

LOUIS NEPTUNE MENARD

Engenheiro - Agrônomo

Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas

EFEITOS DO FÓSFORO E DE ALGUNS MICRONUTRIENTES
NO CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFEEIRO
(*Coffea arabica* L, var. Caturra, K.M.G.)
CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Tese de Doutorado apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz";
da Universidade de São Paulo

Outubro 1956

Piracicaba - Estado de São Paulo

BRASIL

AOS MEUS MESTRES

na "Luiz de Queiroz"

aviventadores de meus ideais
plasmadores de meu amor à Terra
fatores de minha brasilidade

HUMILDE PREITO

de admiração por seu saber
de reconhecimento por suas lições
de gratidão por sua amizade

A mis Profesores de la Facultad de Agro
nomia de Venezuela, respetuosos y perennes recuerdos.

1	- INTRODUÇÃO.....	1
2	- REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1	- Estudos sobre nutrição do cafeeiro com relação - aos micronutrientes por nós usados	3
2.2	- Estudos sobre nutrição de outras plantas com re- lação aos micronutrientes por nós usados	4
2.2.1	- Ferro.....	4
2.2.2	- Relações Ferro-Manganês-Cobre-Molibdênio	7
2.2.3	- Manganês.....	10
2.2.4	- Zinco.....	13
2.2.5	- Cobre.....	16
2.2.6	- Molibdênio	20
3	- MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	- Cultivo das plantas.....	24
3.1.1	- Semeadura.....	24
3.1.2	- Solução nutritiva.....	24
3.2	- Purificação da água, dos sais e dos ácidos.....	27
3.2.1	- Purificação da água.....	28
3.2.2	- Purificação dos sais.....	28
3.2.3	- Purificação dos ácidos.....	28
3.3	- Teste da água e dos sais.....	29
3.4	- Análise química das plantas.....	29
3.4.1	- Preparo dos extratos.....	29
3.4.2	- Determinação dos elementos.....	30
3.4.3	- Medidas das plantas.....	31
3.4.4	- Cortes anatômicos das folhas.....	31
3.4.5	- Fotografias.....	31
4	- RESULTADOS EXPERIMENTAIS - Discussão.....	31
4.1	- Morfologia e anatomia.....	32
4.1.1	- Planta testemunha.....	32
4.1.2	- Planta sem fósforo.....	33
4.1.3	- Planta com mais fósforo.....	33
4.1.4	- Planta sem ferro.....	34
4.1.5	- Planta com mais ferro.....	34
4.1.6	- Planta sem manganês.....	35
4.1.7	- Planta com mais manganês.....	35
4.1.8	- Planta sem zinco.....	36
4.1.9	- Planta com mais zinco.....	36
4.1.10	- Planta sem cobre.....	37
4.1.11	- Planta com mais cobre.....	38
4.1.12	- Planta sem molibdênio.....	38
4.1.13	- Planta com mais molibdênio.....	39
5	- MEDIÇÃO DAS PLANTAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	40
5.1	- Folhas e ramificações.....	41
5.2	- Peso das plantas.....	41
5.3	- Altura total das plantas.....	42
6	- ANÁLISES QUÍMICAS.....	42
6.1	- Análise da semente.....	42
6.2	- Análise das plantas.....	43
7	- RESUMO E CONCLUSÕES.....	50
8	- AGRADECIMENTOS.....	55
9	- BIBLIOGRAFIA.....	57

1 - INTRODUÇÃO

Signature

A taxonomia da *Coffea arabica* L. var. Caturra foi estudada por KRUG, MENDES e CARVALHO (1949). Tal variedade é denominada café Nanico ou caturra vermelho. Vermelho, pela cor de seus frutos; caturra, por seu pequeno porte. KRUG e colaboradores registram plantas de onze anos com a altura de 2 metros. Seus internódios são bem curtos e intensa a ramificação secundária.

No café assenta a base econômica do Brasil. Apesar disso, são poucos os conhecimentos da fisiologia dessa planta, no que tange à absorção e acumulação dos micronutrientes.

É incontestável a importância teórica e prática do estudo do desenvolvimento duma planta (seu crescimento, distúrbios fisiológicos e relações químicas), quando na ausência ou excesso de elementos essenciais.

De acordo com BONNER (1955) reduzem-se a três os objetivos principais no estudo da nutrição mineral da planta:--

- primeiro, determinação dos elementos necessários às plantas para seu desenvolvimento.

- segundo, determinação das condições nutritivas ótimas e da concentração ótima de cada um dos elementos essenciais.

- terceiro, estudo dos sintomas de desnutrição provocada na planta pela ausência de determinados elementos.

A esses objetivos poderíamos acrescentar um quarto, que consistiria no estudo dos sintomas de desnutrição provocada na planta pelo excesso de determinados elementos.

Quanto ao cafeeiro, não possuímos dados suficientes no que concerne à ação dos micronutrientes, cuja importância não há mister comprovar, pois é sobejamente conhecida. Bastaria citar a monumental "Bibliography of Minor Elements", editado pela - Corporação do Nitrato Chileno. Aliás, o ensaio realizado no Brasil por MEDCALF, LOTT e colaboradores (1955) afastar-nos-ia de quais--

signature

quer dúvidas. Fizeram êles aplicações de micronutrientes no solo, na forma de "quelatos" (vide 3.1.2) e obtiveram resultados que dis- pensam comentários, como podemos ver no quadro que passamos a re- produzir:-

Cereja - gramas por cova

VARIETADES

Tipo de Quelato	Bourbon Vermelho	Caturra	Mundo Novo	MÉDIA
Cobre	1252	669	2670	1530
Ferro	1629	1017	2269	1638
Manganês	1747	671	1289	1236
Zinco	843	1233	2148	1408
Combinação	1143	1319	1961	1474
Testemunha	310	213	1157	560
MÉDIA	1154	854	1916	---

Empregamos o t ermo "micronutrientes", mas na literatura deparamos tamb em com outros sin nimos:- "elementos tra- os", "elementos menor s", "elementos raros" e "oligo el ments". AR- NON (1950) apresentou objeções a êstes últimos têrmos, com o que concordamos. Afirma  sse Autor que tais elementos não são raros, - porque existem tanto na planta, como no solo; não são menores por- que sua carência provoca s rios distúrbios fisiológicos e não são traços, porque sua presença pode ser determinada. Continuaremos, - pois, a usar o t ermo "micronutrientes" e, similarmente, "macronu- - trientes".

Os micronutrientes cuja essencialidade foi com- provada são:- ferro, manganês, cobre, zinco, boro, molibdênio e - cloro. Êste último entrou recentemente na lista, após o trabalho - de BROYER e colaboradores (1954). Em nosso estudo, usamos s mente os seguintes:- ferro, manganês, zinco, cobre e molibdênio.

Propôs-se o Dr. Eurípedes Malavolta, Professor

Contratado de Química Orgânica e Biológica desta Escola Superior - de Agricultura "Luiz de Queiroz" realizar com seus colaboradores - uma série de estudos sobre a fisiologia do cafeeiro. Nela se integra o presente trabalho. Moveu-nos a esperança de elucidarmos alguns dos processos da nutrição da preciosa rubiácea.

Foi nosso objetivo estudar:-

1) - os efeitos do fósforo, ferro, manganês, zinco, cobre e molibdênio sobre o crescimento e composição do cafeeiro, fornecidos em três níveis diferentes;

2) - a interdependência dos elementos citados e a destes com os macronutrientes. Convém, no entanto, ressaltar - que, quanto ao fósforo, somente estudamos sua relação com o ferro, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio;

3) - os sintomas que, por excesso ou carência desses elementos, apareceram.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Estudos sobre nutrição do cafeeiro com relação aos micronutrientes por nós usados.

FRANCO e MENDES (1949) estudaram em soluções nutritivas os sintomas manifestados pelo cafeeiro na ausência dos seguintes elementos:- nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e ferro. Não fizeram, porém, as análises químicas das plantas nessas condições.

FRANCO e MENDES (1953) observaram plantas de cafeeiro cultivadas em terra roxa, no Estado de São Paulo, e que apresentavam folhas miúdas, retorcidas. Atribuíram o fato à deficiência de zinco. GONZALES e CAMACHO (1952) na Costa Rica, estudando semelhantes sintomas, tiveram a mesma conclusão.

MALAVOLTA (1954) foi quem primeiro assinalou - que, na ausência de manganês nas soluções nutritivas, o cafeeiro - sofria retardamento acentuado de crescimento.

PERALTA, citado por SYLVAIN (1954) estudou, em Costa Rica, uma doença do cafeeiro; chamada "café macho". Após uma série de análises de solos e de folhas de café encontrou que as fôlhas afetadas contêm 5 vezes mais manganês e apresentam baixo teor de zinco. A doença seria, pois, devida a toxidez do manganês e o baixo teor de zinco seria também consequência dessa toxidez.

2.2 - Estudos sôbre nutrição de outras plantas, com relação aos micronutrientes por nós usados.

2.2.1. - Ferro - Quase todos os sistemas enzimáticos dependentes do ferro envolvem moléculas de porfirina. Assim, o sistema citocromo é composto de várias ferro-porfirinas:- citocromo oxidase e citocromos a, b, c, etc..

O citocromo c e a citocromo oxidase são largamente distribuídos nas espécies vegetais, sobretudo em embriões de plantas (milho, aveia). Catalase e peroxidase são também duas ferro-porfirinas que estão presentes em todos os tecidos. NASON (1952) mostrou que a deficiência de ferro era responsável por uma perda de 62% da atividade enzimática da peroxidase. BROWN e HOLMES (1955) verificaram que a atividade enzimática da catalase era comparativamente mais baixa nas plantas cloróticas, do que nas deficientes em cobre (v.g. milho, tomate e tabaco).

O sistema citocromo, a catalase, a peroxidase desempenham um papel importante no transporte e utilização do oxigênio para necessidades de energia.

O ferro é relativamente abundante nas plantas e revelou-se essencial para o crescimento das mesmas. Sua presença é indispensável para a coloração verde da clorofila, mas não entra na formação da sua molécula, pelo que é tido como catalisador.

Considera-se um elemento imóvel, não redistribuído. Já em 1916 GILE e CARRERO haviam verificado essa imobilidade.

Deparamos com três fatores no processo de absor

ferro

ção do ferro:- a) o pH; b) a concentração do fósforo; c) a forma química do ferro.

a) pH - PATTEN e MAIN (1920) acharam que o ferro era precipitado na solução em pH variando de 3,5 - 6,0; entretanto a 6,0 e acima, tornava-se quase impossível a sua absorção na planta.

HOPKINS e WANN (1926) corroboraram a opinião dos autores precedentes e acharam dificuldades no crescimento das plantas em pH = 6,0, devido ao fato de o ferro ser removido por adsorção sobre fosfato de cálcio que gradualmente se vai precipitando, à medida que a solução se torna alcalina.

OLSEN (1935) provou que pH alto e alta concentração de fósforo da solução nutritiva induzem a clorose e sugeriu que alta concentração de fósforo causaria precipitação do ferro ao largo das nervuras da folha.

FRANCO e LOOMIS (1947) testemunharam que a absorção do ferro é reduzida pelo fósforo a um pH 6 ou superior.

BIDDULPH (1952) assinalou que a precipitação - pelo ion fosfato é determinada pelo pH.

b) Concentração do fósforo

AIYAR (1946) achou que crescente concentração de fósforo causava aumento no teor de fósforo nas raízes, mas implicava decréscimo nos teores de nitrogênio e ferro.

BIDDULP e WOODBRIDGE (1952), REDISKE e BIDDULP (1953) apresentaram os seguintes resultados:- 1ª) quando na solução nutritiva o fósforo supera o ferro, forma-se nas raízes ou sobre elas um precipitado de fosfato férrico. Tal excesso de fósforo é responsável pela imobilização do ferro e outros ions; 2ª) quando presente ferro em abundância sobre fósforo, a ocorrência de fósforo iônico na solução é eliminada pela formação de um fosfato férrico complexo. O excesso de ferro forma hidróxidos que também contri

ferro

buem para essa precipitação; 3ª) a percentagem de fósforo nas raízes é maior nas soluções de alta concentração de ferro.

HEWITT e BOLLE-JONES (1953) acharam que o teor de fósforo diminui com alto teor de ferro ou de potássio e que o teor de cálcio diminuía com fornecimento de alto nível de ferro.

BOLLE-JONES (1955) demonstrou que as plantas de batatinha mantidas a baixos níveis de Fe mostraram-se cloróticas na presença de CaCO_3 ou de altos níveis de P ou na deficiência de K.

GUBLER (1956) é de opinião que, formando o ion férrico facilmente complexos insolúveis e indissociáveis com ion fosfato, a presença de fosfato em abundância pode reduzir a absorção do ferro.

c) Forma química do ferro

O ferro nas células das plantas ocorre principalmente na forma insolúvel. A maior parte desse elemento (ERKAMA, 1950) encontra-se nos cloroplastos ou no citoplasma e, em especial, na forma de ion férrico. Esse ion inativo residual parece ser inoperante na formação da clorofila. Por outro lado, a fração diretamente relacionada com os cloroplastos, chamada ferro ativo, é mais facilmente solúvel na forma ferrosa.

Todos os autores são concordes na afirmação de que os sintomas de deficiência de ferro são semelhantes na maioria das plantas. As áreas entre as nervuras das folhas tornam-se cloróticas, enquanto que as nervuras permanecem verdes.

Essa clorose, porém, como afirmam muitos autores, é devida a 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. Acontece às vezes que as análises químicas revelam teor mais elevado de ferro nas plantas cloróticas do que nas plantas normais.

Ferreira

Verificou-se que a deficiência em ferro se desenvolve em plantas cultivadas em solos calcários. Tal clorose é ocasionada pela incapacidade de absorção de ferro do solo ou, em alguns casos, da dificuldade de utilização desse elemento absorvido (BROWN e HOLMES, 1955). Mostraram esses autores que as plantas cultivadas em solos calcários reagem diferentemente à deficiência de ferro na clorose. Demonstra isso que o metabolismo do ferro difere nas várias espécies de plantas. E concluíram os mesmos autores:- a incapacidade da planta para absorver o ferro; a inativação do ferro na planta e a interferência do cobre na absorção e utilização do ferro são fatores que parecem coexistir com as diferenças fisiológicas e bioquímicas entre espécies e variedades de plantas diferentes, ainda não elucidadas.

2.2.2. - Relações Ferro-Manganês-Cobre-Molibdênio.

No atual desenvolvimento da Bioquímica, o paralelismo entre os diferentes processos fisiológicos torna-se, dia a dia, mais evidente. Sua importância acentua-se na interpretação do papel dos micronutrientes na fisiologia vegetal. É óbvio que as propriedades características de determinado elemento se evidenciam mais e mais, quando relacionadas com outros fatores metabólicos. Interações e antagonismos podem esclarecer propriedades fisiológicas de cada elemento.

a) Relação Ferro-Manganês

Já TOTTINGHAM e BEER (1916) supuseram um antagonismo ferro-manganês.

Mais tarde, HOPKINS (1930) sugeriu que o manganês tende a controlar a passagem do ferro ferroso a férrico e opinou a possibilidade de explicação da necessidade do manganês e de sua toxidez. No primeiro caso, suficiente quantidade de manganês - deve estar presente para assegurar a oxidação do ferro, após sua redução no organismo; no segundo, grande quantidade desse elemento

resulta em alta concentração de sais férricos ou impede sua redução no organismo.

SHIVE (1941), confirmando a opinião do autor precedente, acrescentou:- 1ª) o ferro funcional nos tecidos está na forma ferrosa; 2ª) o potencial de oxidação do manganês supera o do ferro; 3ª) o ferro férrico é absorvido pela planta e a maior parte é imediatamente reduzida à forma ferrosa pelos sistemas redutores da célula; 4ª) a baixo teor de ferro no substrato, deve corresponder baixo teor de manganês, para crescimento normal; 5ª) a alto teor de ferro deve corresponder alto teor de manganês.

SOMERS e SHIVE (1942) verificaram na soja uma relação de 1,5 para 2,5 entre o manganês e o ferro. Se essa relação ultrapassa 2,5, aparecem sintomas de deficiência do manganês ou toxidez do ferro; se inferior a 1,5, aparecem sintomas de deficiência de ferro ou toxidez do manganês.

HEWITT (1948), interpretando êsses resultados, sugere que a deficiência de ferro e a toxidez de manganês provêm do mesmo distúrbio fisiológico e são semelhantes. O mesmo autor, fornecendo às plantas de beterraba os íons de Pb^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} , Co^{++} , Ni^{++} , Mn^{++} , Cr^{++} a concentrações de 0,5 e 1,0 M.E. (mili-equivalentes) por litro, observou clorose típica de ferro nas folhas novas. A intensidade da clorose seguiu a seguinte ordem:- $Co^{++} > Cu^{++} > Zn^{++} > Ni^{++} > Cr^{++} > Mn^{++} > Pb^{++}$.

Daí, concluir o autor:- 1ª) o manganês não é o único elemento capaz de induzir sintomas de deficiência de ferro e, por isso, pode ser menos ativo que muitos outros metais; 2ª) os efeitos tóxicos do excesso de manganês podem ser facilmente distinguidos dos sintomas de deficiência de ferro; 3ª) as hipóteses baseadas no potencial de óxido-redução parecem ser inadequadas para cabal explicação da atividade dos metais considerados, provocadores dos sintomas de deficiência de ferro. É que mais de um mecanis

fever of time

mo pode ser envolvido.

MORIS e PIERRE (1949) não confirmaram totalmente esses resultados. Cultivando Lespedeza em soluções nutritivas em diferentes níveis de Mn e Fe, esses autores encontraram que a toxidez do Mn em presença de alto nível de Fe era devida a uma redução de aproximadamente 50% do conteúdo do Mn nas plantas. Verificaram, ainda, que os sintomas de toxidez de Mn eram diferentes dos da deficiência de Fe.

SIDERIS e YOUNG (1949) mostraram que não somente era importante a concentração relativa de Fe e do Mn, mas ainda o era a forma de fornecimento do nitrogênio. As concentrações de Fe eram maiores nos tecidos que receberam amônio, enquanto que as concentrações de Mn o eram com nitratos. Os mesmos autores ventilaram a hipótese de que a clorose aparecida em altas concentrações de Mn se explica pela substituição do Fe pelo Mn na protoporfirina 9, precursora da clorofila.

SIDERIS (1950), usando ferro radiativo, Fe^{59} , mostrou que a maior parte do ferro removido das soluções nutritivas era depositado nas raízes, principalmente nas culturas que contém Mn. O transporte de ferro das raízes para as folhas era consideravelmente baixo na presença de Mn. Sugeriu o Autor que a maior parte do ferro ficou em combinação com as frações proteicas das células.

b) Relação Ferro-Cobre

ERKAMA (1950) achou ser a relação Ferro-Cobre mais constante que a do Ferro-Manganês. As plantas, na ausência do cobre, contêm menos ferro por unidade de matéria seca do que na sua presença. Ao contrário, na ausência de manganês, apresentam um teor mais alto de ferro.

O cobre tem sido encontrado fortemente ligado ao protoplasma e se transfere de uma célula a outra por uma troca

fundamente

entre as superfícies. O manganês, ao contrário, parece ser fácil de dialisar através da célula.

MAQUENNE e DEMOUSSY (1920) chamaram a atenção do efeito oxidante do cobre sobre os íons ferrosos nas soluções nutritivas.

O cobre no protoplasma, como no solo, oxida o ferro à forma fênica insolúvel; o manganês catalisa a oxidação do íon ferroso em compostos férricos insolúveis no suco vacuolar. Conseqüentemente, o manganês tem o mesmo efeito sobre o ferro no suco vacuolar, que o cobre no protoplasma.

e) Relação Ferro-Manganês-Molibdênio

WARRINGTON (1954) apresenta a seguinte conclusão: os efeitos tóxicos de altas concentrações de manganês e de molibdênio seriam atenuados pelo acréscimo de ferro na solução nutritiva.

2.2.3. - Manganês - De acôrdo com HEWITT (1955), o manganês pode influenciar a desidrogenação, a descarboxilação oxidativa e não-oxidativa, a hidrólise peptídica, a arginase, o metabolismo do nitrogênio, do ferro e, podemos acrescentar, do cálcio.

Os sistemas desidrogenase ativados pelo manganês ocorrem em plantas, incluindo o sistema de desidrogenase isocitrica, isolado por ADLER, von EULER, GUNTHER e PLASS (1939).

VENNESLAND (1949) registrou que a enzima decarboxilase oxaloacetato, ativado pelo manganês, era largamente distribuído em 13 espécies de plantas investigadas.

NASON e colaboradores (1952) mostraram que a sua ausência (-Mn) aumentava a atividade enzimática da polifenol oxidase do ácido ascórbico, da peroxidase.

A presença do manganês no solo e nas cinzas das plantas foi revelada pela primeira vez por SHEELE (1774), segundo a citação de Mc HARGUE (1922).

Scav. optima

BERTRAND (1897) afirmou que a enzima oxidante, "a lacase dá por incineração cinzas relativamente ricas em óxido - de manganês" (sic) e concluiu que êste elemento é necessário às plantas autotróficas e heterotróficas.

MAZÉ (1914) demonstrou a necessidade do manganês, juntamente com outros elementos, no crescimento do milho.

Mc HARGUE (1922, 1926) comprovou em experiências com areia e soluções nutritivas, que o manganês era também indispensável ao crescimento de considerável número de plantas; sublinhou que o primeiro efeito a ser notado nas plantas desprovidas de manganês é a falta de clorofila nos tecidos recém-formados e registrou, ainda, que êste elemento age nos processos fotossintéticos e na formação de clorofila, juntamente com o ferro. O mesmo autor sugeriu, também, a aparente relação do manganês com a assimilação do nitrogênio e na síntese da proteína, devido a que as plantas leguminosas se mostram mais sensíveis à falta de Mn.

Terminou Mc HARGUE por atribuir a êste elemento o papel de catalisador necessário no metabolismo da planta.

SHREINER e DAWSON (1927) assinalaram a essencialidade do Mn no tomateiro.

BISHOP (1928) estendeu êsse mesmo caráter ao milho, ervilha, feijão e rabanete.

SAMUEL e PIPER (1929) registraram o aumento de matéria sêca em diferentes plantas, motivado pela adição de Mn.

HOPKINS (1930) acrescentou a necessidade do manganês na *Chlorella* sp., acentuando que não houve crescimento na ausência dêsse elemento. O pêso sêco da *Chlorella* sem manganês é de 2,6 mg e, com 1:5.000.000 de Mn, eleva-se a 58,7 mg.

BURSTRÖM (1939) observou o efeito do manganês na assimilação do nitrato em raízes de cereais e chegou à conclusão de que o manganês, e não o ferro, atua como catalisador dessa

assimilação.

sculpture

LUNDEGARTH (1939) usando uma solução com KNO_3 , verificou que, na ausência de manganês, o consumo de oxigênio atingiu 4,05 ml e, na sua presença, 5,95 ml. Concluiu, então, que, sem manganês, havia menos oxigênio e mais nitrato e, com êle, ocorria o inverso.

LEEPER, citado por MULDER (1950) encontrou alta concentração de nitrato nas folhas e caules deficientes em manganês e, na opinião de HEWITT (1949), tal acúmulo indica uma função essencial do manganês na redução do nitrato.

GERRETSEN (1949) estudou a translocação de dióxido de carbono em folhas de aveia normais e deficientes em manganês e registrou que nestas últimas a assimilação do carbono foi reduzida a valores inferiores a $1/3$ da obtida naquelas.

BOKEN (1956) considera possível, sob o ponto de vista agrícola, corrigir a deficiência de manganês nos solos - que contêm considerável quantidade de manganês, suscetível de ser reduzido, aplicando-lhes sulfato ferroso.

HEWITT (1946), citado por WALLACE (1950) registra a correlação entre manganês e cálcio: os efeitos tóxicos do excesso de Mn são grandemente diminuídos quando em presença de alto nível de Ca.

Os sintomas do manganês são-nos apresentados - por vários autores:-

LEE e Mc HARGUE (1928) demonstraram que a doença da cana do açúcar denominada "Pahala blight" é devida à deficiência deste elemento. Caracteriza-se essa doença pela clorose parcial das folhas, com áreas cloróticas em forma de largas faixas brancas, situadas nos limbos. Logo depois, aparecem manchas vermelhas, formando rede contínua. Tal afecção, que domina somente em solos alcalinos ou neutros, seria debelada ministrando-se sulfato de manga

nês em pó, misturado com enxofre.

summary

GLASSCOCH e WAIN (1940) analisando a "marsh spot", doença de determinadas sementes leguminosas, caracterizada por manchas pretas na superfície interna dos cotilédones, depararam com um baixo teor de manganês nas plantas doentes.

REUTHER e BURROWS (1942) relacionaram com a capacidade de troca do manganês no solo a doença a que chamaram "frenching". Esta doença, aparecida na Flórida, em plantações de tungue, caracterizava-se por áreas cloróticas entre as nervuras das folhas.

SAMUEL e PIPER (1928) estudaram os sintomas na aveia, já, aliás, conhecidos sob as denominações "grey speck", "grey stripe", "grey spot" e "dry spot", e caracterizados por pequenas áreas cloróticas que se uniam, formando faixas largas que, gradualmente empardeciam. As plantinhas afetadas murchavam precocemente.

O manganês em excesso também produz uma clorose, no que é concorde a maioria dos autores e, entre eles, SIDERIS e YOUNG (1949; ERKAMA (1950) e LÖHNIS (1950).

2.2.4. - Zinco - As funções deste elemento na planta não estão ainda bem determinadas.

REED e DUFRENOY (1935) opinam que o zinco pode catalisar parte do processo de oxidação nas plantas.

O zinco entra na constituição da molécula da enzima anidrase carbônico, que catalisa a reação: $H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$. Tal fato sugere (STILES, 1948) a idéia de que análogo sistema se realize na planta e intervenha nos processos de oxidação.

CHANDLER (1937) apresentou outra hipótese:- o zinco catalisaria alguns processos, influenciado pelo fornecimento de carboidratos; e maior porção desse elemento seria necessária, quando maior fôsse a acumulação de carboidratos. Poder-se-ão explicar determinados comportamentos das plantas deficientes em zin-

feverture

co. Assim, plantas cultivadas em casa de vegetação, sofreriam mais tal deficiência no verão do que durante os dias curtos de inverno.

Já HOAGLAND e colaboradores (1936) tinham chamado a atenção sobre o fato de as condições de luz e temperatura influenciarem grandemente os efeitos produzidos sobre as plantas, quer no solo, quer nas soluções deficientes em zinco. O mesmo Autor (HOAGLAND), citado por VERONA (1952) refere que a necessidade do zinco é maior na estação estival, em dias de alta temperatura e, sobretudo, de longa luminosidade. A influência da luz é comprovada também pelo fato de, nas plantas deficientes em zinco, os tecidos mais atingidos serem os expostos à luz.

O zinco encontra-se nos tecidos meristemáticos, nos embrionais e nas sementes.

TSUI (1955) mostrou com clareza que a percentagem de germinação aumentou quando as sementes foram tratadas com $ZnSO_4$.

REED (1941), trabalhando com tomateiros, verificou a ocorrência de anormalidades citológicas nas raízes, na ausência de zinco, e também a redução de crescimento vegetativo e incapacidade de formação de sementes. O mesmo Autor (1946) chegou à conclusão de que a deficiência de zinco resultou na acumulação de fosfato inorgânico e de que, possivelmente, seria relevante na ativação da hexoquinase.

SKOOG (1940) registrou a intervenção do zinco na formação da auxina. TSUI (1948) admite, porém, que esta intervenção é indireta, considerando o zinco necessário para a síntese do triptofano, que, por sua vez, é precursor do ácido indol - 3 - acético, do qual, derivará a auxina. Verificou, ainda, o pesquisador chinês que a falta de zinco determina uma redução na quantidade de auxina e, conseqüentemente, anula o crescimento das paredes celulares e diminui a absorção da água.

fontaine

NASON e colaboradores (1952) mostraram que a falta de zinco aumenta a atividade enzimática da polifenol oxidase, da oxidase do ácido ascórbico e da peroxidase.

QUINLAN-WATSON (1951) observou que a ausência de zinco nas plantas diminuía a atividade enzimática da aldolase.

Vejam, agora, quando e como se verificou a importância do zinco na vida vegetal.

Há 87 anos, RAULIN (1869) aduziu fatos comprobatórios de que tal elemento é necessário no meio de cultura de alguns fungos (entre eles o Aspergillus niger). Um ano depois, aventou a hipótese de que o zinco não só constituía um estímulo, mas se tornava essencial em plantas superiores. O crescimento observado quando o zinco não era acrescentado, seria devido à sua presença sob forma de impureza.

JAVILLIER (1908, 1914) confirmou essa hipótese com Aspergillus e mostrou que, cultivando-se esse fungo em vidro da Boêmia, sem adicionamento de zinco ao meio, se deparava com muito menos zinco do que utilizando vidro de Jena.

MAZÉ (1914) registrou a essencialidade do zinco no desenvolvimento normal do milho.

SOMMER e LIPMAN (1926) evidenciaram o mesmo caráter no girassol e na cevada.

SOMMER (1928), trabalhando com plantas de cinco famílias diferentes, comprovou que elas o requerem para seu crescimento normal e concluiu, então, que este elemento é essencial para todas as plantas superiores.

BERTRAND e ANDREITCHEVA (1933) consideraram-no correlacionado com a produção de clorofila.

HOAGLAND, CHANDLER e HIBBARD (1936, 1937) descreveram os sintomas da sua deficiência em várias plantas. O mais característico é o desenvolvimento, na primavera, de rosetas de

ferredenture

fôlhas sésseis muito pequenas. Tais fôlhas podem ser ou não mancha das e nunca chegam a ter mais de 25,4 mm. de comprimento e 6,35 mm. de largura.

Devido à variação dos sintomas nas várias espécies, CHANDLER denomina diferentemente tal doença. São dêle as seguintes designações:- "roseta" (rosette); "fôlha manchada" (mottled-leaf); "amarelos" (yellows) e "fôlha pequena" (little-leaf).

HAAS e REED (1927) fizeram tratamentos com uma mistura de micronutrientes, incluindo 90 Kg/ha de sulfato de zinco.

MOWRY e CAMP (1934) acharam que o $Zn SO_4$ na dose de 0,5 lb/árvore, aplicado ao sol, curava plantas de tungue (Aleurites fordii) deficientes em zinco (bronzing).

BARNETT e WARNER (1935) opinam que a doença do milho, conhecida por "gema branca" ou "botão branco" (white bud) é devida à deficiência dêste elemento.

LINGLE e HOLMBERG (1956) descreveram os sintomas de deficiência de zinco no milho doce. Nota-se no início uma leve clorose das fôlhas velhas, entre as nervuras, e que logo progride rapidamente até formar larga mancha branca.

Aplicações feitas por aspersão, diretamente na planta, na forma de $Zn SO_4$, $Zn + Mn SO_4$ e de "quelato" de zinco, resultaram mais eficientes que as feitas no solo.

2.2.5. - Cobre - Do ponto de vista fisiológico, o Cobre é um elemento importante, como constituinte de algumas enzimas. Vários pesquisadores nos fornecem, a propósito, dados interessantes. Assim:-

HEWITT (1955) afirma que o cobre ativa um grupo de enzimas oxidantes, induzindo tirosinase, oxidase de monofenol, lacase e sistemas oxidantes do ácido ascórbico.

BARRON e colaboradores (1936) mostraram que o cobre catalisaria a oxidação do ácido ascórbico.

Sanepitune

HILL (1949), citado por HEWITT (1951), sugeriu a necessidade do cobre para a formação do ferro-porfirina, precursor da clorofila.

NASON e colaboradores (1952) mostraram que uma deficiência de cobre resultou num decréscimo da atividade enzimática da polifenol oxidase, do ácido ascórbico, enquanto que essa mesma deficiência aumentava a atividade enzimática da peroxidase.

Já anteriormente, a relação do cobre com a cisteína e outros compostos sulfídricos havia chamado as atenções.

MATHEWS e WALKER (1909), citado por ELVEHJEM (1935) demonstraram o efeito catalítico dos sais de cobre na oxidação da cisteína. Parece, pois, que a interação do cobre e dos compostos sulfídricos desempenha um papel importante na regulação da atividade de certos sistemas enzimáticos.

VERONA (1952) considera ferro-cobre-manganês - como uma única entidade fisiológica. O cobre catalisa a oxidação do Fe^{++} (considerado o ferro ativo) a Fe^{+++} , com a diferença de que, enquanto o manganês insolubiliza o ferro no suco vacuolar e nos vasos do xilema, o cobre o insolubiliza no protoplasma. Assim, tanto o ferro como o manganês participam no metabolismo da planta.

Constatada a importância do cobre como constituinte enzimático, passamos ao relato de trabalhos, todos concordes na afirmação da essencialidade do cobre na vida vegetal e apresentando-nos sintomas causados pela sua ausência ou excesso.

MAQUENNE e DEMOUSSY (1920) estabeleceram a distribuição universal do cobre na planta. Acharam 3 - 40 p.p.m. de cobre em tôdas as plantas por êles analisadas no metabolismo da planta.

SOMMER (1931), trabalhando com girassol, tomate e linho, mostrou a indispensabilidade do cobre para essas plantas e estabeleceu que o papel do cobre no metabolismo da planta po

de ser o de um agente catalisador.

Sanjépture

Êsse mesmo caráter (o da necessidade do cobre) foi demonstrado no mesmo ano (1931) por LIPMAN e MACKINNEY, utilizando cevada. Verificaram, outrossim, êsses pesquisadores que, na ausência do cobre, as plantas não produzem sementes.

STILES (1953) assinala o aparecimento de duas doenças relacionadas com a deficiência do cobre:-

a) uma, a exantema, clorose, secagem descendente ou "die-back", afeta as árvores frutíferas. Os nomes secagem descendente ou "die-back" advêm do fato de os ramos afetados perderem suas folhas e secarem a começar pelo ápice. Foi encontrada pela primeira vez, na Flórida (E.U.), em 1875, no gênero Citrus.

b) a outra, que afeta várias plantas herbáceas, conhecida por doença de cereais, recebeu as seguintes denominações locais:- "reclamation disease" ou "yellow tip disease", nos Estados Unidos; "Holländisch Outginginsziekte" ou, na tradução alemã, "Urbarmachungskrankeit", na Holanda; "Heidemoorkrankeit" ou "Weisseuche", na Alemanha; "Maladie du défrichement", na França. Em português, poderíamos chamá-la "doença do desbravamento".

SMITH e THOMAS (1928) foram os primeiros a citar o nome "die-back" em literatura.

ANDERSEN (1934) descreveu os sintomas de diferentes espécies frutíferas (ameixas, pessegueiros e damasqueiros). As folhas caracterizavam-se por amarelecimento; as áreas intervasculares apresentariam uma cor indefinida, desde o verde pálido ao amarelo forte. Aplicando no solo Cu sobre a forma Cu SO_4 em quantidades de 1/4 a 2 lb (1 lb = 452,59 g) por árvore, verificou-se o desaparecimento da clorose.

BRANDENBURG (1934) realizou suas experiências em aveia e observou que as pontas das folhas jovens embranqueciam; a clorofila desaparecia; as margens das folhas amareleciam e as fo-

lhas mais jovens enrolavam-se e, finalmente, morriam. O mesmo Autor assinala a existência dessa doença na aveia, nos terrenos arenosos cultivados (Heidesandböden), na Holanda.

Seria ela conhecida já há cerca de 27 anos.

Como medida preventiva, aplicou-se ao solo CuSO_4 na quantidade de 50-100 Kg/Ha. Dado, porém, que essa doença se manifestava em terrenos recém-desbravados, pensou-se que as substâncias contidas no húmus do solo se tornariam inofensivas após a aplicação do cobre. Logo depois, observou-se que plantas cultivadas num ambiente isento de cobre mostravam os mesmos sintomas que as encontradas naquele terreno.

REED (1939) descreveu os sintomas do tomateiro na ausência de cobre.

PIPER (1942) anunciou que os sintomas de uma doença aparecida no sul da Austrália, eram idênticos aos da "doença do desbravamento". A descrição dos sintomas corresponde à dos de BRANDENBURG.

Aquêles Autor (PIPER) notou que nas análises das folhas apicais da aveia, cultivada em concentração alta de cobre, o aumento do teor desse elemento era "surpreendentemente pequeno". Parece, então, que grandes quantidades de cobre não são absorvidas e transportadas para o caule e folhas. Acrescentou PIPER que as raízes em altas concentrações de cobre, não se desenvolviam normalmente, mas engrossavam. É possível, concluiu, que um dos efeitos da deficiência de cobre, seja afetar a translocação da água dentro da planta.

DELF (1946) chegou à conclusão de que o transporte do cobre se dá essencialmente no floema e o cobre penetra nos tubos da seiva lateralmente, por difusão.

BROWN e colaboradores (1955), estudando a ocorrência da clorose em várias espécies de plantas conhecidas, descre

J. C. Stephens

veram os sintomas de deficiência de cobre no trigo. Apresentariam as seguintes características:- retardamento no crescimento; verde claro das folhas, seguido do enrolamento das mesmas, com posterior perda de clorofila e secagem das folhas.

KESTER e colaboradores (1956) em análises foliares de amêndoas, realizadas em Paso Robles, na Califórnia, encontraram deficiência de cobre. Após aplicações por aspersão de 1 lb de "quelato" de cobre por cem galões de água (1 galão = 3,79 litros) obtiveram resultados satisfatórios.

2.2.6. - Molibdênio - A noção da essencialidade deste elemento é relativamente recente. Pode ele entrar facilmente em compostos complexos, dada a facilidade de formar íons de valência variável. Pode, pois, ser considerado um catalisador enérgico.

BORTELS (1930) foi quem primeiro mostrou sua importância biológica na fixação do nitrogênio atmosférico pelo *Azotobacter chroococum*.

MEULEN (1932) registrou as maiores quantidades de Mo nas leguminosas. Num solo fértil, encontrou de 0,1 a 0,3 mg/Kg.

STEINBERG (1936, 1937) investigou o papel dos micronutrientes na assimilação do nitrogênio por Aspergillus niger e concluiu ser indispensável no processo da redução do nitrato.

FERGUSON e colaboradores (1938) demonstraram que o "teart disease in the cattle" (diarréia dos bovinos) é devido, em parte, a um excesso de Mo nas pastagens.

BERTRAND (1939) fez uma série de determinações deste elemento em várias plantas. Destacaram-se as crucíferas e leguminosas, como particularmente ricas nesse elemento, sobretudo as sementes de leguminosas. Na semente de fava, o embrião apresentou-se relativamente muito rico, com 53 mg de Mo/Kg de matéria seca contra 2 mg para o conjunto dos cotilédones e dos tegumentos.

ARNON e STOUT (1939) mostraram a sua necessidade para o crescimento normal do tomateiro, anotando os seguintes sintomas provocados pela sua ausência:- as folhas inferiores desenvolvem determinada mancha muito característica, seguida de necrose nas margens; simultaneamente produz-se um enrolamento das regiões marginais da folha. As folhas caem, não se produzindo, por conseguinte, frutos. Demonstraram, ainda, a boa recepção, por parte da alfaca, da adição de micronutrientes, incluído o Mo, no verão de preferência ao outono.

BERTRAND (1940) achou que uma quantidade de 0,044 mg/1 determinava um aumento de peso da planta.

BOBKO e SAVVINA (1940) trataram ervilhas em soluções nutritivas e notaram que, feito um acréscimo de Mo, a produção superava a da testemunha. Por outro lado, cultivando essas plantas em areia, foi-lhes dado verificar a benéfica influência do Mo sobre a formação dos nódulos. Há razão, concluíram, para se crer que o uso do molibdênio, na prática, não deveria ser na forma de adubo, mas por adição à nitrogina e culturas de azotobacter e, quiçá, também no tratamento das sementes.

PIPER (1940) dá-nos a descrição dos sintomas de deficiência de Mo em plantas de aveia, após 20 semanas de cultura: na aparição das panículas, as áreas necróticas ocupam a metade do limbo das folhas superiores e, às vezes, situam-se transversalmente. Assim, a folha dobra-se e forma, nessa posição, um ângulo agudo. A região necrótica do meio da folha seca, mostrando um vermelho pardacento. Verificou, ainda, que a ausência de molibdênio nas plantas implica a não formação de sementes.

ANDERSON (1942) verificou que, aplicado na forma de molibdato de sódio à razão de 2 lb/acre, aumentava a produção de alfafa; igual fenômeno se deu no trevo, aplicando-se-lhe 1 lb/acre.

Scavertune

STEPHENS e OERTEL (1943) constataram que os vasos tratados com molibdato de amônio produziam mais que os vasos sem molibdênio.

ANDERSON e THOMAS (1946) corroboram que, quando fornecido nitrato ou nitrogênio amoniacal em quantidade suficiente, as plantas davam insignificante resposta ao elemento molibdênio. Quer isto dizer, ser êle um catalisador. Outrossim, verificaram que no trevo deficiente em molibdênio, o superfosfato aumentava-lhe o crescimento, aumentando também a quantidade de nitrogênio nas fôlhas. Em se lhes acrescentando, porém, suficiente molibdênio, o superfosfato aumentava diretamente a fixação simbiótica do nitrogênio.

TRUBLE e SHAPTER (1937), citados por ANDERSON (1946), haviam testemunhado que uma pequena deficiência de fosfato acusava alta % de nitrogênio.

ANDERSON e OERTEL (1946) obtiveram um crescimento vigoroso nas plantas de trevo, quando se fazia aplicação conjunta de fosfato e molibdênio no solo. Aplicações de cálcio resultaram benéficas em solos de alto teor de molibdênio de baixa disponibilidade (low availability).

WARRINGTON (1946) observou a uniformidade no crescimento de alface em soluções nutritivas de 0,001 p.p.m. até 10 p.p.m.. Somente a partir de 100 p.p.m., o crescimento era afetado. Evidentemente, corrobora o autor, algum fator impediria o desenvolvimento dos sintomas na ausência do Mo.

STOUT e MEAGHER (1948), trabalhando com Mo^{93} e Mo^{99} , depararam com a rápida absorção de Mo pelas raízes e translocação das raízes às partes superiores da planta. Acontece, porém, que as quantidades de Mo translocadas recebem forte influência da concentração de íon-fosfato na solução nutritiva.

MILIKAN (1948) mostrou a possibilidade de redu

Seu Deputado

ção dos sintomas de deficiência de ferro, causados por excesso de Mn, Zn, Cu, Co e Ni, acrescentando-se Mo à solução.

HEWITT e colaboradores (1950) registraram também um efeito deste elemento sobre o ácido ascórbico: a deficiência de Mo, causando acumulação de nitrato, pode resultar na destruição do ácido ascórbico.

HEWITT (1951) sugeriu a possibilidade de o Mo afetar o metabolismo da planta e, especialmente, a nutrição do Fe, independentemente da fonte de nitrogênio.

STOUT e colaboradores (1951) testificaram aumento de absorção de Mo na presença do fosfato e sua diminuição na presença de sulfatos e, ainda, maior absorção nas soluções ácidas.

E assim, a adubação de 4,05 lbs de P_2O_5 por acre aumentava a produção duas vezes e meia e a concentração de Mo nas plantas elevava-se de 6 a 70 p.p.m.; e, num solo fértil de reação neutra, ao qual se adicionaram 196 lbs/acre de $Ca SO_4 \cdot 2H_2O$, verificou-se a diminuição do teor de Mo das plantas de ervilha de 12,8 a 8,05 p.p.m. e das plantas de tomate de 5,25 a 3,52 p.p.m..

MALAVOLTA (1954a) demonstrou que a alta quantidade de Mo não pode ser limitada simplesmente à redução do nitrato, alegando que o atual conhecimento da ação do molibdênio sobre nitrogênio e, possivelmente, o metabolismo de carboidrato são ainda inadequados.

MULDER (1954) ensinou que, na ausência de Mo, o sulfato de cobre afeta o desenvolvimento da planta e opinou que parte do efeito do sulfato de cobre é ocasionado pelo sulfato. Observou, ainda, que plantas de couve-flor, cultivadas com ausência de molibdênio e baixo teor de manganês, apresentaram sintomas mais pronunciados que as cultivadas com dosagem normal ou alta de manganês.

3.1 - Cultivo das plantas

Lawrence

3.1.1 - Semeadura

Usamos um germinador de areia de 50 cm de comprimento, 30 de largura e 25 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, K, M, C), colhidas em 13-5-1955. Cobrimos as sementes com outra camada de 2 cm. de areia e, em seguida, regamos-las. (GODOY, C. 1954). Dia a dia, repetiu-se a rega.

A germinação principiou em 22-7-1955. Procedemos 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 transplantação obedeceu à cuidadosa escolha de trinta mudas, quanto possível uniformes, e cujas raízes foram bem lavadas.

3.1.2 - Solução nutritiva

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

Durante o ensaio ministramos às plantas a solução 2 de HOAGLAND e ARNON (1950), cuja composição damos a seguir:-

Para os macronutrientes:-

	cc. por litro de solução
Solução molar $\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{PO}_4$	1
" " KNO_3	6
" " $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2$	4
" " Mg SO_4	2

Para os micronutrientes:-

Scudip tunc

Elementos:	P.P.M. (parte por milhão)
Boro (sob forma de $H_3 BO_3$)	0,5
Manganês (sob $Mn Cl, 4H_2O$)	0,5
Zinco (sob $Zn SO_4 7H_2O$)	0,05
Cobre (sob $Cu SO_4 5H_2O$)	0,02
Molibdênio (sob $Mo O_4 4H_2O$)	0,01

Duas a três vezes por semana, acrescentamos Ferro, na forma de citrato férrico, na razão de 1 cc para cada litro (0,5 g - 500 ml). De início, suprimimos o fornecimento de manganês, no intuito de, posteriormente, verificarmos o comportamento desse elemento. O transplante definitivo para vasos Erlenmayer Pyrex de 1 litro foi efetuado em 17-12-1955. Servimo-nos, então, em parte, de vasos que encontramos já pintados de acordo com a técnica; nos restantes, empregamos o processo atrás descrito, ou seja, protegidos por papéis preto e branco.

As plantas foram colocadas nos vasos com três níveis de fósforo, ferro, manganês, zinco, cobre e molibdênio, a saber:-

a) nível a que chamamos zero, caracterizado pela ausência de um desses elementos,

b) nível um, com a solução completa de HOAGLAND e ARNON (1950)

c) nível dois, com maior dosagem do elemento - que no nível zero havíamos suprimido.

O nível um dar-nos-ia o controle, seria a planta testemunha; por isso mesmo, o repetimos 4 vezes, enquanto que os restantes só tiveram duas repetições.

Ilustremos:-

<u>VASOS</u>	<u>TRATAMENTOS</u>
1, 2, 3, 4	Testemunhas
5,6	sem Fósforo (-P)

Sanjose

7,8	310 p.p.m. de Fósforo (+P)
9,10	sem Ferro (- Fe)
11,12	28 p.p.m. (+ Fe)
13,14	sem Manganês (- Mn)
15,16	12,5 p.p.m. de Manganês (+ Mn)
17,18	sem Zinco (- Zn)
19,20	1,25 p.p.m. de Zinco (+ Zn)
21,22	sem Cobre (- Cu)
23,24	0,5 p.p.m. de Cobre (+ Cu)
25,26	sem Molibdênio (- Mo)
27,28	0,25 p.p.m. de Molibdênio (+ Mo)

Conduzimos o ensaio na casa de vegetação da ca
deira de Botânica.

As soluções foram renovadas de duas em duas se
manas e, às vezes, de acôrdo com o pH das soluções, semanalmente.-
Ainda, duas ou três vêzes por semana completamos o volume nos va-
sos com água bidistilada, para suprir a perda por evaporação e ab-
sorção.

A partir de fevereiro, substituímos o ferro na
forma de citrato férrico pelo SEQUESTRENE Na Fe, um "quelato", com
plexo orgânico de tetracetato desidratado de etilenidiamino férrico
mono-sódico. O SEQUESTRENE Na Fe (14,3% Fe) é um pó verde não
higroscópico e solúvel mesmo em água fria.

MALAVOLTA (1955) apresenta-nos uma boa defini-
ção dos "quelatos";- "Os "quelatos" são compostos orgânicos que -
"seguram" o ferro, o zinco, o cobre, o manganês, cedendo-os, aos
poucos, para a planta; uma porção do "quelato" é absorvida como -
tal, isto é, tanto a parte orgânica, como o micronutriente penetram
juntos nas raízes".

Estudos realizados mostraram que os agentes -
"quelatados" (chelating agents) formam complexos de ferro mais es-

Sanseptane

táveis que os formados com o iônio citrato (STEWART e LEONARD, 1952).

JACOBSON, citado por STEWART e LEONARD (1952) - achou que êsses sais constituem uma boa fonte de ferro para as plantas cultivadas em soluções nutritivas.

LUNT e WALLACE (1955) mostraram a importância da aplicação do composto "quelatado" (Fe 138) nos solos calcáreos, porque nêles, durante longo período, é pequena a precipitação do ferro dêste "quelato".

Após êste discorrer sôbre o novo produto que empregamos, graças à gentil doação do Dr. H. C. Mendes, do Departamento de Fisiologia Vegetal do Instituto Agronômico de Campinas, - voltemos à exposição de nossos processos de trabalho.

Providenciamos o adequado arejamento das soluções nutritivas, durante 10 a 12 horas diárias, o que se nos revelou suficiente.

A temperatura ambiente oscilou, no transcurso da experiência, entre 19° a 31° e a umidade relativa acusou 79 a 90%. Dentro dos vasos, a temperatura das soluções nutritivas variou entre 18° - 26° C.

Não olvidamos a limpeza das fôlhas. Fizemo-la duas vêzes por semana, com algodão esterilizado.

3.1.3. O pH das soluções nutritivas conservou-se entre 5,0 e 5,5 e foi determinado no potenciômetro BECKMAN.

É de FRANCO e MENDES (1949) a verificação de que o café absorve difíceilmente ferro, com pH próximo a 7,0, na presença de fósforo. Por outro lado, GUBLER (1956) constatou que a redução dos iônios fêrricos na forma ferrosa, pelo ácido ascórbico e pelos grupos sulfídricos, se realiza mais fâcilmente em pH ácido.

3.2 - Purificação da água, dos sais e dos ácidos.

Em se trabalhando com micronutrientes, todo o

fcu Dep. Linc

cuidado é pouco. Daí, a necessidade de purificar todos os reagentes que entram na composição do meio nutritivo.

Como declararam STOUT e ARNON (1939), as fontes de contaminação encontradas nas soluções nutritivas derivam de a) recipientes; b) água; c) produtos químicos.

Quanto à água, convém notar que a distilada ordinária contém 0,60 mg de Cu por litro (OLSEN, 1939).

Qualquer trabalho com os micronutrientes de importância quantitativa depende diretamente da eliminação de fontes contaminantes do meio nutritivo.

3.2.1. - Purificação da água - Utilizamos o desmineralizador Barnstead Bantam, do Instituto Zimotécnico. Eliminamos nêles os cationios metálicos da água distilada; a seguir, essa mesma água, já desmineralizada, foi redistilada para eliminação de matéria orgânica e de possíveis cationios que houvessem permanecido.

A água bidistilada foi obtida em condensador de vidro Pyrex.

3.2.2. - Purificação dos sais - Embora os sais usados sejam puros "pro analyse", purificamo-los de novo pela coprecipitação do Fe, Zn, Cu, Mo, Mn com $Cu S$. Segundo a orientação do Dr. Eurípedes Malavoita, a cada litro de solução nutritiva dos macronutrientes, juntamos 1 ml de $Cu SO_4$ a 1%. Borbulhamos gás sulfídrico ($H_2 S$), durante meia hora, por meio do aparelho de KIPP. Deixamos em repouso 12 horas. Depois, filtramos o precipitado. A operação foi totalmente repetida e deixamos em ebulição até eliminar $H_2 S$, o que comprovamos quando o papel de acetato de chumbo não mais enegreceu.

3.2.3. - Purificação dos ácidos - Os ácidos a serem usados nos extratos e análises químicas, foram redistilados. De acordo com PIPER (1950, pag. 306), os ácidos fortes são mais facilmente purificados de metais pesados por redistilação. Os ácidos nítri

Sanção

co, clorídrico e sulfídrico foram redistilados como em 3.2.1., somente que desprezamos as primeiras e as últimas frações (100 ml).-

Quanto ao ácido perclórico, não fizemos a redistilação, devido à boa qualidade daquele reagente e à pequena quantidade usada para os extratos.

3.3. - Teste da água e dos sais - A água bidistilada e os sais, antes de guardados para uso futuro, foram submetidos aos seguintes testes:-

a) - para cobre:- por aceleração catalítica da reação do tiosulfato férrico (FEIGL, 1954, pág. 76-78).

b) - para ferro:- com ferrocianeto de potássio (idem, pág. 153-154).

c) - para molibdênio:- com tiocianato de potássio e cloreto estanhoso (idem, pág. 110-111).

d) - para manganês:- com nitrato diamino argêntico.

Este teste pode ser aplicado na presença de Fe^{+3} , Zn^{+2} .

É um teste específico para manganês (idem, pág. 169-170)

e) - para zinco:- com ditizona a 0,01% (idem, pági. 86).

3.4. - Análise química das plantas.

3.4.1. - Preparo do extrato - Retiradas as plantas de seus respectivos vasos, dividimo-las em 3 partes:- fôlhas, caule e raiz, que reunimos em separado.

As raízes foram tratadas com HCl a 0,2 N. Agitamo-las, a seguir, durante um minuto e, após, lavamo-las com água bidistilada (WARINGTON, 1955). Então, procedeu-se à secagem de todo o material sob temperatura de 60 - 70°C. Terminada essa operação, fizemos a moagem.

for departure

Dêsse material, que havíamos guardado de acôrdo com a técnica, tomamos de 2 a 5 g. para preparação dos extratos. Preparamos extratos clorídricos por via sêca (PIPER, 1944, pág.263-265; MALAVOLTA e COURY, 1954) e extratos nítrico-perclórico, via úmida (ARZOLLA, 1955, pág. 11). De início, usamos a chapa quente para a digestão de nosso material; depois, preferimos adotar o banho de areia quente, que se revelou muito mais eficiente.

3.4.2. - Determinação dos elementos - Para determinação do P, Mg, Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, foram feitas curvas padrões e blank e calcularam-se também as equações das retas.

Leituras do Mn e do Cu:- feitas no colorímetro fotoelétrico de Klett-Summerson - Modelo 800-3 Série 14816, com filtro verde.

Leituras do Fe, Mo, Zn:- feitas no espectrofótometro de Beckman, modelo B - Série 93980.

Leituras do P e do Mg:- feitas no colorímetro fotoelétrico Cenco, com filtro vermelho e verde, respectivamente.

MÉTODOS USADOS NAS DETERMINAÇÕES:

- a) - Nitrogênio:- Método KJELDAHL e modificado res (WRIGHT 1938 e A.O.A.C. 1945).
- b) - Potássio:- Método pelo fotômetro de chama BAIRD da IBEC Research Institute.
- c) - Fósforo:- Método de TOTH e colaboradores, 1948.
- d) - Cálcio:- Método de titração de oxalato de cálcio com permanganato de potássio (MALAVOLTA e COURY), 1954.
- e) - Magnésio:- Método do amarelo de tiazol - (DROSDOFF e NEARPASS, 1948).
- f) - Enxôfre:- Método de TOTH e colaboradores, 1948 e MALAVOLTA, 1952.
- g) - Ferro:- Método da ortofenantrolina. Pre

Sandell

rimos este método ao do tiocianato, porque é específico para o ferro e sua coloração é estável. Comprimento de onda: - 495 m μ (milicrons) SANDELL, 1950, pág. 378; CHARLOT e GAUGUIN, 1952, pág. 157.-

h) - Manganês: - Método de permanganato, usando o periodato de potássio como agente oxidante. SANDELL, 1950, pág. 432-3.

i) - Zinco: - Método da ditizona. Comprimento de onda: - 620 m μ . SANDELL, 1950, pág. 636-7 e 621.

j) - Cobre: - Método direto com ditizona. SANDELL, 1950, pág. 320-1.

k) - Molibdênio: - Método de extração com álcool isoamílico. Comprimento de onda 475 m μ . SANDELL, 1950, pág. 468 e 459.

3.4.3. - Medidas das plantas (comprimento das raízes e dos caules), peso, número de folhas e ramificações, foram registradas.

3.4.4. - Cortes anatômicos das folhas

Empregando o micrótomo de congelação Spencer e matriz de goma arábica, fizemos cortes transversais do limbo, abrangendo as áreas dos sintomas e com a espessura de 15 a 20 m μ .

3.4.5. - Fotografias

Como é óbvio, foram tomadas várias fotografias. Não as juntamos à tese por razões econômicas. Guardamo-las para ulterior publicação e, havendo necessidade, serão apresentadas no momento oportuno, algumas delas ampliadas em aquarelas.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DISCUSSÃO

Sansebastião

4 - SINTOMATOLOGIA

Parece-nos conveniente fazer acompanhar o estudo morfológico da planta pelo exame anatômico das folhas, a fim de tornarmos mais precisos os dados sobre a natureza da deficiência - ou do excesso dos micronutrientes por nós usados.

E, de antemão, queremos também frisar que o grau de toxidez das raízes obedece à seguinte gradação: - + Mn > + Fe > + P > + Cu > + Zn > + Mo. No que concerne à clorose das folhas, poderemos também estabelecer a seguinte relação: - + Mn > + Cu > + Zn > + P > + Mo.

Para maior uniformidade na anotação das cores, utilizamos o "Atlas de los Colores" de VILLALOBOS - DOMINGUEZ e VILLALOBOS (1947). A letra ou letras indicam a cor e seu matiz; o número ou números dão-nos o valor de luminosidade, ou seja, distinguem os matizes pelo fato de serem mais ou menos claros ou mais ou menos escuros e, finalmente, o grau expressa a tonalidade do matiz.

4.1. - Morfologia e Anatomia.

4.1.1. - Planta testemunha

As folhas novas são de cor verde claro (GGL-9-12°), que gradualmente se vai acentuando, até ser, quando maduras, bem intenso (GGL-5-12°).

Epiderme superior - Consta de uma camada de células grandes, justapostas e de forma geralmente retangular e, menos vezes, poligonais ou arredondadas. A parede externa dessas células é ligeiramente ondulada e provida de cutícula delgada. A interna e as laterais são mais finas e de natureza celulósica.

Parênquima paliçádico - Compõem-se apenas de uma fiada de células altas, perpendiculares à epiderme, unidas lateralmente, em quase toda a sua extensão, confinando pelo extremo inferior com as células do parênquima esponjoso.

Parênquima lacunoso - É formado de 5 a 6 extra

tos de células dispostas paralelamente à superfície do limbo e exibe grandes lacunas. Ao que parece, os cloroplastos de suas células são de forma regular e em menor quantidade que os do paliçádico - que, aliás, de apresentam poliédricos, globosos e fusiformes.

Epiderme inferior - É, em suas linhas gerais, semelhante à superior, mas com células mais baixas e mais alongadas, isto é, com o eixo maior paralelo à superfície do limbo.

Via de regra, nas células do mesofilo, e ocupando posição quase central, ocorre um corpúsculo arredondado, maior que os cloroplastos. Apresenta-se sem pigmentação; tem aspecto poroso e dá a reação das graxas, pois dissolve-se no éter e colore-se com o Sudan IV.

4.1.2. - Planta sem fósforo (- P)

Os sintomas começaram a manifestar-se depois de um mês de permanência na solução nutritiva, ou seja, em janeiro. As raízes, bem desenvolvidas, apresentaram, então, uma coloração amarelo escuro (O-16-12°); as folhas novas tinham um tom verde claro (LG-15-9°) com manchas verde azeitonado escuro (Y-6-3°) e as velhas, a mesma cor, com manchas necróticas nas bordas. Notou-se uma paralisação no crescimento das plantas.

Os cloroplastos da região manchada (Y-6-3°) são pouco numerosos e mostram-se um tanto alterados na forma e no tamanho. Essas alterações são mais pronunciadas nos cloroplastos do parênquima esponjoso, que se mostram mais amarelos do que no parênquima paliçádico e se traduzem por uma espécie de granulosidade que se acentua à medida que os cloroplastos vão perdendo seu contorno característico. Muitas células possuem diminutos grânulos verdes, em lugar dos cloroplastos. Os corpúsculos de matéria graxa ocorrem em quase todas as células e mostram aspecto poroso.

4.1.3. - Planta com mais fósforo (+ P)

Embora seja nítida a diferença de cor entre as

nervuras e a porção do limbo, aquelas apresentam uma coloração uniforme. Nota-se ser amarelada (YYL-11-10°) a porção central do limbo. As raízes não são desenvolvidas e apresentam uma côr marron escuro (SO-2-11°).

O mesofilo tem aspecto normal. As células são pouco plasmolizadas. Numerosos cloroplastos estão bem distribuídos em ambos os parênquimas; têm coloração verde e superfície granulosa, como se a clorofila se houvesse condensado em pequeninos grânulos. Em algumas células, os cloroplastos apresentam-se como minúsculos grânulos e são poucas as que têm cloroplastos normais.

4.1.4. - Planta sem ferro (- Fe)

A nervura principal e as secundárias são de côr verde escuro (GGL-5-12°), mas a porção do limbo compreendida entre as nervuras e as veias apresenta um verde amarelado (LLG-17 12°).

O mesofilo é de aparência normal e os cloroplastos, relativamente numerosos em ambos os parênquimas, mostram-se separados uns dos outros. Seu tamanho é ligeiramente menor que os da fôlha testemunha. São de côr verde-limão, havendo alguns bem descorados. A forma dominante é globosa e o contôrno um pouco irregular. Os corpúsculos de matéria graxa são menos desenvolvidos que os das fôlhas já estudadas e apresentam um aspecto irregular e com superfície um tanto porosa e esbranquiçada.

4.1.5. - Planta com mais ferro (+ Fe)

O sistema radicular apresenta-se atrofiado, enegrecido (O-1-4°), sinal evidente de toxidez. Os internódios são bem curtos. Embora as plantas sejam de crescimento retardado, suas fôlhas são de aspecto quase normal, sendo as velhas de um verde mais escuro (GGL-3-12°) que as testemunhas.

O mesofilo é de aspecto quase normal. Os cloroplastos, todavia, apesar de verdes, não são tão numerosos quanto -

fevereiro

nas fôlhas testemunhas. No parênquima paliçádico conservam tamanho e aspecto quase normais, ao passo que no lacunoso são pouco abundantes, esparsos, pequenos e fusiformes. Poucas células do paliçádico possuem cloroplastos aglutinados. Os corpúsculos de matéria graxa, de tamanho reduzido, aparecem em grande número de células do mesofilo.

4.1.6. - Planta sem manganês (- Mn)

Os sintomas iniciaram-se em meados do mês de fevereiro.

