

Efeitos do arsênico sôbre a cultura do algodoeiro em terra arenosa

Tuti Coury

*Chefe da Seção Técnica de
"Química Agrícola"*

Guido Ranzani

*Assistente Técnico da Seção Técnica de
"Química Agrícola"*

*Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", Universidade
de S. Paulo*

INDICE

Homenagem	394	Discussão dos resultados ..	410
Introdução	394	Conclusões e sugestões	412
Plano de trabalho	399	Summary	413
Observações morfológicas ..	402	Agradecimento	414
Observações anatómicas ..	403	Bibliografia	414
Descrição das microfotografias	406		

HOMENAGEM

DEDICAM este trabalho, como preito de admiração e gratidão,
ao Professor titular da Cadeira, Dr. José de Mello Moraes

INTRODUÇÃO

Investigações feitas por cientistas norte-americanos indicam que o "acúmulo de arsênico em certos tipos de solos, reduz a capacidade de produção dos mesmos".

Chamou-nos a atenção a influência que esse elemento possa exercer sobre a cultura do algodão, deparando-se-nos as questões seguintes:

1.o) — Dentre esses tipos de solos, nos quais o arsênico manifesta sua toxicidade, estarão incluídos os nossos?

2.o) — Haverá retenção pelos nossos solos, do arsênico proveniente das repetidas pulverizações arsenicais, empregadas para o controle às pragas do algodoeiro?

3.o) — Sob que forma se torna manifesta a ação tóxica do arsênico?

4.o) — Estarão incluídas às formas tóxicas, e portanto prejudiciais aquelas usadas nas pulverizações?

5.o) — Como se reflete essa ação tóxica, nas diferentes culturas tropicais?

Assim, estas questões tomam vulto, constituindo o problema que nos propuzemos estudar, problema esse muito mais sério do que à primeira vista parece, pois consiste na conservação do meio bio-químico de nossas terras, preservando-as de um elemento tóxico, cuja concentração e forma possam afetar o natural desenvolvimento do vegetal que se cultiva. Então, é o arsênico responsável pela improdutividade de um determinado tipo de solo? Estaremos ou não com WILLIAMS e WHETSTONE (13) afirmando que "a redução do desenvolvimento vegetal é função do tipo de solo, da natureza da planta e da quantidade de arsênico presente"?

Foi utilizada, para o presente trabalho, uma terra arenosa, branca, procedente do Campo de Experimentação da Seção Técnica de Química Agrícola, terreno alto, uniforme, nunca adubado, e não havendo recebido arsenicais por meio de pulverizações.

O quadro n.o 1 dá uma idéia da composição dessa terra, que não representa senão um tipo de solo dos inúmeros existentes no Estado de São Paulo.

ANALISE QUÍMICA

Dosagem dos elementos solúveis em HCl a 10%	
P2O5	0,013%
K2O	0,031%
CaO	0,147%
Dosagem do As total	2 p.p.m.
” ” Fe2O3	1,931%
” ” N total	0,040%
” da matéria orgânica	1,212%
Índice pH	5,3

ANALISE FÍSICA

Método de G. J. