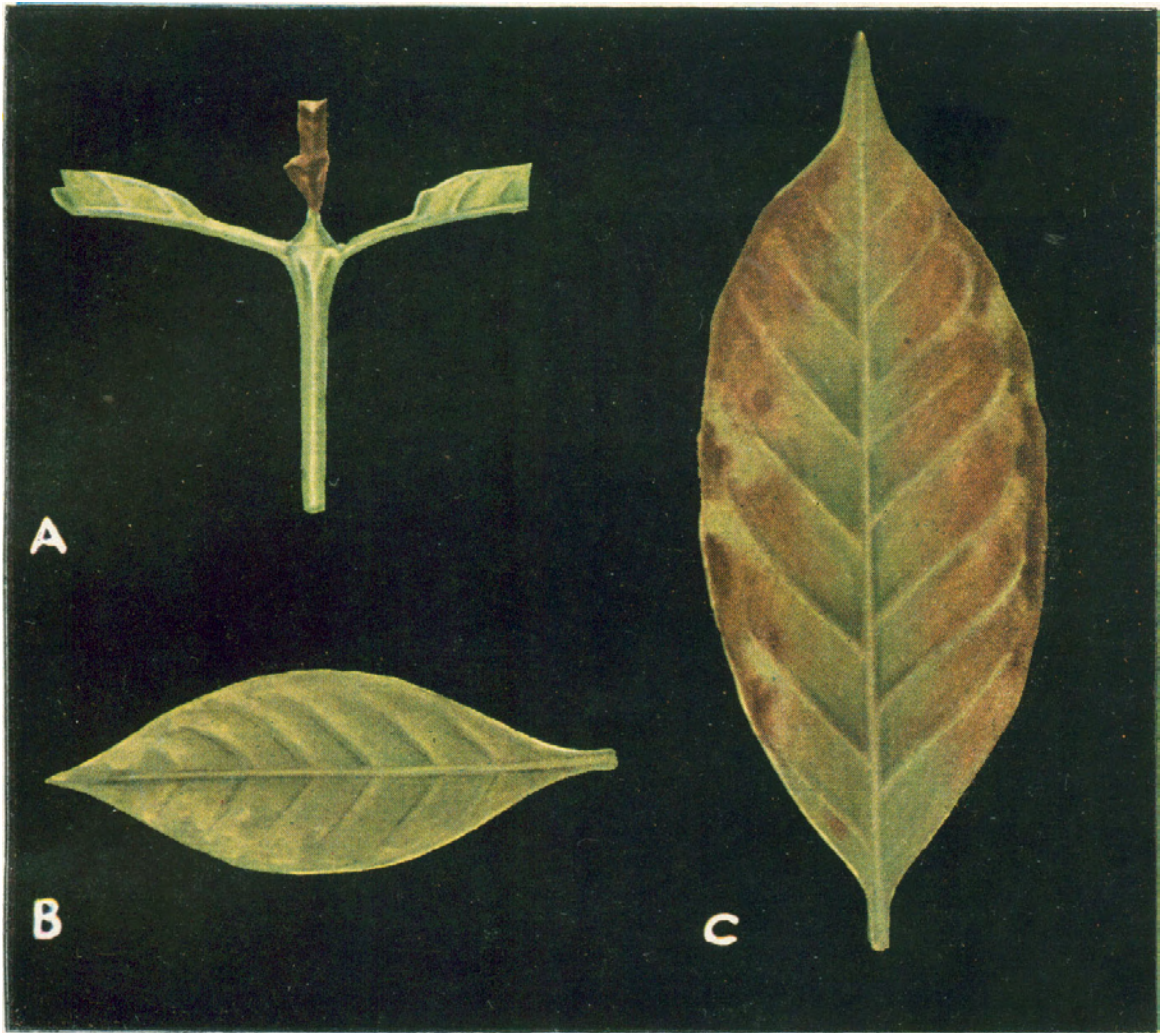
A — Fólha de uma planta da série que vegetou em solução nutritiva completa. B — Deficiência de azoto. C — Deficiência de ferro.



A e B — Deficiência de fósforo. C — Deficiência de enxofre.



Sintomas progressivos da deficiência de potássio.



Deficiência de cálcio: A — Morte do brôto terminal; B — clorose inicial; C — estado avançado da deficiência.



Deficiência de magnésio.