As fôlhas são muito mais largas do que as da testemunha. O limbo, na página superior das fôlhas novas, é pintado de pequeninos pontos ou "ilhas" amarelo esverdeado (Y-15-12°); na página inferior, a superfície apresenta pequeninas concavidades. As fôlhas velhas mostram manchas necróticas (SO-8-10°) perto das nervuras e nas bordas.

As raízes, bem desenvolvidas, eram, da metade até as pontas, amarelo claro (OY-19-12°) e, da metade para a base, amarelo escuro (OOY-16-11°).

4.1.7. - Planta com mais manganês (+ Mn)

Os sintomas apareceram nos fins de fevereiro. Nas fôlhas novas, as áreas compreendidas entre as nervuras, têm o limbo cor verde amarelado (LLG-14-9°). Aparentemente, as bordas das nervuras apresentavam essa cor verde amarelada, mas, observando as fôlhas no binocular, estas apresentavam um verde escuro (GGL-5-12°).

Nas fôlhas adultas, além dos caracteres acima mencionados, apareciam, na página superior, algumas manchas escuras (SO-1-4°), esparsas, de forma e contorno irregulares.

As raízes, de amarelo escuro (COS-9-11°) passam a roxo (SSO-6-11°).

Cortes transversais das manchas e das partes -

sculpture

claras exibiam cloroplastos menos verdes, com grânulos de clorofila fusiformes sôbre o estroma. Em certos trechos do mesofilo, os cloroplastos estavam fragmentados, permanecendo, entretanto, os grânulos próximos uns dos outros, como se estivessem ligados por substância estromática. Quanto à forma, uns continuavam de aspecto normal; outros, subdivididos, formando pequenos grânulos.

4.1.8. - Planta sem zinco (- Zn)

Os sintomas começaram a manifestar-se nos meados do mês de março.

Regular o desenvolvimento do sistema radicular, com radículas pardacentas (O-12-3°). As da parte superior eram mais curtas e grossas que as inferiores (próximas à ponta da raiz) e um tanto recurvadas para cima. O caule era grosso.

A planta era quase normal. As fôlhas novas, de tamanho pequeno, apareciam dispostas em roseta na extremidade de alguns ramos. As fôlhas velhas, bem desenvolvidas, tinham o limbo em posição vertical descendente e sua cor era geralmente amarela (YYO-18-9°). Um apresentaram-se com processo clorótico em andamento, o qual se iniciava na base do limbo e daí prosseguia para o ápice, ao longo da nervura principal. Fato idêntico ocorria nas bases das nervuras secundárias.

Mesofilo de aspecto normal:- os cloroplastos, entretanto, em ambos os parênquimas eram escassos, esmaecidos, extremamente pequenos, de conformação granular, às vezes fusiformes. Apesar dos poucos cloroplastos, cada célula possuía o corpúsculo de matéria graxa bem desenvolvido e de contorno quase circular.

4.1.9. - Planta com mais zinco (+ Zn)

Os sintomas apareceram no início do mês de março.

As fôlhas mostram manchas amareladas (YYO-19-9°) entre as nervuras. Este amarelecimento começa da base da fôlha e

feu de pântano

vai irradiando da nervura principal e das nervuras secundárias para o limbo. Algumas fôlhas apresentam manchas escuras (SO-2-4°). As fôlhas são grandes, desproporcionadas, de consistência coriácea.

Caule grosso. Sistema radicular marron escuro (SO-3-12°). As radículas que se formam nas imediações do nó, depois de atingirem alguns centímetros, mostram suas extremidades enegrecidas.

Parênquima paliçádico e lacunoso com acentuada escassez de cloroplastos. Os poucos existentes são muito pequenos, de forma variável e de um verde esmaecido.

4.1.10. Planta sem cobre (- Cu)

Os sintomas apareceram no início do mês de março.

As fôlhas apicais, formando um conjunto, apresentam-se enroladas e seu limbo oferece uma coloração verde-garrafa vivo (T-8-10°), e as nervuras têm uma coloração verde esmeralda claro (G-11-7°).

Na parte mediana da planta, o limbo e as nervuras das fôlhas mostram uma cor verde limão escuro (L-12-6°).

Os limbos das fôlhas velhas apresentam uma cor verde pálido (GGL-15-10°) e suas nervuras são de um amarelo levemente avermelhado (YYO-19-9°).

As raízes mostram uma cor marron claro (OOS-15-7°).

De uma maneira geral, as fôlhas destacam-se com facilidade.

As células da medula da nervura principal e diversos grupos de células do floema e até da própria epiderme, possuem um conteúdo pardo-avermelhado. As nervuras secundárias exibem idênticas particularidades.

Os pouquíssimos cloroplastos do mesofilo são

sculpture

pequenos, descórados e de forma irregular. Em alguns trechos, as membranas celulares são ligeiramente coloridas de pardo.

Devido à placidez dos tecidos, houve certa dificuldade na obtenção dos cortes, quer a mão livre, quer com o microtomo de congelação.

4.1.11. - Planta com mais cobre (+ Cu)

O sistema radicular é pouco desenvolvido, de coloração marron escuro (SO-3-12°). Como nos demais casos em que foram fornecidas maiores doses de elementos, os sintomas manifestados são de toxicidade. Os internódios são curtos.

As fôlhas são parcialmente cloróticas, de cor verde-limão (YL-17-11°).

Algumas revelam manchas necróticas de cor marron (OY-11-11°), com forma, tamanho e número variáveis, dispostas, em geral, na metade superior do limbo.

Com relação às plantas testemunhas, houve retardamento no crescimento.

As células do mesofilo, na região dos sintomas, mostram-se irregulares quanto à forma. Algumas possuem um conteúdo pardacento, verificando-se idêntica ocorrência nas porções do floema que envolvem as nervuras principal e secundárias.

Os cloroplastos são bem afetados na forma, tamanho e cor. Na maioria dos casos, apresentam-se aglutinados, de configuração irregular. Essas alterações são mais pronunciadas nos cloroplastos do parênquima paliçádico do que nos do lacunoso. Neste último, há alguns cloroplastos de tamanho reduzido e um tanto atrofiados. Os corpúsculos de substância graxa não aparecem em todas as células; são pequenos e de contorno irregular.

4.1.12 - Planta sem molibdênio (- Mo)

Não existem praticamente diferenças morfológicas entre as fôlhas sem molibdênio e as testemunhas. Notamos, po-

Lawrence

rém, no tratamento sem ou com molibdênio, formação de raízes novas, como se as plantas procurassem assim reagir contra o meio adverso. As raízes em ambos os tratamentos (- Mo e + Mo) apresentam uma coloração acinzentada (OOY-10-2°).

O mesofilo das folhas é de um verde intenso, - mais carregado no paliçádico do que no lacunoso. Os cloroplastos, na maioria das células do paliçádico estão juntos, chegando a fundir-se, do que resulta uma espécie de massa e, talvez por essa razão, o verde é mais vivo. Os cloroplastos do lacunoso já são mais claros, continuam isolados, havendo muitos em fase de fragmentação. A quantidade de cloroplastos, em ambos os tecidos, é maior do que em qualquer das folhas examinadas deste experimento. O corpúsculo de matéria graxa ocorre com certa frequência, embora não muito grande, e conserva a sua forma arredondada.

4.1.13. - Planta com mais molibdênio (+ Mo)

Do ponto de vista morfológico, prevalecem as mesmas características apontadas para o caso do tratamento sem molibdênio (- Mo). Todavia, o mesofilo é de um verde mais claro, não havendo distinção quanto à cor entre o paliçádico e o lacunoso. Os cloroplastos, contudo, no paliçádico são de aspecto normal, ao passo que no lacunoso são pequenos, como grânulos esféricos e agrupados de 4 a 5, fazendo supor que o primitivo cloroplasto se fragmentou. O corpúsculo de matéria graxa aparece em quase todas as células e é de aspecto normal.

5 - MEDIÇÃO DAS PLANTAS DURANTE O EXPERIMENTO

TRATAMENTOS	PÉSO (g) (*)			ALTURA (cm) (*)			COMPRIMENTO RAIZ (cm) (*)			Nº FÓLHAS (*)										
	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9					
Testemunha	7,8	18,5	52,2	62,0	67,0	17,6	21,2	33,0	35,8	36,5	13,5	14,7	17,5	18,9	21,0	9	16	18	30	34
+ P	6,8	19,0	35,0	35,5	37,0	16,8	24,0	27,5	27,5	27,5	13,2	16,0	16,5	17,5	17,7	9	15	19	19	19
+ P	6,2	14,0	29,5	---	---	15,0	20,5	21,0	---	---	12,1	13,5	13,5	---	---	9	12	12	---	---
+ Fe	6,1	15,2	40,8	---	---	13,6	23,5	26	---	---	11,2	13,0	13,8	---	---	10	14	20	---	---
+ Fe	6,2	11,5	20,0	26,0	28,0	11,6	18,0	19,2	21,0	22,7	10,9	11,7	13,0	13,3	13,3	9	11	15	22	24
+ Mn	7,1	17,5	33,0	47,5	50,0	15,5	22,0	31,5	33,0	33,5	14,8	15,7	16,5	17,5	19,5	10	14	21	34	39
+ Mn	5,9	15,5	44,0	45,0	---	17,1	23,0	26,0	26,5	---	11,5	12,7	15,0	15,5	---	9	15	20	22	---
+ Zn	6,7	17,0	43,0	54,0	57,0	20,7	22,2	26,0	27,0	28,0	13,7	18,2	19,0	20,0	20,0	10	14	20	33	40
+ Zn	7,1	19,5	50,0	54,5	59,5	14,5	23,5	24,0	25,0	28,5	9,7	11,5	15,0	17,5	18,5	10	14	20	29	30
+ Cu	7,3	16,7	39,0	52,0	56,0	16,5	25,5	33,0	34,0	34,5	13,1	23,0	14,0	16,5	16,5	9	14	20	32	30
+ Cu	6,6	12,0	21,5	22,0	27,0	16,2	19,2	19,5	22,0	23,5	9,0	9,5	11,0	12,5	14,0	9	17	19	22	23
+ Mo	5,5	14,0	38,5	53,0	62,5	15,4	20,5	26,0	28,0	30,0	15,5	17,5	18,5	21,0	21,0	9	14	20	29	31
+ Mo	7,1	19,2	43,0	48,5	59,5	16,0	26,0	29,5	29,5	30,5	14,8	17,2	17,8	18,0	19,5	10	15	20	34	35

TABELA I

(*) em função da idade em meses.

Paulo Roberto

Scorodaphne

5.1. - Fôlhas e ramificações - As plantas com 5 e 6 meses não apresentaram diferença marcante. Era prôpriamente a fase de adaptação ao novo meio. A partir dos 7 meses, manifestaram-se, porém, diversas reações nos diferentes meios.

Passamos a indicá-las.

5.1.1. - Plantas com 7 meses - As ramificações apareceram nesta época. As plantas tratadas com mais fósforo (+ P) e menos fósforo (- P) não as apresentaram.

5.1.2. - Plantas com 8 meses - Sômente as plantas testemunhas e as plantas com menos zinco (- Zn), menos manganês (- Mn), menos cobre (- Cu) apresentaram ramificações. O aumento de fôlhas, quando o houve, deu-se ou nas ramificações já existentes ou no pro longamento do caule.

As plantas com mais fósforo (+ P) foram retiradas, por suas fôlhas haverem murchado; o mesmo aconteceu com as plantas sem ferro. Como se pode verificar na Tabela I, as plantas com menos fósforo (- P) não tiveram aumento de fôlhas nem de ramificações, o que, aliás continuou dar-se também nas de 9 meses.

5.1.3. - Plantas com 9 meses - Não houve novas ramificações, mas, sim, formação de novas fôlhas. Retiraram-se as plantas com mais manganês (+ Mn), por as raízes haverem apresentado sinais evidentes de toxicidade e haverem murchado as fôlhas.

Em conclusão, podemos assinalar que as plantas que, durante o ciclo vegetativo de 9 meses, apresentaram mais ramificações, foram, por ordem decrescente: - Zn, - Mo, Testemunha...

Quanto às fôlhas, a ordem foi a seguinte: -

Pêso das Plantas

Resultados estatísticos - As análises estatísticas do pêso das plantas aos 5 e 6 meses não deram um valor significativo. Fizemos, então, a análise conjunta das plantas aos 7, 8 e

9 meses.

Lawrence

Aplicando o teste de Tukey, as plantas testemunhas revelaram-se superiores a todos os outros tratamentos.

O tratamento + Zn difere dos tratamentos - Cu, - Mn, - P, + Fe, + Cu.

O tratamento - Zn difere dos tratamentos - Mn, - P, + Fe, + Cu.

O tratamento - Mo difere dos tratamentos - Mn, - P, + Fe, + Cu.

O tratamento + Mo difere dos tratamentos - Mn, - P, + Fe, + Cu.

O tratamento - Cu difere dos tratamentos - Mn, - P, + Fe, + Cu.

O tratamento - Mn difere dos tratamentos - P, + Fe, + Cu.

O tratamento - P difere dos tratamentos + Fe, + Cu.

5.3. - Altura das plantas (Total)

Resultados estatísticos - As plantas testemunhas não diferem dos tratamentos - Mn, - Cu, + Mo, mas diferem dos restantes.

O tratamento - Mn difere dos tratamentos - P, + Zn, + Cu, + Fe.

Os tratamentos - Cu, + Mo, - Mo, - Zn, - P, + Zn diferem somente dos tratamentos + Cu e + Fe.

6 - ANÁLISES QUÍMICAS

6.1. - Análise da semente - A análise da semente revelou os seguintes teores nos elementos abaixo indicados:-

N = 0,007 g.; P = 0,0003 g.; K = 0,0049 g.; Ca = 0,001g.
S = 0,0005 g.; Mg = 0,00027 g.; Fe = 0,028 mg.; Mn = 0,012 mg.;
Cu = 0,006 mg.; Zn = 0,0043 mg.; Mo = 0,00025 mg..

6.2. - Análise das plantas - Na interpretação das tabelas, só indicaremos os efeitos mais salientes.

Os valores achados para Fe e Mn são expressados em mg/100g e os obtidos para Zn, Cu, Mo em p.p.m..

TESTEMUNHA

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 %
Enxofre	0,21 %	0,13 %	1,76 %
Manganês	9,20	4,20	6,20
Zinco	15,50	12,50	106,00
Cobre	10,90	7,10	21,20
Ferro	18,80	13,40	42,40
Molibdenio ..	0,87	0,63	1,77

TABELA II

EFEITO DO FÓSFORO

ELEMENTOS	FÓLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- P	+ P	- P	+ P	- P	+ P
Nitrogênio	3,36 %	2,60 %	2,40 %	1,96 %	3,55 %	3,12 %
Fósforo ..	0,05 %	0,89 %	0,02 %	0,75 %	0,06 %	0,98 %
Potássio ..	2,61 %	1,98 %	1,00 %	1,27 %	2,70 %	1,95 %
Cálcio ...	0,90 %	0,52 %	0,62 %	0,48 %	0,90 %	0,58 %
Magnésio ..	0,47 %	0,62 %	0,44 %	0,64 %	0,60 %	0,76 %
Ferro	127,20	24,80	11,20	16,60	89,60	27,20

TABELA III

Os dados desta tabela revelam o seguinte:-

1) - Na ausência de fósforo, observamos alto teor de nitrogênio nas folhas, caule e raiz, provavelmente para obtenção do equilíbrio eletro estático.

2) - Na ausência de fósforo observamos um excesso de potássio na folha e na raiz, ao passo que CLEMENTS et al. (1941) conseguiram esse teor no caule, na cana de açúcar. Não encontramos explicação para tal fenômeno.

