

OSÉ DAL POZZO ARZOLLA

Engenheiro Agrônomo

Assistente de Química Orgânica e Química Biológica

E.S.A. "Luiz de Queiroz, U.S.P.

Contribuição ao estudo da absorção e da translocação
do radiozínco no cafeeiro (Coffea arabica L.)

Tese de Doutorado

apresentada à

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P.

Piracicaba, Outubro de 1955.

J. H. F. Costa

I N D I C E

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Funções do zinco nas plantas superiores	1
1.2. Carência de zinco nas plantas	1
1.3. Trabalhos com radiozinco nas plantas cultivadas.	3
1.4. Apresentação do trabalho	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Cultivo das plantas e fornecimento do zinco ...	7
2.1.1. Solução nutritiva	7
2.1.2. Vasos com terra	9
2.2. Contagens	10
2.3. Análise química das plantas	11
2.3.1. Preparo do extrato	11
2.3.2. Determinação do ferro	11
2.3.3. Determinação do manganês	12
2.3.4. Determinação do cobre	12
2.3.5. Determinação do molibdênio	13
2.3.6. Determinação do zinco	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1. Ensaio em solução nutritiva	15
3.1.1. Fornecimento do radiozinco na solução nutritiva	15
3.1.2. Fornecimento de radiozinco às folhas	22
3.2. Ensaio em vasos com terra	24
3.2.1. Contagens	24
3.2.2. Análise química	26
4. RESUMO E CONCLUSÕES	29
4.1. Ensaio em solução nutritiva	29
4.2. Ensaio em vasos com terra	31
5. SUMMARY	32
5.1. Water-culture experiments	32
5.2. Soil-pots experiments	34
6. AGRADECIMENTOS	36
7. LITERATURA CITADA	37

Boffozzola

1. INTRODUÇÃO.

1.1. Funções do zinco nas plantas superiores.

A ocorrência do zinco nas plantas superiores, ao que parece foi registrada pela primeira vez por JAVILLIER (1908), o qual sugeriu - com notável intuição - que esse elemento deveria desempenhar funções catalíticas.

O zinco é aparentemente necessário para a produção normal da clorofila e para o crescimento; com respeito ao último ponto é provável que a ação do zinco se prenda, em parte, à síntese de auxinas; os trabalhos de TSUI (1948) provocado pelos de SKOOG (1940) deixaram a questão em bases satisfatórias: as plantas requerem Zn para a síntese do triptofano o qual, por sua vez é precursor do ácido indolacético (WILDMAN et al., 1947); em outras palavras: a planta requer o zinco diretamente para a síntese do triptofano (entre outros fins) e indiretamente para a formação de auxinas.

QUINLAN-WATSON (1953) observou que a atividade da aldolase - a enzima que desdobra frutose - 1,6 - difosfato em triosesfosfatadas - na aveia e no trevo estava associada à presença do zinco: plantas deficientes em zinco exibiam baixa atividade. Não se sabe ainda, porém, se o zinco é um constituinte da apoenzima, se funciona como coenzima ou se é específico para a síntese de algum aminoácido que entre na parte proteica da aldolase.

Essa terceira hipótese é apoiada pelos dados de WOOD e SIBLY (1952) mostrando que o zinco - essencial para a atividade da anidrase carbônica, enzima que decompõe H_2CO_3 ou $NaHCO_3$ - está implicado nas reações metabólicas que conduzem à formação de proteínas.

1.2. Carência de zinco nas plantas.

Várias são as doenças "fisiológicas" que ocorrem nas culturas devido à falta de zinco. Os sintomas mais típicos aparecem na folhagem a qual mostra clorose irregular: as folhas afetadas apresentam estrias amareladas, em ângulo com a nervura principal, o resto do limbo ficando verde; pode acontecer também que as folhas sejam pequenas,

Esquiza

1954. GIACOMETTI e ARAUJO. Em Minas Gerais descreveram o aparecimento de sintomatologia da falta de zinco em citrus relatando que a condição podia ser combatida pelo emprêgo de sulfato de zinco no solo ou em pulverizações.

A literatura sôbre carências de zinco nas plantas cultivadas e o seu contrôle é muito extensa; os trabalhos acima são, porém, os que mostram maior interêsse.

1.3. Trabalhos com radiozinco nas plantas cultivadas.

Com a disponibilidade do zinco radioativo, para as pesquisas biológicas, muitos problemas novos e alguns antigos puderam ser estudados, mais comodamente; a absorção e as condições que a afetam, a sua translocação, formas de ocorrência etc.

Obtenção do radiozinco. O Zn^{65} é produzido pelo bombardeamento de lâminas de cobre por particulas pesadas. Essas particulas penetram no núcleo desse elemento, alteram sua constituição, transformando-o num isótopo radioativo.

O cobre da superfície se transforma em Zn^{65} o qual é separado por uma série de reações químicas. Primeiramente se trata a superfície da lâmina por ácido nítrico que produz uma mistura de $Cu(NO_3)_2$ e $Zn(NO_3)_2$. Separam-se êsses dois iônios por meio do gás sulfídrico, em meio ácido obtendo-se o cobre na forma de CuS , o qual fica retido no filtro; o zinco passa no filtrado.

A precipitação é repetida duas a três vêzes para uma melhor separação do Zn^{65} formado.

Para se purificar o radiozinco emprega-se a ditizona a qual se liga a êle, em determinado pH, formando um composto estável e um complexo ditizona-líquido os quais são separados em funil de separação.

(19) Hozalla
O ditizonato de zinco separado é incinerado a 500-550°C, transformando-se em $Zn^{65}O$. Este é dissolvido em ácido clorídrico obtendo-se assim o $Zn^{65}Cl_2$.

O Zn^{65} se desintegra por emissão de positrons (eletrons positivos) e captura K. Os primeiros têm uma energia de 0,32 m. e v. a emissão de gama se dá com 1,11 m. e v. (KAMEN, 1950, p. 362).

Meia vida. Define-se a meia vida como um período de tempo no fim do qual o isótopo radioativo perde metade de sua atividade, isto é, a metade dos átomos existentes se desintegra. Em igual período a metade da metade, que constitui um quarto da atividade se desintegra, noutro período um oitavo e assim sucessivamente.

Representando-se por T os períodos durante os quais se dá a desintegração e por X a atividade, teremos: X, X/2, X/4, X/8 etc. A meia vida é característica para cada isótopo radioativo o que estabelece um limite para seu uso. Temos como exemplo as meias vidas do N^{15} , P^{32} , S^{35} , Zn^{65} e C^{14} que são respectivamente: alguns segundos, ± 14 , ± 87 , ± 250 dias e para o último, alguns milhares de anos. Quando se pretende usar um isótopo radioativo em Agricultura, deve-se levar em consideração a meia vida, em virtude do tempo necessário para a sua translocação, preparação do material para análise, detecção, etc.

Tipos de radiações. O isótopo radioativo é a forma do elemento que tem núcleo instável e emite partículas α , β , e radiações γ .

As partículas α são núcleos de helio, possuem carga positiva e são constituídas de dois protons e dois neutrons.

As partículas β são eletrons, possuem carga elétrica e massa igual ao eletron e são dotadas de grande velocidade.

As radiações γ são unidades eletromagnéticas, não possuindo carga nem massa. São fotons emitidos pelo núcleo excitado permi-

Justiça
tindo seu deslocamento para um estado energético mais baixo. Elas podem provocar a expulsão de elétrons dos átomos que se desintegram. São radiações de grande alcance e sua absorção, por diferentes núcleos é proporcional à densidade dos mesmos.

Energia. A energia varia com o tipo de isótopo e com a radiação. O mesmo isótopo pode emitir partículas com diferentes níveis de energia. A energia é medida em eletrôn-volt. O eletrôn-volt é a energia que um elétron adquire ao percorrer a diferença de potencial de um volt num campo elétrico. A energia, em geral, emitida por isótopo de interesse biológico é representada por milhões de elétrons-volts.

Exemplos. Não é muito extensa a literatura sobre o uso do radiozinco no estudo do metabolismo das plantas superiores.

BERG (1950) estudou a distribuição e as formas em que se encontrava o radiozinco oferecido à ervilha. Verificou que a porção maior do Zn^{65} permanecia nas raízes enquanto muito pouco subia para a folhagem. O radiozinco foi fracionado em três partes: insolúvel, solúvel em água fria ou quente, solúvel em álcool etílico e em éter; nessas frações a atividade encontrada dependia da parte da planta analisada; tornou-se claro porém que sempre havia uma porção do Zn^{65} ligado às proteínas.

EPSTEIN e STOUT (1951) estudaram a absorção de Fe, Mn, Zn e Cu por plantinhas de tomate a partir de bentonita, notando que a mesma dependia da percentagem do metal no coloide, da quantidade fornecida e do íon complementar.

MALAVOLTA e CARLTON (1953) aplicaram o radiozinco a tomates cultivados em solução nutritiva; com as folhas colhidas fizeram radioautógrafos para determinar o período de exposição necessário. Um dos radioautógrafos apresentados - feito 24 horas depois da adição de $Zn^{65}Cl_2$ à solução nutritiva - mostrou acumulação do radioisótopo nas

JOS HAZOLLA

nervuras; quanto à distribuição no caule foi notado acúmulo na casca e no floema. Outro radioautógrafo das fêlhas mostrou distribuição bem diversa porquanto o Zn^{65} se localizou entre as nervuras e na periferia.

MALAVOLTA e PELLEGRINO (1954) combinando o trabalho acima estudaram a distribuição e a translocação do radiozinco aplicado a tomateiros vegetando em solução nutritiva. Verificaram que o zinco se acumula nas raízes mesmo quando se trata de "seedlings". A translocação foi demonstrada por contagens no material e radioautografia.

SHAW et al. (1954) estudaram a absorção do radiozinco por milho e plantinhas de laranja, sendo o Zn^{65} fornecido sob diversas formas; verificaram que a absorção do zinco usado como adubo era "in all cases very low".

1.4. Apresentação do trabalho.

Este trabalho tem várias finalidades:

- a) estudar alguns aspectos do metabolismo do zinco no cafeeiro, planta que é do máximo interesse econômico para o Brasil: absorção, translocação e alguns fatores que afetam êsses dois fenômenos;
- b) estudar um aspecto da acumulação de micronutrientes metais pesados qual seja: relação entre absorção do zinco e do ferro, manganês, cobre e molibdênio fornecido em três níveis;
- c) apresentar uma pequena contribuição ao estudo dos métodos para controlar a carência de zinco no cafeeiro, doença fisiológica que já foi encontrada em várias regiões do Estado de São Paulo.

20/11/2014

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1. Cultivo das plantas e fornecimento do zinco.

2.1.1. Solução nutritiva

O trabalho foi feito com mudas de cafeeiro da variedade "Bourbon amarelo" de 8 meses de idade, as quais foram transplantadas para erlenmeyers de 1 litro; êsses frascos foram pintados de preto e depois com várias camadas de esmalte amarelo.

As plantas receberam durante o ensaio a solução 1 de HOAGLAND e ARNON (1950) contendo N, P, K, Ca, S e Mg; quanto aos micro nutrientes êstes foram fornecidos às plantas testemunhas de acôrdo com as indicações dos mesmos HOAGLAND e ARNON (1950); as demais mudas receberam níveis diferentes de Fe, Mn, Cu e Mo como se vê na Tabela 1.

Vaso	Tratamento
1, 2, 3	testemunhas (*)
4, 5, 6	menos Fe
7, 8, 9	10 p.p.m. Fe
10, 11, 12	menos Mn
13, 14, 15	5 p.p.m. Mn
16, 17, 18	menos Cu
19, 20, 21	0,2 p.p.m. Cu
22, 23, 24	menos Mo
25, 26, 27	0,1 p.p.m. Mo

Tabela 1

Fornecimento de micronutrientes à solução nutritiva

(*) 0,05 p.p.m. Zn; 1 p.p.m. Fe; 0,5 p.p.m. Mn; 0,02 p.p.m. Cu; 0,01 p.p.m. Mo

Suspensão

As soluções foram renovadas cada duas semanas. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação tendo a duração de 8 semanas.

A. Fornecimento do radiozinco na solução nutritiva.

Em todos os tratamentos que aparecem na Tabela 1, as plantas receberam, além do zinco inerte, doses semanais de $Zn^{65}Cl_2$ totalizando aproximadamente 0,15 microcuries.

B. Fornecimento do radiozinco às fôlhas.

Nêste caso as plantas foram cultivadas em solução nutritiva como no anterior, omitindo-se apenas o zinco inerte; êste foi fornecido diluindo-se $Zn^{65}Cl_2$ em cloreto de zinco inerte com uma concentração igual àquela fornecida em 2.1.1.; tomou-se, a seguir um volume tal que contivesse a mesma quantidade de zinco recebida pelas plantas do ensaio anterior. Foram assim fornecidas 0,1 microcuries por planta. O zinco marcado foi aplicado pincelando-se cuidadosamente dois pares determinados de fôlhas recém-maduras: pincelava-se e depois de sêcas as fôlhas recebiam novo pincelamento até esgotar-se a solução; a seguir os pinçeis e os "beakers" contendo a solução radioativa eram molhados com água destilada em porções sucessivas as quais também eram pinceladas.

Os pincelamentos foram feitos como aparece na Tabela 2.

Vaso	Tratamento
28,29	página superior
30,31	página inferior
32,33	ambas as páginas

Tabela 2
Fornecimento do zinco às fôlhas

2.1.2. Vasos com terra.

Foram usados dois tipos de solos: terra roxa legítima da Fazenda Modelo da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo e arenito de Baurú vindo de Marília, Estado de São Paulo. As análises dessas terras constam da Tabela 3.

Característica	Solo	
	Terra roxa	Arenito
Nitrogênio, %	0,21	0,19
Matéria orgânica, %	2,1	0,8
pH	6,0	8,0
Fósforo trocável, me. %	0,9	0,36
K trocável, me. %	0,75	0,22
Ca trocável, me. %	6,0	4,5
Zinco, p.p.m. (*)	2,3	3,4

(*) Extraído com HCl 0,1 N

Tabela 3

Algumas características das terras usadas.

Cada vaso de Mitscherlich recebeu 3,5 Kg de terra e a seguinte adubação: 2,0 g de NaNO_3 , 2 g de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 0,3 g de KCl, 1,0 g de CaCO_3 e 1,0 g de MgSO_4 . Os adubos foram bem misturados com o solo. O radio-zinco foi fornecido numa dose única totalizando 10^6 contagens/minuto; além disso, forneceu-se zinco inerte em duas doses: a dose 1 que constava de 65 mg ZnCl_2 por vaso e a dose 2, 130 mg ZnCl_2 por vaso. Em cada vaso de Mitscherlich foram transplantadas 2 mudas de cafeeiro semelhantes àquelas usadas nos experimentos em solução nutritiva. No presente ensaio, tínhamos então os seguintes tratamentos (Tabela 4).

Definitiva

Vaso	Tratamento
1, 2	Arenito de Baurú, 1 dose de zinco
3, 4	" " " , 2 doses de zinco
5, 6	Terra roxa legítima, 1 dose de zinco
7, 8	" " " , 2 doses de "

Tabela 4

Tratamentos no ensaio em vasos com terra.

As plantas foram conservadas em casa de vegetação, sendo expostas ao ar livre somente pela manhã. As regas eram feitas sempre que necessário, restituindo-se o percolado quando havia.

2.2. Contagens.

Estudou-se preliminarmente a maneira de corrigir a auto absorção ("self absorption") nas amostras a ser contadas. Para isso determinou-se a variação na atividade consequente do aumento no peso de uma mesma amostra, ou melhor, de um mesmo material. A seguir em duplicatas dos mesmos pesos determinou-se a atividade de dois modos: a) incinerando-se o material em forno elétrico a 550°C, retomando-se o resíduo em HCl 1+9, pipetando-se alíquotas que, depois de secas sob lâmpada infravermelha eram contadas em cápsulas de aço inoxidável; b) fazendo-se um extrato nítrico-perclórico do material do qual se tiravam alíquotas e procedia-se como em a). Com a técnica b) a auto absorção era reduzida consideravelmente (em relação aos processos anteriores). Verificou-se que a absorção pelo próprio material era, entretanto, quase completamente anulada quando as contagens eram feitas do seguinte modo: extraía-se a atividade do extrato a) ou b) com ditizona a pH 6,0, a fase com CCl_4 sendo transferida para as cápsulas que eram levadas ao forno e

dispositiva
incineradas; fazia-se então as contagens. Passou-se a usar, por conseguinte, o último processo nas determinações da atividade nas amostras.

As contagens foram feitas usando-se tubo Geiger-Müller, do tipo TGC-2 com janela de mica de $1,8 \text{ mg/cm}^2$, fabricados pela Tracerlab, Inc. (130 High St., Boston 10, Mass., U.S.A.); esse tubo achava-se ligado a um "scaler" modelo "1000", também fabricado pela Tracerlab, Inc.

2.3. Análise química das plantas.

2.3.1. Preparo do extrato.

Uma amostra de 0,5 a 1 g de material era colocada em um "beaker" de 100 ml, juntando-se depois 5 ml de HNO_3 destilado em Pyrex; o vaso coberto com vidro de relógio era posto numa chapa quente, processando-se a digestão até se obter um líquido cor de palha; retirava-se então da chapa, descobria-se e adicionava-se 2-3 ml de HClO_4 a 70%; cobria-se de novo com o vidro de relógio e a digestão continuava até aparecerem densos fumos brancos de ácido perclórico; retirava-se então o vidro de relógio, baixava-se a temperatura da chapa e deixava-se o extrato sobre ela quase até secura completa. Retirava-se o "beaker" da chapa quente, juntava-se mais ou menos 20 ml de água redestilada em Pyrex, aquecia-se até ebulição e filtrava-se para balões de 50 ml; lavava-se com várias porções de água redestilada quente, esfriava-se e completava-se ao volume.

2.3.2. Determinação do ferro.

Seguiu-se essencialmente o método do tiocianato descrito por SANDELL (1950, pp. 385-387): 2 ml do extrato eram pipetados para um funil de separação de pescoço curto, juntando-se a seguir 10-15 ml de água redestilada em Pyrex e 5 ml de HCl também redestilado em Pyrex; agitava-se, punha-se 1 ml de persulfato de potássio a 20%, agitando-se de novo;

JOS J. ZULLA

adicionava-se então 12,5 ml de álcool isobutílico, agitando-se durante 2 minutos; depois de 5 minutos de repouso deixava-se escorrer a fase aquosa; o funil era então invertido por alguns segundos e deixava-se em repouso mais 15 minutos para separar o resto de água: esta era então removida enxugando-se o pescoço do funil com papel de filtro enrolado; transferia-se, o tiocianato em álcool para um erlenmeyer sêco de 125 ml e, imediatamente antes de fazer a leitura, adicionava-se 0,1 g de sulfato de sódio anidro. Faziam-se também padrões e uma prova em branco; as leituras eram feitas em um colorímetro "Electro Synthese" com filtro de 475 m μ .

2.3.3. Determinação do manganês.

Seguiu-se a marcha dada por PIPER (1950, p.346); o volume era, entretanto, completado a 50 ml e não a 100 ml. Uma alíquota de 20-25 ml era posta em um balão aferido de 50 ml, seguindo-se 10-15 ml de água redistilada, 10 ml de H_2SO_4 concentrado, 2 ml de H_3PO_4 xaroposo e 0,3 g de periodato de potássio; o balão era colocado em seguida no banho-maria em ebulição e aí deixado 45 minutos ou uma hora; retirava-se então do banho, esfriava-se e completava-se ao volume. A densidade ótica era então lida no colorímetro fotoelétrico já mencionado; faziam-se padrões que permitiam determinar a quantidade de manganês nas amostras. Era feita também uma prova em branco.

2.3.4. Determinação do cobre.

A determinação foi feita por uma adaptação do processo descrito por SANDELL (1950, p. 317); 2-4 ml do extrato eram colocados em um funil de separação (100 ml de capacidade), juntando-se aproximadamente 6 ml de água redistilada; adicionavam-se 2-4 ml da solução tampão (8,3 g de Na_2HPO_4 + 38 g ácido cítrico em 250 ml H_2O), agitava-se e

JDS Jozala
juntavam-se 10 ml de ditizona em tetracloreto de carbono (4 mg/500 ml); depois de 10 minutos de agitação fazia-se a leitura fotocolorimétrica usando-se filtro verde. Os resultados - depois de subtraída a leitura do "blank" - eram comparados com uma curva padrão.

2.3.5. Determinação do molibdênio.

Feita por uma ligeira modificação ao método do tiocianato dado por SANDELL (1950, p. 468). 25 ml de extrato eram postos num funil de separação, juntamente com 2 ml de HCl concentrado redistilado, 1 ml de sulfato ferroso amoniacal e 3 ml de tiocianato de potássio a 80%; depois de agitar, juntavam-se 3 ml de cloreto estanhoso a 80% em HCl e agitava-se de novo; punham-se então 10 ml de álcool isoamílico e agitava-se durante 1 minuto e meio; depois de 5-10 minutos de repouso, o conteúdo do funil era transferido para um tubo de centrífuga e centrifugado a 3.000 r.p.m. durante 1 minuto; a fase alcoólica era então posta no tubo do colorímetro lendo-se a densidade da cor através do filtro azul. Faziam-se padrões e uma prova em branco.

2.3.6. Determinação do zinco.

Adatou-se a técnica de PELLEGRINO (1955): 2 ml de extrato eram postos em funil de separação juntando-se 10 ml da solução tampão (sal de Seignette, pH 6: tartarato a 10% + 3-5 gotas de ácido tartárico a 10%), 2 ml de tiosulfato de sódio a 50% e 5 a 10 ml de ditizona a 0,005% em tetracloreto de carbono; agitava-se e depois da separação das fases a camada de tetracloreto era transferida para outro funil; se a camada de ditizona não se mostrasse verde, juntava-se outra (s) porção (s) de 5-10 ml repetindo-se a extração até que ela não mudasse mais de cor; a seguir a solução de ditizonato era submetida a 3 lavagens sucessivas com 225 ml NaAc 0,5 M + 10 ml tiosulfato de sódio a 50% + 40 ml

509/2011
HNO₃ a 10% em 500 ml (purificado com ditizona); faziam-se depois várias lavagens com sulfeto de sódio (40 ml de Na₂S a 1% diluidos a 1 litro) até que o sobrenadante ficasse incolor; pipetava-se então uma alíquota de 5 ml para um balão de 10 ml juntando-se tetracloreto de carbono até completar ao volume; depois de agitar lia-se no colorímetro fotoelétrico com filtro vermelho. Eram feitos padrões e prova em branco.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.3.1. Ensaio em solução nutritiva.3.1.1. Fornecimento do radiozínco na solução nutritiva.A. Contagens.

Os resultados das contagens feitas no ensaio em questão se acham na Tabela 5 onde se dá também a porcentagem do radiozínco adicionada que foi absorvida pelas plantas.

Vaso	Tratamento	Material	Pêso	Ctg/min/ g mat.sêca	Ctg encontrada % ctg fornecida	Totais
1	test.	raízes	0,270	54.240	4,1	
1	"	p.aérea	0,960	2.800	0,7	4,8
2	"	raízes	0,330	59.160	5,4	
2	"	p.aérea	1,218	1.840	0,6	6,0
3	"	raízes	0,279	49.020	3,8	
3	"	p.aérea	1,186	1.960	0,6	4,4
4	-Fe	raízes	0,265	67.720	5,0	
4	-Fe	p.aérea	1,050	1.800	0,5	5,5
5	-Fe	raízes	0,281	68.400	5,3	
5	-Fe	p.aérea	1,090	1.840	0,5	5,8
6	-Fe	raízes	0,271	69.000	5,2	
6	-Fe	p.aérea	1,110	2.040	0,6	5,8
7	10 Fe	raízes	0,370	55.680	5,7	
7	10 Fe	p.aérea	1,180	1.040	0,3	6,0
8	10 Fe	raízes	0,290	51.800	4,2	
8	10 Fe	p.aérea	1,115	1.240	0,4	4,6
9	10 Fe	raízes	0,305	52.400	4,4	
9	10 Fe	p.aérea	1,121	1.360	0,4	4,8

10910206

10	-Mn	raízes	0,236	62.320	4,1	
10	-Mn	p.aérea	0,987	2.480	0,7	4,8
11	-Mn	raízes	0,251	62.600	4,4	
11	-Mn	p.aérea	1,005	2.520	0,7	5,1
12	-Mn	raízes	0,287	62.300	5,0	
12	-Mn	p.aérea	1,105	2.400	0,7	5,7
13	10 Mn	raízes	0,281	26.000	2,0	
13	10 Mn	p.aérea	1,112	3.640	1,1	3,1
14	10 Mn	raízes	0,291	26.600	2,1	
14	10 Mn	p.aérea	1,201	3.800	1,2	3,3
15	10 Mn	raízes	0,301	25.960	2,2	
15	10 Mn	p.aérea	1,299	3.720	1,3	3,5
16	-Cu	raízes	0,220	96.120	5,9	
16	-Cu	p.aérea	1,142	3.560	1,1	7,0
17	-Cu	raízes	0,231	96.800	6,2	
17	-Cu	p.aérea	1,211	3.640	1,2	7,4
18	-Cu	raízes	0,205	95.600	5,5	
18	-Cu	p.aérea	1,101	3.000	0,9	6,4
19	10 Cu	raízes	0,219	25.200	1,5	
19	10 Cu	p.aérea	0,816	2.280	0,5	2,0
20	10 Cu	raízes	0,215	24.760	1,5	
20	10 Cu	p.aérea	1,005	2.360	0,6	2,1
21	10 Cu	raízes	0,210	25.560	1,5	
21	10 Cu	p.aérea	1,112	2.440	0,7	2,2
22	-Mo	raízes	0,292	53.040	4,3	
22	-Mo	p.aérea	1,195	3.440	0,8	5,1
23	-Mo	raízes	0,280	52.400	4,1	
23	-Mo	p.aérea	1,179	2.400	0,8	4,9

309) / ozolla

24	-Mo	raízes	0,291	53.200	4,3	
24	-Mo	p.aérea	1,185	2.320	0,7	5,0
25	10 Mo	raízes	0,167	24.280	1,1	
25	10 Mo	p.aérea	0,770	6.520	1,4	2,5
26	10 Mo	raízes	0,195	28.040	1,5	
26	10 Mo	p.aérea	0,901	6.840	1,7	3,2
27	10 Mo	raízes	0,201	27.600	1,5	
27	10 Mo	p.aérea	1,005	6.600	1,8	3,3

Tabela 5

Atividades encontradas nos cafeeiros quando o radiozinco era fornecido à solução nutritiva

Os dados acima mostram que, aumentando o nível de Mn, Cu e Mo na solução nutritiva, a absorção do Zn⁶⁵, foi reduzida de aproximadamente 50 por cento. O Fe, nas condições do ensaio, aparentemente não afetou o aproveitamento do radiozinco pelas plantas; como é sabido, na presença de altas quantidades de P formam-se de preferência fosfatos de ferro insolúveis em lugar de fosfatos de zinco, mais solúveis; no presente experimento havia condições favoráveis para que tal se desse: concentração de P igual a 0,001 M e pH entre 6 e 6,5. Segue-se então que, em lugar de inibir a acumulação do Zn, a alta concentração de Fe permitiu que ele continuasse a entrar facilmente nas células. Os dados da Tabela 5, neste particular, parecem confirmar as observações de BIDDULPH (1953).

Quanto à diminuição na absorção do radiozinco quando Mn, Cu e Mo se achavam presentes em concentrações elevadas, é bem possível que isso se explique por uma competição interiônica entre tais elementos. É razoável admitir que os iônios em questão sejam fixados, antes da penetração no interior das células, nos mesmos pontos de ligação ou centros reativos (veja-se OVERSTREET e JACOBSON, 1952; EPSTEIN e HAGEN, 1952).

dos jazolla

Os dados acima mostram uma acentuada acumulação do radiozinc nas raízes do cafeeiro; em virtude das lavagens que precederam a análise do material, a absorção desse elemento na superfície das raízes deve ter sido muito reduzida; torna-se aparente, então, que a retenção do zinco pelas raízes deve exprimir uma necessidade fisiológica da planta. Aliás, resultados semelhantes foram obtidos por MALAVOLTA e PELLEGRINO (1954) no tomateiro e SHAW et al. (1954) no milho.

B. Análises químicas.

Os resultados obtidos nas análises químicas se acham na Tabela 6, 7, 8 e 9.

Vaso	Tratamento	Parte da planta	γ Fe mat.	γ Zn mat.	mg Fe/ 100 g	mg Zn/ 100 g
4	-Fe	raiz	366	120	138	45
4	-Fe	p.aérea	85	375	8	35
5	-Fe	raiz	315	144	112	50
5	-Fe	p.aérea	71	316	6	28
1	1 p.p.m.Fe	raiz	500	150	185	55
1	1 p.p.m.Fe	p.aérea	100	315	10	32
2	1 p.p.m.Fe	raiz	481	140	145	42
2	1 p.p.m.Fe	p.aérea	108	321	8	26
7	10 p.p.m.Fe	raiz	729	170	197	45
7	10 p.p.m.Fe	p.aérea	121	220	10	18
8	10 p.p.m.Fe	raiz	761	180	262	62
8	10 p.p.m.Fe	p.aérea	125	234	11	20

Tabela 6

Teores de ferro e zinco inerte nas plantas.

fig. 1/20

Nos dados da Tabela 8, referentes aos níveis de Cu e Zn nas plantas cultivadas em solução nutritiva, há uma observação a fazer: nas colunas que dão as microgramas de Cu no material e mg de Cu em 100 gramas, estão, evidentemente, incluídas as pequenas quantidades desse elemento que se originaram na desintegração do radiozínco; isto porque o Zn^{65} ao se desintegrar, transforma-se em cobre inerte. A Tabela 8 mostra que o teor de cobre nas plantas cultivadas com omissão de tal metal pesado apresentam os teores percentuais mais baixos; com os dois níveis de Cu empregados, a absorção pelas plantas aumentou mas só nas raízes; isto parece indicar, então, que a quantidade de cobre existente nas mudas por ocasião do transplante e mais as porções que contaminavam os sais, água destilada e os recipientes, eram suficientes para as necessidades do cafeeiro durante o período experimental; quer isto dizer que as variações havidas na absorção do zinco em função do nível de cobre foram primordialmente uma consequência do excesso de Cu na solução nutritiva.

Vaso	Tratamento	Parte da planta	γ Cu material	γ Zn material	mg Cu em 100 g	mg Zn em 100g
16	-Cu	raiz	20	150	9,0	68,0
16	-Cu	p.aérea	18	220	1,5	19,2
17	-Cu	raiz	21	131	9,0	56,7
17	-Cu	p.aérea	13	215	1,0	17,7
1	0,02 p.p.m.Cu	raiz	47	150	17,0	55,5
1	0,02 p.p.m.Cu	p.aérea	12	315	1,2	32,8
2	0,02 p.p.m.Cu	raiz	45	140	13,6	42,4
2	0,02 p.p.m.Cu	p.aérea	15	321	1,2	26,3
19	0,2 p.p.m.Cu	raiz	43	65	19,6	29,6
19	0,2 p.p.m.Cu	p.aérea	15	220	1,8	26,9
20	0,2 p.p.m.Cu	raiz	46	55	21,3	25,5
20	0,2 p.p.m.Cu	p.aérea	16	212	1,6	21,0

Tabela 8

Teores de cobre e zinco inerte nas plantas.

J. S. Jozzola

O exame da Tabela 9, onde são dados os teores de molibdênio e zinco nos cafeeiros revela uma situação muito semelhante àquela encontrada na Tabela 7; no presente caso também os resultados da análise química mostram uma concordância muito boa com a determinação da atividade.

Os dados das Tabelas 6, 7, 8 e 9 foram comparados com os de PIPER (1950, pp. 302-362) para verificar se os valores encontrados estavam dentro dos limites de variação no teor dos micronutrientes; verificou-se que tal se dava, com excessão do zinco; isto se explica facilmente: os dados de PIPER (1950, pp. 302-362) referem-se a plantas cultivadas em condições de campo ao passo que no presente caso trata-se de plantas que durante um curto tempo estiveram em soluções nutritivas; como o nível de micronutrientes em tais soluções é algumas vezes mais elevado do que na solução do solo é claro que eles se acumularam nas plantas - principalmente nas raízes - atingindo valores altos.

Vaso	Tratamento	Parte da planta	mg Mo material	mg Zn material	mg Mo/100 g	mg Zn/100 g
22	-Mo	raiz	9	125	3,0	42
22	-Mo	p.aérea	5	245	0,4	20
23	-Mo	raiz	8	138	2,8	49
23	-Mo	p.aérea	4	231	0,3	15
1	0,01 p.p.m.	raiz	9	150	3,3	55
1	0,01 p.p.m.	p.aérea	5	315	0,5	32
2	0,01 p.p.m.	raiz	8	140	2,4	42
2	0,01 p.p.m.	p.aérea	6	321	0,4	26
25	0,1 p.p.m.	raiz	20	65	11,9	38
25	0,1 p.p.m.	p.aérea	5	220	0,6	28
26	0,1 p.p.m.	raiz	23	55	11,7	28
26	0,1 p.p.m.	p.aérea	6	210	0,6	23

Tabela 9

Teores de molibdênio e zinco inerte nas plantas.

3.1.2. Fornecimento de radiozinco às fôlhas.

A Tabela 10 mostra a absorção e a translocação do radiozinco quando aplicado diretamente nas fôlhas do cafeeiro. Vê-se que a absorção e a translocação variaram bastante em função do modo de aplicação, ou seja, em consequência do local do pincelamento. O pincelamento da página superior resultou numa absorção relativamente pequena o que se explica pelo fato de que as fôlhas do cafeeiro possuem nessa página um número muito reduzido de aberturas estomatais; quer dizer então que a absorção nesse caso deu-se através da epiderme cutinizada. Já no caso do pincelamento da página inferior - onde se localizam os estômatos - a absorção foi intensa, o mesmo acontecendo com a translocação: aproximadamente 12 por cento do zinco aplicado se transloca tanto para baixo como para cima; a grande atividade encontrada nas fôlhas pinceladas indica, provavelmente, retenção em algum sistema metabólico das células do mesófilo foliar; convém citar aqui o trabalho de BERGH (1950) o qual, fracionando o radiozinco absorvido por plantas de ervilha concluiu que uma parte do elemento se achava fixada nas proteínas enquanto o resto permaneceria solúvel em água; sobre a possível localização do zinco nas células, segundo WHATLEY et al. (1951), esse micronutriente se concentra de preferência no citoplasma, fora portanto dos cloroplastes. Além da retenção mencionada, houve aparentemente uma exportação do radiozinco pelo floema destinada a atender as necessidades criadas pelo crescimento constante dos meristemas das partes velhas e novas da planta. É interessante dizer que a translocação do radiozinco no cafeeiro foi mais ou menos da mesma ordem daquela no tomateiro (MALAVOLTA e PELLEGRINO, 1954).

Quando foram pinceladas as páginas inferior e superior das fôlhas deveria registrar-se uma absorção ainda mais intensa do que no caso anterior; isto de fato ocorreu como mostra a maior atividade por

José Jozolla

Vaso	Tratamento	Parte da planta	Pêso	ctg/min no mat.	ctg/min/g	ctg encontrada % fornecida	Total
28	pág.superior	raiz	0,306	1.891	6.200	0,7	
28	" "	p.abaixo(1)	0,515	1.297	2.520	0,4	
28	" "	pincel.(2)	0,220	28.996	131.800	10,4	
28	" "	p.acima(3)	0,215	1.513	7.040	0,5	12,0
29	" "	raiz	0,313	1.848	5.600	0,6	
29	" "	p.abaixo	0,688	2.657	3.880	0,9	
29	" "	pincel.	0,224	26.848	122.040	9,6	
29	" "	p.acima	0,306	2.867	9.400	1,0	12,1
30	" inferior	raiz	0,187	488	2.640	0,2	
30	" "	p.abaixo	0,560	31.628	56.480	11,4	
30	" "	pincel.	0,190	81.449	428.680	29,3	
30	" "	p.acima	0,020	1.932	96.600	0,7	51,6
31	" "	raiz	0,185	355	1.920	0,1	
31	" "	p.abaixo	0,521	29.140	56.040	10,5	
31	" "	pincel.	0,194	89.910	461.080	32,3	
31	" "	p.acima	0,074	1.980	26.750	0,7	43,6
32	ambas	raiz	0,130	1.003	7.720	0,3	
32	"	p.abaixo	0,167	9.814	59.480	3,5	
32	"	pincel.	0,091	41.670	463.000	15,0	
32	"	p.acima	0,117	929	8.080	0,3	19,1
33	"	raiz	0,147	1.148	8.200	0,4	
33	"	p.abaixo	0,182	10.980	61.000	3,9	
33	"	pincel.	0,105	48.400	484.000	17,4	
33	"	p.acima	0,114	968	8.800	0,3	22,0

Tabela 10

Distribuição do radiozínco aplicado diretamente nas fôlhas do cafeeiro

(1) parte da planta abaixo do local do pincelamento.

(2) fôlhas pinceladas.

(3) parte da planta acima do local do pincelamento.

JOS J. P. SILVA

unidade de pêso de matéria sêca; entretanto, como o tamanho das fôlhas das plantas que receberam duplo pincelamento era menor relativamente, a redução na superfície foliar não permitiu que a absorção total fosse maior e nem mesmo tão grande como no caso das plantas que foram pinceladas só na página inferior.

Convém comparar a absorção pelas raízes com a absorção pelas fôlhas: examinando os dados das Tabelas 5 e 10, vê-se logo que a absorção pelo sistema radicular foi consideravelmente menos intensa; e isso é verdadeiro até mesmo dando-se o devido desconto para a alta retenção nas partes pinceladas. Voltar-se-á a êsse ponto mais adiante.

3.2. Ensaio em vasos com terra.

3.2.1. Contagens.

Como foi dito em 2.1.2., foram plantadas duas mudas de cafeiro em cada vaso; entretanto, em alguns vasos (2, 3, 5 e 8) uma das mudas morreu o que, entretanto não invalidou o experimento. Os resultados das contagens acham-se na Tabela 11.

Vaso	Tratamento	Parte da planta	Pêso	ctg/min/mat	ctg/min/g	ctg abs % ctg fornecida
ARENITO DE BAURÚ						
1	1 dose Zn	Raiz	0,301	192	640	0,02
		p.aérea	1,789	608	340	0,06
		Raiz	0,281	207	740	0,02
		p.aérea	1,801	540	300	0,05
2		Raiz	0,286	165	580	0,01
		p.aérea	1,918	613	320	0,06
3	2 doses Zn	Raiz	0,306	269	880	0,02
		p.aérea	1,903	799	420	0,08

Elgabal

4		raiz	0,301	282	940	0,03
		p.aérea	1,810	651	360	0,07
		raiz	0,289	260	900	0,02
		p.aérea	1,901	646	340	0,06
TERRA ROXA LEGÍTIMA						
5	1 dose Zn	raiz	0,489	264	540	0,02
		p.aérea	4,133	1.909	468	0,2
6		raiz	0,415	207	500	0,02
		p.aérea	3,989	1.515	380	0,1
		raiz	0,431	269	560	0,02
		p.aérea	4,101	1.394	340	0,1
7	2 doses Zn	raiz	0,527	326	620	0,03
		p.aérea	4,401	1.848	420	0,20
		raiz	0,748	478	640	0,05
		p.aérea	4,046	1.537	380	0,15
8		raiz	0,586	339	580	0,03
		p.aérea	3,981	1.270	320	0,13

Tabela 11

Atividades encontradas nos cafeeiros cultivados em vasos com terra.

Comparando a absorção do radiozinc a partir da solução nutritiva e do solo verifica-se logo que no último caso ela é muito menor. Tal fato indica aparentemente uma forte fixação do zinco pela argila; o assunto foi estudado por ELGABALY et al. (1943) e ELGABALY (1950); verificaram eles que o elemento em questão pode ser fixado na rede cristalina de dois modos: por substituição pelo Mg ou entrando nos "buracos" vazios da camada octahédrica dos aluminossilicatos; o zinco assim retido,

terra roxa

não pode-em grande parte - ser extraído por acetato de amônio e nem absorvido pelas raízes de cevada. As raízes são capazes de absorver mais zinco da bentonita que da caolinita. Como nos solos com que foi feito o ensaio presente - arenito e terra roxa - a argila deve ser do tipo da caolinita fica assim explicada (pelo menos em parte) a pouca absorção do radiozinco efetuada pelas plantas.

Uma explicação complementar (ou alternativa) para a pequena absorção do zinco fornecido seria que, na fase de crescimento correspondente ao período experimental, o cafeeiro absorve muito pouco do zinco aplicado e mais do próprio solo. Este não é um fato inédito em alimentação das plantas. Favorecendo essa hipótese está o fato de que o teor de zinco inerte nas plantas é bastante alto, como se verá a seguir.

3.2.2 Análise química

Os resultados das determinações de zinco nas plantas cultivadas em vasos com terra se acham na Tabela 12.

Vaso	Tratamento	Parte da planta	δ Zn no mat.	mg Zn/100 g
ARENITO DE BAURÚ				
1	1 dose Zn	raiz	225	74
		p.aérea	850	47
		raiz	230	81
		p.aérea	810	44
2		raiz	201	70
		p.aérea	769	40
3	2 doses Zn	raiz	290	94
		p.aérea	780	41

S. J. J. J.

4		raiz	285	94
		p.aérea	795	44
		raiz	315	109
		p.aérea	811	42
TERRA ROXA LEGÍTIMA				
5	1 dose Zn	raiz	340	69
		p.aérea	625	15
6		raiz	375	90
		p.aérea	580	14
		raiz	361	75
		p.aérea	599	14
7	2 doses Zn	raiz	400	76
		p.aérea	675	15
		raiz	410	55
		p.aérea	701	17
8		raiz	435	74
		p.aérea	560	14

Tabela 12

Teor de zinco nos cafeeiros cultivados em vasos com terra.

Os pontos mais interessantes a respeito da Tabela 12 são os seguintes: (1) não houve praticamente diferença na quantidade de zinco absorvida quando a dose era simples ou dupla; (2) embora, no caso da terra roxa, a porção de Zn absorvida fosse maior que no caso do arenito de Baurú, o teor percentual foi menor; como os cafeeiros cultivados nos vasos com terra roxa cresceram melhor, então a quantidade de micronutriente em questão ficou mais "diluída" dentro da planta; (3) o menor

JOS BRUNO

desenvolvimento do cafeeiro nos vasos com arenito de Baurú talvez se explique pela pobreza desse solo em relação à terra roxa, pobreza essa que a adubação feita não corrigiu convenientemente; é também possível, porém, que o maior teor percentual de Zn tenha contribuído também com alguma toxidez.

João J. L. de Souza

4. RESUMO E CONCLUSÕES.

4.1. Ensaaios em solução nutritiva.

Dois ensaios foram feitos para estudar a absorção e a translocação do radiozinc no cafeeiro em função do nível de metais pesados micronutrientes e do modo de aplicação. As plantas cultivadas em solução nutritiva receberam os macronutrientes e zinco inerte numa dose constante de 0,05 p.p.m.; para os outros metais pesados as concentrações foram: Fe- 0, 0,1 e 10 p.p.m.; Mn- 0, 0,5 e 5 p.p.m.; Cu- 0, 0,02 e 0,2 p.p.m.; Mo- 0, 0,01 e 0,1 p.p.m. O radiozinc foi aplicado como cloreto de duas maneiras: na solução nutritiva (0,15 microcurie/planta) quando se estudou a influência da concentração dos micronutrientes metais pesados; pincelando as páginas inferior, superior ou ambas de dois pares de folhas determinadas (0,1 microcurie/planta), a duração dos experimentos foi de 8 semanas.

As contagens feitas no material mostraram que:

1) Entre os metais pesados micronutrientes o Fe não afetou apreciavelmente a absorção do radiozinc; a elevação nos níveis de Mn, Cu, e Mo provocou uma redução de 50 por cento e mesmo mais na quantidade de Zn^{65} absorvido; quando esses micronutrientes eram omitidos da solução nutritiva, houve maior absorção do radiozinc apenas no tratamento menos Cu. Os efeitos causados por Mn, Cu e Mo muito provavelmente indicam competição interiônica por uma mesma substância protoplasmática de ligação.

2) A absorção do radiozinc aplicado diretamente nas folhas chegou a ser 8 vezes mais intensa que no caso do fornecimento à solução nutritiva. Entre os modos de aplicação, o pincelamento na página inferior, que é a sede das aberturas estomatais foi o mais eficaz: mais de 40 por cento da atividade fornecida foi absorvida e desse total, 12 por cento se translocou para baixo e para cima na planta.

309 Jozola

As análises químicas - feitas apenas no material correspondente aos tratamentos em que se variou o nível de micronutrientes metais pesados na solução - revelaram o seguinte:

1) As plantas testemunhas tinham, em média, por 100 g de material seco as quantidades seguintes em mg: zinco - 48 nas raízes e 29 na parte aérea; ferro- 165 nas raízes e 9 na parte aérea; manganês- 58 nas raízes e 15 na parte aérea; cobre- 15 nas raízes e 1,2 na parte aérea; molibdênio- 2,8 nas raízes e 0,45 na parte aérea.

2) O efeito dos diferentes níveis de micronutrientes nas quantidades dos mesmos encontradas nas plantas pode ser resumido assim: para o ferro e o zinco - a omissão dos mesmos na solução nutritiva causou uma diminuição no seu teor na raiz enquanto na parte aérea não houve alteração; a dose maior causou acumulação na raiz enquanto o teor na parte aérea não se modificou; manganês - o teor nas raízes era menor enquanto não havia mudança apreciável na composição da parte aérea; molibdênio - não houve variação na composição das raízes e da parte aérea como resposta à omissão desse micronutriente; as doses mais elevadas de manganês e molibdênio provocaram um aumento nos teores encontrados tanto nas raízes como na parte aérea.

3) A influência das diversas concentrações de metais pesados no teor de zinco total na planta se traduz no seguinte: ferro e molibdênio - nenhuma variação apreciável; manganês - omissão nenhum efeito, doses elevada, diminuição; manganês - omitindo cobre o teor de zinco nas raízes e na parte aérea não variou muito; com a dose mais alta de manganês diminuiu o teor de Zn tanto nas raízes como na parte aérea; com respeito ao cobre, a situação é semelhante à encontrada com o manganês.

Os resultados da análise química correspondem, portanto, àqueles revelados pelas contagens; o uso do método "traçador" forneceu, porém, maiores esclarecimentos.

4.2. Ensaio em vasos com terra.

Dois tipos de solos foram usados: arenito de Baurú e terra roxa legítima. Além de adubação NPK forneceram-se 2 doses de zinco inerte (65 e 130 mg de $ZnCl_2$ por vaso) e radiozinco com uma atividade total de 10^6 contagens/minuto.

Os resultados das contagens foram os seguintes:

1) No arenito de Baurú a atividade absorvida em percentagem da fornecida não foi influenciada pela dose de zinco inerte. O maior valor encontrado foi 0,1 por cento.

2) No caso das plantas cultivadas em terra roxa a situação é semelhante à anterior; houve, entretanto, um ligeiro aumento na absorção do radiozinco quando aumentou a dose de zinco inerte: pouco mais de 0,2 por cento da atividade fornecida.

Vê-se, portanto, que as plantas praticamente não absorveram o zinco fornecido como adubo; tal resultado talvez se explique por : a) fixação do Zn aos coloides; b) no período experimental as plantas absorviam de preferência o zinco do solo. Os resultados das análises químicas acompanham grosseiramente os das contagens.

Comparando-se os dados referentes à absorção do radiozinco da solução nutritiva, das folhas e do solo, uma conclusão de ordem prática se apresenta: o controle das deficiências de zinco no cafeeiro não deve ser feito mediante aplicação de materiais contendo Zn ao solo; em outras palavras: o que se faz em outros países não é aconselhável para as nossas condições. O combate à carência de zinco deve ser feito de preferência por pulverizações.

Bojczala

5. SUMMARY.

5.1. Water-culture experiments.

Two water-culture experiments were carried out to study the absorption and the translocation of radiozinc in young coffee plants as influenced by two factors, namely, concentration of heavy metals (iron, manganese, copper and molybdenum) and method of application. Inert zinc was supplied at an uniform rate of 0.05 p.p.m.; the levels of iron supply were 0, 1.0, and 10.0 p.p.m.; manganese was supplied in three doses 0, 0.5, and 5.0 p.p.m.; copper- 0, 0.02, and 0.2 p.p.m.; molybdenum- 0, 0.01, and 0.1 p.p.m. When applied to the nutrient solution the activity of the radiozinc (as zinc chloride) was 0.15 microcuries per plant. In the study of the leaf absorption, Zn^{65} was supplied at the level of 0.10 microcuries per plant; in this case the radioactive material was brushed either on the lower or on the upper surface or both of two pairs of mature leaves. The absorption period was 8 weeks.

The radioactivity assay showed the following results:

1) Among the heavy metals herein investigated the iron concentration did not affect the uptake of the radiozinc; by raising the level of Mn, Cu and Mo ten times, the absorption dropped to 50 per cent and even more when compared with the control plants; when, however, these micronutrients were omitted from the nutrient solution, an increase in the uptake of zinc was registered in the minus Cu treatment only. The effects of high levels of Mn, Cu and Mo probably indicate an interionic competition for a same site on a common binding substance in the cell surface.

2) The absorption of the radiozinc directly applied to the leaf surface reached levels as high as 8 times that registered when the root uptake took place. Among the three methods of application

for foxella

which have been tried, brushing the lower surface of the leaves proved to be the most effective; this result is easily understood since the stomatal openings of the coffee leaves are preferentially located in the lower surface - in this treatment, about 40 per cent of the activity was absorbed and around 12 per cent were translocated either to the old or to the newer organs.

Chemical analyses for heavy metals, were carried out only in the plants received $Zn^{65}Cl_2$ in the nutrient solution; the results were as follows:

1) Control plants had, per 100 gm. of dry weight the following amounts in mg. : Zn- 48 in the roots and 29 in the tops; Fe- 165 in the roots and 9 in the tops; Mn- 58 in the roots and 15 in the tops; Cu- 15 in the roots and 1.2 in the tops; Mo- 2.8 in the roots and 0.45 in the tops.

2) The effect of different levels of micronutrients in the composition of the plants can be summarized as follows: Fe and Zn - when omitted from the nutrient solution, the iron and zinc contents in the roots decreased, no variation being noted in the tops; the higher doses caused an accumulation in the roots but no apparent effect in the tops; Mn- by omitting this micronutrient a decrease in its content in the roots was noted, whereas the concentration in the tops was the same; Mo- no variation in roots and tops contents when molybdenum was omitted; higher doses of manganese and molybdenum increased the amounts formed both in the roots and in the tops.

3) The influence of the different concentrations of micronutrients heavy metals on the zinc content of the coffee plants can be described by saying that: Fe and Mo- no marked variation; Mn- no effect when omitted, reduced amount when the high dose was supplied; Mn- when the plants did not receive manganese the zinc content in roots and tops

JDS/roza
was the same as in the control plants; a decrease in the zinc content of the total plant occurred when the high dosis was employed; Cu- the situation is similar to that described for manganese.

Hence, results showed by the chemical analyses roughly correspond to those of the radioactivity assay; the use of the tracer technique, however, gave best informations along this line.

5.2. Soil-pots experiments.

The two types of soils which when selected support the most extensive coffee plantations in the State of S. Paulo, Brazil: "arenito de Baurú", a light sandy soil and "terra roxa legítima", a red soil derived from basalt. Besides NPK containing salts, the coffee plants were given two doses of inert zinc (65 and 130 mg $ZnCl_2$ per pot) and radiozinc at a total activity of 10^6 counts/minute.

The results of the countings can be summarized as follows:

1) When plants were grown in "arenito de Baurú" the activity absorbed as per cent of the total activity supplied was not affected by the dosis of inert zinc. The highest value found was around 0.1 per cent.

2) For the "terra roxa" plants, the situation is almost the same; there was, however, a slight increase in the absorption of the radiozinc when 130 mgm of $ZnCl_2$ was given: a little above 0.2 per cent of the activity supplied was absorbed.

The results clearly show that the young coffee plants practically did not absorb none of the zinc supplied; two reasons at least could be pointed out to explain such a fact: 1) zinc fixation by an exchange with magnesium or by filling holes in the octahedral layer of aluminosilicates, probably kaolinite; 2) no need for fertilizer zinc in the particular stage of life cycle under which the experiment

JDS Foxolla

was set up. The data from chemical analysis are roughly parallel to the above mentioned.

When one attempts to compare - by taking data herein reported - zinc uptake from nutrient solution, leaf brushing or from fertilizers in the soil, a practical conclusion can be drawn: the control of zinc deficiency in coffee plants should not be done by adding the zinc salts to the soil; in other words: the soil applications used so extensively in other countries seem not to be suitable for our conditions; hence zinc sprays should be used wherever necessary.

de J. Malavolta

6. AGRADECIMENTOS.

Agradecimentos são devidos a:

- 1) Fundação Rockefeller que forneceu o equipamento sem o qual o presente trabalho não teria sido possível.
- 2) Laboratório de Isótopos da Universidade de São Paulo pela importação do radiozinco.
- 3) Professor José de Mello Moraes, Catedrático de Química Agrícola pelas facilidades dispensadas quanto a instalação, material e pessoal.
- 4) Professor E.A. Graner, Catedrático de Agricultura Especial e Genética Aplicada e pelo fornecimento das mudas de cafeeiro usadas no trabalho.
- 5) Snr. Vinicius Ferraz pela ajuda prestada durante os experimentos.
- 6) Eng^o. Agr^o. H.P. Haag da Cadeira de Química Orgânica e Química Biológica pelo auxílio no trabalho analítico.
- 7) Professor E. Malavolta, Catedrático Contratado da Cadeira de Química Orgânica e Biológica pela orientação geral dos ensaios.

7. LITERATURA CITADA.

- BARNETTE, R.M. and J.D. WARNER. 1935 A response of chlorotic corn plants to the application of zinc sulfate to the soil. Soil Sci. 39: 145-159. (B.L.M.E. 1, 1872).
- BERGH, H. 1950 Metabolism of zinc with radiozinc⁶⁵; some investigations with radiozinc given to Pisum s. saccharatum. Kgl. Norske Videnskab. Selskab Forh. 23: 123-126. (C.A. 46: 3121).
- BIDDULPH, O. 1953 Translocation of radioactive mineral nutrients in plants a Confer. on the Use of isotopes in plant and animal research, TID-5098. 48-58.
- BLACKMON, G.H. 1936 Pecan variety response to different soil types, localities, etc: zinc treatments. Fla. Agr. Exp. Sta. Ann. Rept.: 73.
- BLACKMON, G.H. 1937 Variety and stock tests of pecan and walnut trees. Fla. Agr. Exp. Sta. Ann. Rept.: 75.
- CAMP, A.F. 1934 Zinc sulfate as a soil amendement in citrus groves. Proc. Fla. State Hort. Soc. 47 (1,2,3): 33-38.
- CHANDLER, W.H. 1937 Zinc as a nutrient for plants. Bot. Gaz. 98(4): 625-646.
- DROSDOFF, M. 1950 Minor element content of leaves from tung orchards. Soil Sci. 70(2): 91-98.
- ELGABALY, M.M., H. JENNY and R. OVERSTREET. 1943 Effect of type of clay mineral on the uptake of zinc and potassium by barley roots. Soil Sci. 55: 257-263. (B.L.M.E. 1, 1889).
- ELGABALY, M.M. 1950 Mechanism of zinc fixation by colloidal clays and related minerals. Soil Sci. 69(3): 167-174. (B.M.L.E. 2, 244).
- EPSTEIN, E. and P.R. STOUT. 1951 The micronutrient cations iron, manganese, zinc and copper: their uptake by plants from the adsorbed state. Soil Sci. 72: 47-65.
- EPSTEIN, E. and C.E. HAGEN. 1952 A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots. Plant Physiol. 27(3): 457-474.
- ERKAMA, J. 1950 Em Trace elements in plant physiology, Publ. by the Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., U.S.A.
- FRANCO, C.M. e H.C. MENDES. 1953 Deficiência de microelementos em cafeeiro (Nota preliminar). Bol. Super. Serv. Café 28 (318): 19-22.
- GIACOMETTI, D.C. e W.A. ARAUJO. 1954 Deficiência da magnésio e zinco em citrus. Bol. Dept. Prod. Veg. Secr. Agr. Minas Gerais. (3,4): 15-23.

- H. G. B. Silva*
- HOAGLAND, D.R. and D.I. ARNON. 1950 The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta., Berkeley, Calif., Circ. 347: 31.
- JAVILLIER, M. 1908 On the occurrence of zinc in plants. Ann. Inst. Pasteur 22(9): 720-727. (B.L.M.E. 1, 1902).
- KAMEN, M.D. 1950 Radioactive tracers in biology, 2nd. Edit., Academic Press Inc., Publ., New York.
- MALAVOLTA, E. e A.B. CARLTON. 1953 Nota preliminar sôbre a distribuição do radiozinco no tomateiro. An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. 10: 121-124.
- MALAVOLTA, E. e D. PELLEGRINO. 1954 Estudos sôbre a distribuição do radiozinco no tomateiro (Lycopersicum esculentum). An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P. 11: 78-84.
- OVERSTREET, R. and L. JACOBSON. 1952 Mechanism of ion absorption by roots. Ann. Rev. Plant Physiol. 3: 189-206.
- PELLEGRINO, D. 1955 Comunicação particular.
- PIPER, C.S. 1950 Em Soil and plant analysis, Interscience Publ., Inc., New York.
- QUINLAN-WATSON, T.A.F. 1951 Aldolase activity in zinc-deficient plants. Nature 167: 1033-1034.
- SANDELL, E.B. 1950 Em Colorimetric determination of traces of metals, 2nd. Edit., Interscience Publ., New York.
- SHAW, E., R.G. MENZEL and L.A. DEAN. 1954 Plant uptake of zinc 65 from soils and fertilizers. Soil Sci. 77(3): 205-214.
- SKOOG, F. 1940 Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. Amer. J. Bot. 27: 939-951.
- TSUI, C. 1948 The role of zinc in auxin synthesis in the tomato plant. Amer. J. Bot. 35: 172-179.
- WHATLEY, F.R., L. ORDIN and D.I. ARNON. 1951 Distribution of micronutrient metals in leaves and chloroplasts fragments. Plant Physiol. 26(2): 414-418.
- WILDMAN, S.G., M.G. FERRI and J. BONNER. 1947 The enzymatic conversion of tryptophan to auxin by spinach leaves. Arch Biochem. Academic Press Inc. Publ. 13(1): 131-144.
- WOOD, J.G. and P.M. SIBLY. 1952 Carbonic anhydrase activity in plants in relation to zinc content. Australian J. Sci. Res. B5: 244-255. (B.L.M.E. 3, 196).