3) - Ao aumento do nível de fósforo, corresponde maior teor de magnésio. Esse resultado confirma a teoria de que o magnésio funciona como transportador do fósforo dentro da planta. Dados semelhantes foram conseguidos por TRUOG et al. (1947), donde, é de ressaltar a importância a dever ser dada à aplicação do elemento magnésio no solo, para que o fósforo presente possa ser utilizado eficientemente.

4) - Na ausência de fósforo, houve grande acumulação de ferro nas folhas, o que demonstra não se ter dado a precipitação do ferro na solução nutritiva, nas raízes e no caule, ajudando, assim, a translocação desse elemento.

5) - O excesso de fósforo provoca uma "alimentação de luxo" nesse elemento, isto é, mais do que o necessário à planta, e ao mesmo tempo um decréscimo nos teores de ferro.

EFEITO DO FERRO

faux départure

ELEMENTOS	FOLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- Fe	+ Fe	- Fe	+ Fe	- Fe	+ Fe
Nitrogênio	3,40 %	2,38 %	1,10 %	2,10 %	2,45 %	2,71 %
Fósforo ..	0,56 %	0,16 %	0,42 %	0,16 %	0,89 %	0,95 %
Potássio .	1,82 %	2,18 %	2,11 %	1,60 %	0,91 %	0,87 %
Cálcio ..	0,95 %	0,92 %	0,40 %	0,58 %	0,94 %	0,76 %
Magnésio .	0,70 %	0,42 %	0,38 %	0,61 %	0,60 %	0,53 %
Enxofre ..	0,18 %	0,24 %	0,14 %	0,19 %	0,31 %	0,36 %
Manganês .	12,40	6,66	9,00	9,20	22,60	17,00
Zinco	32,00	21,20	22,00	19,50	190,00	42,00
Cobre	23,50	12,60	7,30	10,80	56,00	26,00
Ferro	21,80	32,00	22,40	17,00	55,20	134,50
Molibdênio	0,81	2,48	0,57	1,85	1,72	3,20

TABELA IV

Colhemos nesta tabela os seguintes dados:-

1) - Na ausência de ferro, encontramos alto nível de nitrogênio. Isto talvez explique as observações do IBEC:- o alto teor de nitrogênio é condicionado pela semi-carência de ferro, induzida pelo excesso de manganês.

Não concorda este dado com o de BURSTRÖM (1939) para quem a ausência de ferro, na presença de manganês, não dava - alto teor de nitrogênio.

2) - No tratamento com mais ferro, o teor em fósforo é maior nas raízes e baixo nas folhas e no caule, o que leva a crer que se haja formado um precipitado de fosfato férrico. - Houve, então, uma imobilização do ferro e, talvez, de outros íons.

3) - A absorção do zinco varia inversamente com o nível de ferro. Tal resultado é, quiçá, resultado duma compe

tição interiônica.

Sideris

4) - A mesma observação pode ser feita em relação ao molibdênio e cobre.

5) - O excesso de ferro diminuiu o teor de manganês nas folhas e raízes, não variando quase no caule.

EFEITO DO MANGANÊS

ELEMENTOS	FOLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- Mn	+ Mn	- Mn	+ Mn	- Mn	+ Mn
Nitrogênio	3,30 %	2,80 %	1,74 %	2,00 %	2,30 %	2,34 %
Fósforo ..	0,09 %	0,42 %	0,06 %	0,31 %	0,10 %	0,33 %
Potássio .	2,50 %	1,85 %	1,60 %	2,00 %	1,90 %	1,13 %
Cálcio ...	0,96 %	1,32 %	0,52 %	0,35 %	0,92 %	0,34 %
Magnésio .	0,61 %	0,70 %	0,32 %	0,26 %	0,04 %	0,44 %
Enxofre ..	0,27 %	0,21 %	0,15 %	0,18 %	0,28 %	0,35 %
Manganês .	tt	23,20	tt	20,10	tt	515,00
Zinco	16,70	21,10	20,00	28,00	230,00	86,00
Cobre	11,80	15,10	7,40	9,50	80,00	23,50
Ferro	18,18	27,80	31,75	14,80	99,20	116,40
Molibdênio	2,32	1,46	2,26	1,42	5,66	1,63

TABELA V

Observamos o seguinte:-

1) - O alto nível de manganês determinou uma -
acumulação acentuada deste elemento nas raízes, sendo pouco trans-
locado. Houve, entretanto, nesse caso, clorose de ferro nas plantas.

2) - O alto nível de manganês determinou, ain-
da, acumulação de ferro nas raízes. É possível que o manganês inter-
fira na translocação do ferro da raiz para as outras partes da plan-
ta. Já SIDERIS (1950) sugeria que a maior parte do ferro fica em
combinação com as frações proteicas das células.

Scw Dep. Linc.

3) - Na ausência de manganês notou-se forte acumulação de zinco nas raízes, pouco translocado para as outras partes da planta, o que, aliás, foi verificado por ARZOLLA (1955).

4) - O nível de molibdênio varia inversamente com o do manganês.

5) - O excesso de manganês aumenta o teor de fósforo. Uma possível explicação seria o fato de algumas enzimas - no metabolismo dos carboidratos exigirem manganês para sua ativação; como se sabe, as transformações dos mesmos dão-se na forma de ésteres fosfóricos.

6) - Não encontramos explicação da acumulação de potássio nas folhas, na ausência de manganês. Existirá uma relação Mn/K, à semelhança da que já foi mencionada na literatura em relação Fe/K?

7) - O excesso de manganês determinou grande - acumulação de cálcio nas folhas. De fato, WALLACE (1950), citando HEWITT, opina que os efeitos tóxicos do excesso de manganês são grandemente diminuídos por alto nível de cálcio.

EFEITO DO ZINCO

ELEMENTOS	FÓLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- Zn	+ Zn	- Zn	+ Zn	- Zn	+ Zn
Nitrogênio	2,13 %	2,71 %	1,40 %	0,50 %	3,39 %	1,19 %
Fósforo ..	0,06 %	0,42 %	0,44 %	0,42 %	0,12 %	0,21 %
Potássio .	1,78 %	1,69 %	1,25 %	0,72 %	1,53 %	1,01 %
Cálcio ...	0,76 %	0,55 %	0,46 %	0,44 %	0,68 %	1,00 %
Magnésio .	0,61 %	0,28 %	0,60 %	0,15 %	0,32 %	0,44 %
Enxofre ..	0,18 %	0,25 %	0,13 %	0,50 %	0,13 %	0,38 %
Manganês .	0,90	2,90	0,70	1,20	1,40	8,00
Zinco	13,20	32,40	11,00	24,30	6,00	608,00
Cobre	17,80	13,60	8,80	16,00	12,40	69,50
Ferro	13,90	19,40	10,60	6,06	80,00	100,00
Molibdênio	2,21	2,93	2,60	1,59	3,91	3,16

TABELA VI

Ressaltam da tabela os seguintes dados:-

1) - A falta de zinco resulta em menor absorção de manganês, refletida nos teores das folhas e raízes.

2) - O teor de molibdênio aumenta, tanto na ausência, como no excesso de zinco, o que é de difícil explicação.

3) - Também não achamos explicação para o baixíssimo teor de fósforo nas folhas da planta com carência de zinco.

4) - O excesso de zinco produz uma acumulação de ferro nas raízes e pouca translocação para as outras partes da planta. Similar comportamento pode ser verificado com o excesso de manganês para com o ferro, donde se deduzirá a existência duma relação Zn e Mn com Fe.

5) - É de notar ainda o teor de cálcio conseguido na raiz no tratamento com mais zinco.

EFEITO DO COBRE

ELEMENTOS	FÓLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- Cu	+ Cu	- Cu	+ Cu	- Cu	+ Cu
Nitrogênio	2,80 %	2,24 %	2,47 %	1,40 %	2,77 %	2,60 %
Fósforo ..	0,22 %	0,14 %	0,27 %	0,25 %	0,73 %	0,25 %
Potássio .	2,25 %	1,48 %	1,50 %	1,42 %	1,50 %	1,27 %
Cálcio ...	1,00 %	0,66 %	0,60 %	0,38 %	0,98 %	0,36 %
Magnésio .	0,32 %	0,44 %	0,14 %	0,38 %	0,61 %	0,60 %
Enxofre ..	0,39 %	0,98 %	0,15 %	----	0,44 %	----
Manganês .	2,40	7,60	1,40	3,73	32,00	9,18
Zinco	43,00	19,00	20,50	16,00	111,50	29,00
Cobre	8,50	13,70	6,20	8,40	10,20	123,00
Ferro	26,60	63,00 *	17,20	18,40	52,60	53,00
Molibdenio	0,75	2,21	0,46	1,32	0,95	2,63

TABELA VII

Sanjose

Assinalamos os seguintes dados:-

1) - Na ausência de cobre, obtivemos baixo teor de molibdênio.

2) - Na ausência de cobre, houve ainda, maior absorção de zinco, o que concorda com os dados de ARZOLLA (1955).

3) - Inexplicável o teor de cálcio nas folhas, na ausência de cobre. Haverá uma relação Cu/Ca?

4) - No excesso de cobre, verificamos alto teor de enxofre na folha. Parece que há uma interação do cobre e dos compostos sulfídricos na ativação de certos sistemas enzimáticos.

5) - * O aumento do teor de ferro conseguido no tratamento mais cobre não reflete a realidade. Isso porque, quando observamos a clorose nas plantas, aplicamos nas folhas o "quelato" que usáramos em nossas soluções nutritivas. Após três dias, verificamos o desaparecimento quase total dessa clorose em algumas folhas. Não fôra aquela aplicação e teria sido menor o teor de ferro.

EFEITO DO MOLIBDÊNIO

ELEMENTOS	FÓLHAS		CAULE		RAÍZES	
	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo
Nitrogênio	2,52 %	2,07 %	1,54 %	1,82 %	2,80 %	2,80 %
Fósforo ..	0,10 %	0,15 %	0,13 %	0,23 %	0,55 %	0,33 %
Potássio .	2,00 %	1,96 %	1,37 %	1,27 %	1,17 %	1,35 %
Calcio ...	0,62 %	1,02 %	0,52 %	0,24 %	0,42 %	0,44 %
Magnésio .	0,47 %	0,60 %	0,38 %	0,44 %	0,44 %	0,47 %
Enxofre ..	0,39 %	0,38 %	----	0,44 %	----	0,79 %
Manganês .	10,20	11,30	1,40	2,00	6,20	3,40
Zinco	26,50	16,00	14,00	11,00	35,00	26,00
Cobre	10,80	9,60	8,00	6,00	26,40	21,80
Ferro	27,80	30,60	11,80	11,40	66,60	58,20
Molibdênio	0,22	3,35	0,12	3,33	0,28	17,00

TABELA VIII

A tabela apresenta-nos os seguintes dados:-

scudapstone

1) - O aumento no nível do molibdênio acarretou uma diminuição da absorção do zinco, o que concorda, uma vez mais, com as observações de ARZOLLA (1955).

2) - Parece, também, que existe uma inibição in-
teriônica entre molibdênio - cobre e molibdênio - manganês.

3) - Curioso, ainda, o teor de cálcio no aumen-
to do nível de molibdênio. Existirá uma relação Mo/Ca?

4) - Interessante frisar a acumulação de enxofre na raiz, no tratamento com mais molibdênio. Não encontramos ex-
plicação para tal.

7 - RESUMO E CONCLUSÕES

1) - O presente experimento foi dirigido no in-
tuito de estudar:-

a) - os efeitos do fósforo, ferro, manganês, -
zinco, cobre e molibdênio sôbre o crescimento e composição química do cafeeiro (Coffea arabica L, var. Caturra K.M.C.).

b) - a interdependência dos elementos citados e a destes com os macronutrientes.

c) - os sintomas que apareceram.

Para tal, cultivamos as plantas na estufa, em solução nutritiva, com três níveis dos elementos supra-citados - nível zero, em que deixamos de fornecer um desses elementos (- P, - Fe, - Mn, - Zn, - Cu, - Mo) - nível um (plantas testemunhas), em conformidade com a solução 2 de HOAGLAND e ARNON (1950), tanto para os macronutrientes como para os micronutrientes - nível dois, - com maior dosagem do elemento suprimido no nível zero e que veio a ser:- para P = 310 p.p.m. (+ P); Fe = 28 p.p.m. (+ Fe); Mn = 12,5 p.p.m. (+ Mn); Zn = 1,25 p.p.m. (+ Zn); Cu = 0,5 p.p.m. (+ Cu) e para Mo = 0,25 p.p.m. (+ Mo).

Fizemos 13 tratamentos com 4 repetições para -
as plantas testemunhas e 2 para os restantes.

Paulo F. Tave

O pH das soluções foi mantido entre 5,0 - 5,5.

2) - A análise estatística revelou, no que concerne o pêsso das plantas, que a testemunha era superior aos outros tratamentos, seguindo-se os tratamentos, + Zn, - Zn, - Mo, + Mo, - Cu, - Mn, - P, + Fe, + Cu.

3) - Quanto à altura total das plantas, resultou não diferir a testemunha dos tratamentos: - Mn, - Cu, + Mo, mas diferir dos tratamentos: - Mo, - Zn, - P, + Zn, + Cu, + Fe.

4) - Fizemos cortes anatômicos das fôlhas e descrição morfológica das plantas dos diversos tratamentos. Para anotação das côres, utilizamos o "Atlas de los colores" de VILLALOBOS - DOMINGUEZ e VILLALOBOS (1947).

Estabelecemos a seguinte relação para a clorose das fôlhas: - + Mn > + Cu > + Zn > + P com uma côr verde amarela do desde LLG-14-9° até YYL-11-10°. O grau de toxidez das raízes obedece à seguinte gradação: - + Mn > + Fe > + P > + Cu > + Zn > + Mo.

Nas plantas testemunhas, as fôlhas novas são de côr verde claro (GGL-9-12°), que se vai acentuando até ser, quando maduras, bem intenso (GGL-5-12°). Os cloroplastos do parênquima paliádico apresentam-se poliédricos, globosos e fusiformes. Nas células do mesofilo, ocorre um corpúsculo arredondado maior que os cloroplastos, de aspecto poroso e que dá a reação das graxas.

As plantas - P paralisaram em seu crescimento, as raízes apresentaram uma coloração amarelo escuro (O-16-12°), as fôlhas novas revestiram um tom verde claro (LG-15-9°) com manchas verde azeitonado escuro (Y-6-3°) e as velhas, a mesma côr com manchas necróticas nas margens. Os cloroplastos da região manchada são pouco numerosos e alterados na forma e no tamanho. Muitas células possuem diminutos grânulos verdes, e apresentam o corpúsculo de materia graxa.

Nas plantas com + P, os cloroplastos têm, nos

Sanjepture

parênquimas paliçádico e lacunoso, coloração verde e superfície granulosa, como se a clorofila se houvesse condensado em pequeninos grânulos.

Nas plantas - Fe, a nervura principal e as secundárias são de côr verde escuro (GGL-5-12°) e a porção do limbo compreendida entre as nervuras e as veias, de côr verde amarelado (LLG-17-12°).

Os cloroplastos em ambos os parênquimas, estão separados uns dos outros e são de tamanho menor que os da fôlha testemunha, côr verde limão, de contôrno irregular.

Nas plantas com + Fe, o mesofilo é de aspecto quase normal; os cloroplastos são menos numerosos que nas plantas testemunhas e no parênquima lacunoso, além de pouco abundantes, são esparsos, pequenos e fusiformes. Abundantes os corpúsculos de matéria graxa, de tamanho reduzido.

Nas plantas - Mn, as fôlhas são mais largas do que as das testemunhas. O limbo é pintalgado de pequeninos pontos ou "ilhas" amarelo esverdeado (Y-15-12°). As fôlhas velhas mostram manchas necróticas. As raízes, bem desenvolvidas, eram desde amarelo claro (OY-19-12°) até amarelo escuro (OOY-16-11°). Os cloroplastos do mesofilo são pequenos, numerosos, de forma variável. Tudo indica que se deu uma fragmentação dos cloroplastos.

Nas plantas com + Mn, os cloroplastos das manchas, tanto no paliçádico como no lacunoso, são de côr verde pardacento, com grânulos de clorofila fusiformes sôbre o estroma.

Nas plantas com - Zn, o sistema radicular era regular e as fôlhas novas de tamanho pequeno apareciam dispostas em roseta na extremidade de alguns ramos. Cloroplastos escasos, esmaecidos, extremamente pequenos. Iguais características notamos nos cloroplastos das plantas com + Zn.

Nas plantas - Cu, as fôlhas apicais apresentam-

Handwritten signature

se enroladas, com coloração verde garrafa vivo (T-8-10°). O limbo das folhas velhas é de cor verde pálido (GGL-15-10°, com nervuras amarelas levemente avermelhadas (YYO-19-9°). As folhas destacam-se com facilidade e as raízes são de cor marron claro (OOS-15-7°). Os cloroplastos do mesofilo, pequenos, descolorados e de forma irregular.

Nas plantas com + Cu e + Fe, observamos retardamento no crescimento e internódios bem curtos. Nas com + Cu, as células do mesofilo são de forma irregular. Alguns possuem um conteúdo pardacento. Produziram-se alterações no cloroplasto tanto na forma como no tamanho e cor.

Não encontramos diferenças morfológicas entre as folhas com - Mo, + Mo e as testemunhas. Em ambos os tratamentos (- Mo e + Mo) notamos formação de raízes novas, que apresentam coloração acinzentada (OOY-10-11°). Os cloroplastos no parênquima lacunoso estão, também em ambos os tratamentos, em fase de fragmentação, apresentando-se pequenos, à maneira de grânulos esféricos.

5) - Das análises químicas, colhemos os seguintes resultados:-

a) - na ausência de - P, observamos alto teor de nitrogênio nas folhas, caule, raiz, provavelmente para obtenção do equilíbrio eletrostático. Obtivemos também um alto teor de K e um alto teor de Fe nas folhas, o que indica, no último caso, que não se deu a precipitação do Fe.

A falta de Mn determinou um aumento no teor de N e forte acumulação de Zn nas raízes.

A falta de Zn determinou um teor baixo de P nas folhas e menor absorção de Mn.

A falta de Fe determinou alto teor de N.

A falta de Cu, maior absorção de Zn e baixo teor de Mo.

b) - ao aumento do nível de P, corresponde maior

Lawrence

teor de Mg. Isso sugere que o Mg funciona como transportador do P na planta, e a importância a ser dada à aplicação do elemento Mg no solo para que o fósforo presente possa ser utilizado eficientemente. Ao mesmo tempo observamos um decréscimo nos teores de Fe. - Ao aumento do nível de Fe, baixo teor de P nas folhas e caule e alto teor nas raízes. O alto nível de Fe diminuiu o teor de Mn nas raízes e folhas. O alto nível de Mn trouxe grande acumulação de Fe nas raízes e de Ca nas folhas.

O mesmo acontece com o excesso de Zn, refletindo-se na acumulação de Fe nas raízes.

O excesso de Mo acarretou diminuição na absorção de Zn. Curioso, anotar, nesse caso, um aumento no teor de Ca nas folhas, como também uma acumulação de S nas raízes.

No alto nível de Cu, verificamos alto teor de S nas folhas.

Quiçá, existe uma interação entre o Cu e os compostos sulfídricos para ativação de certos sistemas enzimáticos, como já foi mencionado na revisão da literatura.

c) - no tratamento com e sem Mn, o nível de Mo varia inversamente com o do Mn.

Com e sem Fe, a absorção de Zn varia inversamente com o nível do Fe.

Esses fatos podem ser interpretados como resultado de uma competição interiônica entre estes elementos.

d) - o teor de Mo aumenta tanto na ausência como no excesso de Zn.

e) - após as conclusões apresentadas, uma outra se nos impõe. É que, examinando as tabelas III a VIII, vemos-nos forçados a expender uma última observação:- os macronutrientes estão na dependência dos micronutrientes. Até que ponto, perguntamos, podemos acreditar na diagnose foliar? Citamos um simples exemplo:-

Santhone

no tratamento com o alto nível de ferro (+ Fe), o teor em P é maior nas raízes e baixo nas fôlhas e caule. De acôrdo com a diagnose fo- liar, diríamos que, o solo precisa de uma adubação fosfatada, o que não é certo, pois que o fósforo pode ser imobilizado pelo excesso de ferro. Não será o caso de opinarmos que se impõe a necessidade de uma revisão do conceito da diagnose foliar?

Já havíamos terminado nosso trabalho quando chegou a nossas mãos o "Report of the Rothamsted Experimental Station for 1955" e HUMPHRIES, no artigo "Nutrient uptake by excised roots" (pág. 71) declara:- "É provável que a raiz reflita com mais precisão o conteúdo mineral do solo que qualquer outra parte da planta!" Ora, tal opinião vem corroborar a nossa conclusão. A análise foliar não se nos apresentava como critério absoluto de diagnose das necessidades da planta. Agora, o trabalho que acabamos de citar, traz um diferente critério - a análise da raiz - que, digamos, nos parece bem lógico. Ao menos, ocorra-nos a necessidade da importância de ambas as análises.

8 - AGRADECIMENTOS

Não podemos silenciar nossa gratidão por todos os auxílios morais e materiais que nos possibilitaram levar a cabo nossa tarefa. Não fôra o imperativo da praxe, preferíamos calar nomes. Mas, nos seria impossível calar entre os muitos, os nomes dos que mais credores são de nosso reconhecimento. Aquí ficam consignados os nossos agradecimentos.

Ao Dr. Eurípedes Malavolta, pela sugestão e orientação do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas, na pessoa de seu Diretor Científico, Dr. Antônio Moreira Couceiro, pela bolsa que nos foi concedida e para cuja obtenção muito concorreu o Dr. Friedrich Gustav Brieger.

Aos Drs. Tufi Coury e Renato Amilcare Catani

Lawrence

pelas sugestões e uso dos laboratórios de suas cadeiras.

Aos Drs. Edgard do Amaral Graner e Carivaldo Godoy Junior pelas sementes que utilizamos.

Ao Dr. Jayme Rocha de Almeida pelo uso do material do Instituto Zimotécnico.

Ao Dr. Walter Radamés Accorsi pelo uso da estufa e ajuda na parte botânica.

A Fundação Rockefeller por parte do equipamento usado nas análises.

Ao IBEC Research Institute, nas pessoas do Dr. Lott e Eng^o Agr^o José Romano Gallo pelas análises efetuadas.

Ao Eng^o Agr^o Heli Mendes, do Departamento de Fisiologia do Instituto Agronômico pelo que já foi mencionado.

Aos Engenheiros agrônomos Moacyr de Oliveira - Camonez do Brasil Sobrinho, Domingos Pellegrino, Francisco de Assis Ferraz de Mello, Henrique Paulo Haag e Dr. José Dal Pozzo Arzolla pela colaboração e palavras de estímulo.

Aos Drs. Frederico Pimentel Gomes e Aristeu Mendes Peixoto, pela parte estatística.

Aos meus colegas de magistério secundário, Prof. Evaristo Marcos Pereira e José Sales pela revisão da redação e provas e Prof. Angelo De Lello pelos desenhos.

Aos Srs. Armando Porta, Vinicius Ferraz, Oswaldo Teixeira Mendes e Otílio Medrado pelos auxílios no curso do experimento.

Ao Sr. Serafim dos Santos pela facilidade concedida na impressão.

Ao Sr. João Barbosa Duarte pelo trabalho de dactilografia.

Ao Sr. Olavo de Mello Coelho pelo trabalho de mimeografia. E a todos que de uma forma ou outra nos ajudaram.

faruptune

9 - BIBLIOGRAFIA

- ADLER, E., EULER, H. v. GUNTHER, H., and PLASS, M. 1939. Isocitric dehydrogenase and glutamic acid synthesis in animal tissues. - Biochem. J., 33, 1028-1045.
- AIYAR, S.P. 1946. Effects of phosphate deficiency on rice. Proc. - Indian Acad. Sci. 23 B, 165-193. Chem. Abstracts 40, 7473.
- ANDERSSEN, F.G. 1932. Chlorosis of deciduous fruits trees due to a copper deficiency. J. Pomol, 10, 130 - 146.
- ANDERSON, A.J. 1942. Molybdenum Deficiency on a South Australian - Ironstone soil. J. Astralian Inst. of Agr. Sci. 8, 73 - 75.
- ANDERSON, A.J. and THOMAS, M.P. 1946. Plant responses to molybdenum as a fertilizer. 1. Molybdenum and symbiotic nitrogen fixation. Coun. Sci. Ind. Res. (Aust.), Bull. 198.
- ANDERSON, A.J. and OERTEL, A.C. 1946. Plant responses to molybdenum as a fertilizer. 2. Factors affecting the response of plants to molybdenum. Coun. Sci. Ind. Res. (Aust.), Bull. 198.
- A.O.A.C. 1948. Em Official and tentative methods of analysis, sixth edit. publ. by the Assoc. Offic. Agric. Chem. Washington, D.C..
- ARNON, D.I., and STOUT, P.R. 1939. Molybdenum as an essential element for higher plants. Plant Physiol. 14, 599-602.
- ARZOLLA, J. da P. 1955. Contribuição ao estudo da absorção e da - translocação do radiozinco no cafeeiro (Coffea arabica L.) Te se. Piracicaba.
- BARRON, E.S.G., DeMEIO, R.H. and KLEMPERER, F. 1936. Studies on - biological oxidations. V. Copper and hemochromogens as catalysts for the oxidation of ascorbic acid. J. Biol. Chem., 112,-625.
- BERTRAND, G. 1897. Sur l'intervention du manganèse dans les oxyda- tions provoquées par la lacase. C.R. Acad. Sci., Paris, 124, 1032 - 5.
- _____ 1939. La diffusion du Molybdène dans les plantes. C. R. Acad. Sci., Paris, 208, 2024.
- _____ 1940. Importance du Molybdène comme oligoélément par les Legumineuses. C. R. Acad. Sci., Paris, 211, 512.
- BIDDULPH, O. and WOODBRIDGE, E. 1952. The uptake of phosphorus by bean plants with particular reference of iron. Plant Physiol. 27, 431 - 43.
- BISHOP, W. B. S. 1928. The distribution of Manganese in plants, and its importance in plant metabolism. Aust. J. Exp. Biol. Med. - Sci., 5, 125 - 41.
- BOKEN, E. 1956. On the effect of ferrous sulphate on the available manganese in the soil and the uptake of manganese by the plant. II. Plant and soil, 7 (3), 237 - 52.
- BOBKO, E.V. and SAVVINA, A.G. 1940. Role of Molibdenum in plant de

Lawrence

velopment. C.R. Acad. Sci. U.R.S.S., 29, 507 - 9.

- BOLLE - JONES, W. E. 1955 - The effect of varied nutrient levels on the concentration and distribution of manganese within the potato plant. Plant and soil, VI (1)
- BONNER, J. y GALSTON, A. 1955. Principios de Fisiologia Vegetal. - Version española de F. Portillo. Aguilar. Madrid.
- BORTELS, H. 1930. Molybdän als katalysator bei der biologischen - Stickstoffbindung. Arch. Mikrobiol., 1, 333 - 42.
- BRANDENBURG, E. 1934. Über die Bedeutung des Kupfers für die Entwicklung einiger Pflanzen in Vergleich zu Bor und Mangan und über Kupfermangelerscheinungen. Angew. Bot., 16, 509 - 9.
- BRIEGER, F.G. 1946. Limites unilaterais e bilaterais na análise estatística. Bragantia 6, 530.
- BROWN, J.C., HOLMES, R.S. and SPECHT, A.W. 1955. Iron, the limiting element in a chlorosis. Part II. Copper - Phosphorus induced - chlorosis dependent upon plant species and varieties. Plant - Physiol., 50, 457 - 62.
- BROWN, J.C., and HOLMES, R.S. 1955. Iron, the limiting element in a chlorosis. Part I. Availability and utilization of iron dependent upon nutrition and plant species. Plant Physiol., 30, 451 - 7.
- BROYER, T.C., CARLTON, A.B., JOHNSON, C.M., and STOUT, R.R. 1954. Chlorine. A micronutrient element for higher plants. Plant Physiol., 29, 526 - 32.
- CLEMENTS, H.F., MARTIN, J.P. and MORIGUCHI, S. 1941. Composition of sugar cane plants grown in deficient nutrient solution. The Hawaiian Planters' Record. XLV (4).
- CHANDLER, W.H. 1937. Zinc as a nutrient for plants. Bot. Gaz., 98, 625 - 46.
- FRANCO, C. e MENDES, H.C. 1953. Deficiencia de microelementos em cafeeiro adulto. Bol. Super. Serviços do Café, Nº 318. Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo.
- CROOKE, W.M., HUNTER, J.G. and VERGNANO, O. 1954. The relationship between nickel toxicity and iron supply. Ann. Appl. Biol. 41, 311-24.
- DELF, E.M. 1946. Translocation of copper in plants. Nature, 157, 666 - 8.
- ELVEHJEM, C.A. 1935. The biological significance of copper and its relation to iron metabolism. Physiol. Rev. 14, 471 - 507.
- EPSTEIN, E. and STOUT, P. 1952. The micronutrients cations iron, manganese, zinc and copper: their uptake by plants from the adsorbed state. Soil Sci. 72 (1), 47 - 65.
- ERKAMA, J. 1950. On the effect of copper and manganese on the iron status of higher plants. Em WALLACE et. al. Trace Elements in Plant Physiology p. 53 - 62.

Paul Eftune

- EVANS, H.J. 1956. Role of Molybdenum in Plant Nutrition. Soil Sci. 81 (3), 199.
- FEIGL, F. 1954. Spot tests. Tradução de Ralph E. Oerster. Vol. I, Inorganic Applications. Elsevier Publishing Company.
- FERGUSON, W.S., LEWIS, A.H., and WATSON, S.J. 1938. Action of molybdenum in nutrition of milking cattle. Nature, 141, 553.
- FRANCO, C.M., and LOOMIS, W.E. 1947. The absorption of phosphorus and iron from nutrient solutions. Plant Physiol. 22, 627 - 34.
- FRANCO, C.M. e MENDES, H.C. 1949. Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. Bragantia, 9 (9 - 12).
- HOPKINS, E.F., and WANN, F.B. 1926. Relation of hydrogen ion concentration to growth of Chlorella and to the availability of iron. Bot. Gaz. 81, 353 - 76.
- HOPKINS, E.F. 1930. The necessity and function of manganese in the growth of Chlorella sp. Science, 72, 609 - 10.
- GILE, P.L. and CARRERO, J.O. 1916. Immobility of iron in the plant. Jour. Agr. Res. 7, 83 - 7.
- GLASSCOCK, H.H. and WAIN, R.L. 1940. Distribution of manganese in the pea seed in relation to marsh spot. J. Agric. Sci. 30, 132-40.
- GONZÁLEZ, C. y CAMACHO, C. 1952. Sintomas de la deficiencia del boro en cafeto. Ministerio de Agricultura e Industrias. Costa Rica. Bol. Tecn. N^o 11.
- GODOY, C.J. 1954. Germinadores de areia para Café. Rev. Agricultura 29, 292 - 6.
- GUBLER, C.J. 1956. Absorption and Metabolism of Iron. Science, 123, 87 - 90.
- HAAS, A.R.C. 1937. Zinc relation in mottle-leaf of Citrus. Bot. Gaz. 98, 65 - 86.
- HEWIT, E.J. 1948. Relation of manganese and some other metals to the iron status of plants. Nature, 161, 489.
- HEWITT, E.J., JONES, E.W. and WILLIAMS, A.H. 1949. Relation of molybdenum and manganese to the free amino-acid content of the cauliflower. Nature, 163, 681-82.
- HEWITT, E.J., ARGAWALA, S.C. and JONES, E.W. 1950. Effect of molybdenum status on the ascorbic acid content of plants in sand culture. Nature 166, 1119.
- HEWITT, E.J. 1951. The role of the mineral elements in plant nutrition. Ann. Rev. Pl. Physiol. 2, 25.
- HEWITT, E.J. and BOLLE-JONES, E.W. 1953. The interrelationships of iron and potassium in the potato plant. Jour. of Horticultural Science, 28, 185 - 93.
- HOAGLAND, D.R., CHANDLER, W.R. and HIBBARD, P.L. 1936. Little-leaf

Lawrence

or rosette of fruit trees. V. Effect of zinc on the growth of plants of various types in controlled soil and water culture - experiments. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 33, 131 - 41.

- HOAGLAND, D.R. and ARNON, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta., Berkeley, Calif., Circ. 347.- -
- HOPKINS, E.F., and WANN, F.B. 1926. Relation of hydrogen ion concentration to growth of *Chlorella* and to the availability of iron. Bot. Gaz. 81, 353 - 76.
- HOPKINS, E.F. 1930. The necessity and function of manganese in the growth of *Chlorella* sp. Science, 72, 609 - 10.
- IBEC RESEARCH INSTITUTE. Métodos de análise. Mimeografado.
- INGALLS, R.A. and SHIVE, J.W. 1931. Relation of H-ion concentration of tissue fluids to the distribution of iron in plants. Plant Physiol., 6, 103 - 23.
- JAVILLIER, M. 1908. Le zinc chez les plantes. Ann. Inst. Past. 22, 720 - 7.
- _____ 1912. Sur l'emploi du zinc comme engrais catalytique.
- _____ 1914. Une cause d'erreur dans l'étude de l'action - biologique des éléments chimiques: la présence du zinc dans le verre. C. R. Acad. Sci. Paris, 158, 1216 - 9.
- KESTER, D.E., BROWN, J.G. and ALDRICH, T. 1956. Copper deficiency of Almonds. Calif. Agr. Exp. Sta., 10 (6), 13.
- KRUG, C.A., MENDES, J.E.T. e CARVALHO, A. 1949. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Bragantia, 9, 157 - 63.
- LEE, H.A. and MCHARGUE, J.S. 1928. The effect of a manganese deficiency of the sugar cane plant and its relationship to Pahala blight of sugar cane. Phytopathology, 18, 775 - 86.
- LINGLE, J.C. and HOLMBERG, D.M. 1956. Zinc deficient crops. Calif. Agr. Exp. Sta., 10 (2), 13 - 4.
- LIPMAN, C.B. and MACKINNEY, G. 1931. Proof of the essential nature of copper for higher green plants. Pl. Physiol. 6, 593 - 9.
- LÖHNIS, M.P. 1950. Injury through excess of manganese Em WALLACE et. al. Trace Elements in Plant Physiology, pp. 63 - 76.
- LUNDEGARDH, H. 1939. Mangan als katalysator der Pflanzenatmung. - Planta, 29, 419 - 26.
- LUNT, O.R. and WALLACE, A. 1955. Use of Iron Chelates. Calif. Agr. Exp. Sta., 9 (6).
- MCHARGUE, J.S. 1922. The role of manganese in plants. J. Amer. Chem. Soc., 44, 1592 - 8.
- _____ 1923. Effect of different concentration of manganese sulphate on the growth of plants in acid and neutral soils and the necessity of manganese as a plant nutrient. J. Agric.

Res., 24, 781 - 94.

summary

- Mc LEAN, F.T. and GILBERT, B.E. 1925. Manganese as a cure for a chlorosis in spinach. Science LXI, 636 - 7.
- MALAVOLTA, E. 1952 - Estudos químico-agrícolas sobre o enxofre. Ann. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz" 9, 39 - 130.
- MALAVOLTA, E. 1954. Em Elementos de Química Agrícola. 1a. Edição. Gráfica Edit. Linotype. São Paulo - Brasil.
- MALAVOLTA, E. e COURY, T. 1954. Apostilas de Práticas de Química Agrícola. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz" - Piracicaba.
- MALAVOLTA, E. 1954a. Studies on the nitrogenous nutrition of rice. Plant Physiol. 29 (1).
- MAZÉ, P. 1914. Influences respectives des éléments de la solution minérale sur le développement du maïs. Ann. Inst. Pasteur 28, 21-48.
- _____. 1915. Détermination des éléments minéraux rares nécessaires au développement du maïs. C.R. Acad. Sci. Paris, 160, 211-14.
- _____. 1919. Recherche d'une solution purement minérale capable d'assurer l'évolution complète du maïs cultivé à l'abri des microbes. Ann. Inst. Pasteur, 33, 139-73.
- MAQUENNE, L. et DEMOUSSY, E. 1920. Sur la toxicité du fer et les propriétés antitoxiques du cuivre vis-à-vis des sels ferreux. C.R. Acad. Sci., 171, 218 - 22.
- MEDCALF, J.C., LOTT, W.L., TEETER, P.B. e QUINN, L.R., 1955. Experimental Programs in Brazil. IBEC Research Institute.
- MEULEN, H.T. 1932. Distribution of Molybdenum. Nature 130, 966.
- MILLIKAN, C.R. 1947. Effect of Mo on the severity of toxicity symptoms in Flax induced by an excess of either Mn, Zn, Cu, Ni, Co in the nutrient solution. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 13, 180 - 6.
- _____. 1948. Antagonism between Mo and certain heavy metals in plant nutrition. Nature, 161, 528.
- _____. 1950. Relation between nitrogen source and the effects on flax of an excess of Mn, or Mo in the nutrient solution... Aust. J. Sci. Res. B, 3, 450 - 73.
- MORRIS, H.D. & PIERRE, W.H. 1949. Minimum concentrations of Manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. Agron. Journal, 41 (3): 107 - 12.
- MOWRY, and CAMP, A.F. 1934. A preliminary report on zinc sulphate as a corrective for bronzing of Tung trees. Univ. Florida Agr. Exp. Sta. Bull. 273.
- MULDER, E.G. 1950. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Pl. Physiol. 1, 1 - 21.

Lawrence

- MULDER, E.G. 1954. Molybdenum in relation to growth of higher plants and microorganisms Plant & Soil, 5, 368 - 415.
- MASON, A., OLDEWURTEL, H.A. and PROPST, L.M. 1952. Role of micronutrient elements in the metabolism of higher plants. Arch. Bioch. and Bioph., 38, 1 - 12.
- OLSEN, C., 1934. Über die Manganaufnahme der Pflanzen. Biochem.Z. 269, 329.
- _____. 1935. Iron absorption and chlorosis in green plants, Comptes Rendus des travaux, Lab. Carlsberg, Serie Chim., 21, 15 - 63.
- _____. 1939. The employment for water culture experiments of distilled water containing traces of copper. Comptes Rendus des travaux, Lab. Carlsberg, Serie Chim., 23 (5), 37 - 44.
- OVERSTREET, R. and JACOBSON, L. 1952. Mechanisms of ion absorption by roots. Ann. Rev. Pl. Physiol. 3, 189 - 206.
- PATTEN, H. E., and MAIN, G. 1920. A note on the hydrogen ion concentration at which iron is precipitated from hydrochloric acid solution, by ammonium hydroxide, sodium hydroxide, and hydrogen sulphide. Jour. Assoc. Offic. Agr. Chem., 4, 233 - 34.
- PIMENTEL GOMES, F. 1955. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba.
- PIPER, C.S. 1940. Molybdenum as an essential element for plant growth. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 6, 162 - 4.
- _____. 1942. Investigations on copper deficiency in plants. J. Agric. Sci., 32, 143 - 78.
- _____. 1950. Soil and Plant Analysis. Interscience Publishers Inc. New York.
- QUINLAN - WATSON, T.A.F. 1951. Aldolase activity in zinc deficient plants. Nature, 167, 1033 - 34.
- RAULIN, J. 1869. Études chimiques sur la végétation. Ann. Sci.Nat. 11, 93 - 299.
- _____. 1870. Sur les conditions chimiques de la vie des organismes inférieurs. C.R. Acad. Sci., 70, 634 - 8.
- REDISKE, J.H., and BIDDULPH, O, 1953. The absorption and translocation of iron. Plant Physiol., 28, 576 - 93.
- REED, H.S. and DUFRENOY, J. 1935. The effects of zinc and iron salt on the cell structure of mottled orange leaves. Hilgardia, 9, 113 - 37.
- REED, H.S. 1939. The relation of copper and zinc salts to leaf structure. Amer. J. Bot., 26, 29 - 33.
- REUTHER, W. and BURROWS, F.W. 1942. The effect of manganese sulphate on the photosynthetic activity of frenced tung foliage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 40, 73 - 6.

Lawrence

- ROBERTSON, R.N. 1951. Mechanism of absorption and transport of inorganic nutrients in plants. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, 2, 1 - 20.
- SAMUEL, G. and PIPER, C.S. 1928. Grey speck (manganese deficiency) disease of oats. *J. Agric. S. Aust.*, 31, 696 - 705, 789 - 99.
- _____. 1929. Manganese as an essential element for plant growth. *Ann. Appl. Biol.*, 16, 493 - 524.
- SANDELL, E.B. 1950. Em Colorimetric determination of traces of metals, 2nd. Edit., Interscience Publ. New York.
- SCHREINER, O. and DAWSON, P.R. 1927. Manganese deficiency in soils and fertilizers. *Ind. and Eng. Chem. XLX*, 400 - 4.
- SHIVE, J. W. 1941. Significant roles of trace elements in the nutrition of plants. *Plant Physiol.*, 16, 435 - 45.
- SIDERIS, C.P. 1950. Manganese interference in the absorption and translocation of radioactive iron (Fe59) in *Ananas comosus*. - *Plant Physiol.*, 25, 307 - 21.
- SKCOG, F. 1940. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. *Amerc. J. Bot.*, 27, 939 - 51.
- SMITH, P.F. & SPECHT, A.W. 1953. Heavy metal nutrition and iron - chlorosis of citrus seedlings. *Plant Physiol.*, 28, 371 - 82.
- SOMMER, A.L. and LIPMAN, C.B. 1926. Evidence of the indispensable nature of zinc and bore for higher green plants. *Plant Physiol.* 1, 231 - 49.
- SOMMER, A.L. 1928. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth of higher green plants. *Plant Physiol.*, 3, 217-21
- _____. 1931. Copper as an essential element for plant growth. *Plant Physiol.*, 6, 339 - 45.
- SOMERS, I.I. and SHIVE, J. W. 1942. The iron-manganese relation in plant metabolism. *Plant Physiol.*, 17, 582 - 602.
- STEINBERG, R.A. 1936. Relation of accessory growth substances to heavy metals including molybdenum in the nutrition of *Aspergillus niger*. *J. Agr. Research*, 52, 439 - 48.
- _____. 1937. Role of molybdenum in the utilization of ammonium and nitrate nitrogen by *Aspergillus niger*. *J. Agr. Research*, 55, 891 - 902.
- STEPHENS, C.G., and OERTEL, A.C. 1943. Responses of Plants to Molybdenum in Pot Experiments on the Cressy Shaley Clay-loam. *J. Council Sci. and Ind. Research*, 16, 69 - 73.
- STEWART, I. and LEONARD, C.D. 1952. Chelates as sources of Fe for plants growing in the field. *Science*, 116, 564 - 6.
- STILES, W. 1953. Los vestigios de elementos en las plantas y en los animales. Trad. 2a. ed. inglesa por Gaspar Gonzalez y Gonzalez. Talleres gráficos Montaña. Madrid.
- STOUT, P.R., and ARNON, D.I. 1939. Experimental methods for the

Signature

study of the role of copper manganese, and zinc in the nutrition of higher plants. Am. J. Bot., 26, 144 - 9.

- STOUT, P.R. and MEAGHER, W.R., 1948. Studies of the molybdenum nutrition of plants with radioactive molybdenum. Science., 108 - 471 - 73.
- STOUT, P.R., MEAGHER, W.R., PEARSON, G.A., and JOHNSON, C.M. 1951. Molybdenum nutrition of crop plants. Part I. The influences of phosphate and sulphate on the absorption of molybdenum from soils and solutions cultures. Plant and soil, 3, 51 - 78.
- SYLVAIN, P.G. 1954. Long - range objectives in studies of the physiology of coffee. Turrialba, 4 (1), 13 - 22 .
- TOTH, S.J., PRINCE, A.L., WALLACE, A. and MIKKELSEN, D.S. 1948. 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 - 66.
- TOTTINGHAM, W.E. and BECK, A.J. 1916. Antagonism between manganese and iron in the growth of wheat. Plant World, 19, 359 - 70.
- TRUOG, E, GOATES, R.J., GERLOFF, G.C. and BERGER, K.C. 1947. Magnesium - Phosphorus relationships in plant nutrition. Soil Sci., 63 (1), 19 - 25.
- TSUI, C. 1948. The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plants. Amer. J. Bot., 35, 172 - 79.
- _____. 1955. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. Scientia Sinica, 4 (1), 129 - 35.
- VERONA, O. 1952. I microelementi nella nutrizione di vegetali. Pisa, Universita.
- VILLALOBOS - DOMINGUEZ, C. y VILLALOBOS, J. 1947. Atlas de los colores. Libreria El Ateneo. Buenos Aires - Argentina.
- WALLACE, T. 1950. The application of the method of visual diagnosis to trace element problems in plants. Em WALLACE et. al. Trace Elements in Plant Physiology. Pag. 5 - 55.
- WARINGTON, K. 1946. Molybdenum as a factor in the nutrition of lettuce. Ann. Appl. Biol., 33, 249 - 54.
- _____. 1954. The influence of iron supply on toxic effects of manganese, molybdenum and vanadium on soybean, peas and flax. Ann. Appl. Biol., 41, 1 - 22.
- _____. 1955. The influence of high concentrations of ammonium and sodium molybdates on flax, soybean and peas grown in nutrient solutions containing deficient or excess iron. Ann. Appl. Biol. 43, 709 - 19.
- WRIGHT, H.C. 1934. Soil Analysis. 1st. edit. London.
- _____. 1938. Agricultural Analysis. 1st. edit. London.

A D E N D A

Na página 4, linha 6, acrescenta-se:- ARZOLLA (1955) e MALAVOLTA et al. (1956) estudaram a absorção do radiozinc no cafeeiro cultivado em solução nutritiva.

E R R A T A

Página	Linha	Onde se lê	Leia-se
3	13	fósforo	suprima-se
4	22	peroxidade	peroxidase
5	24	BIDDULP	BIDDULPH
6	8	Ca Co ₃	CaCO ₃
9	2	MORIS	MORRIS
10	7	fênica	férrica
10	12	WARRINGTON (1954)	WARINGTON (1954)
10	23	VENNESLAND (1949)	VENNESLAND (1949), citado por HEWITT (1951)
12	8	HEWITT (1949)	HEWITT et al. (1949)
12	11	GERRETSEN (1949)	GERRETSEN (1949), citado por MULDER (1950)
16	27	HEWITT (1955)	HEWITT (1951)
18	22	ANDERSEN (1934)	ANDERSSEN (1932)
21	6	fôlhas	flores
22	21	WARRINGTON (1956)	WARINGTON (1956)
24	18	Erlenmayer	Erlenmeyer
25	3	(sob MnCl ₂ .4H ₂ O)	(sob MnCl ₂ .4H ₂ O)
25	6	(sob MoO ₄ .4H ₂ O)	(sob H ₂ MoO ₄ .H ₂ O)
27	6	calcáreos	calcários
30	2	técnica	técnica de laboratório
30	25	Método de titração do oxalato potássio	Método titrimétrico de determinação do cálcio por permanganometria
34	4	Método de permanganato agente oxidante	Método do periodato de potássio
45	última	Tal resultado é, quiçá, resultado	Tal resultado é, quiçá, consequência
49	5	ARZOLLA (1950)	ARZOLLA (1955)
53	19	a) na ausência de -P	a) na ausência de P
Contra-capa		K.M.G.	K.M.C.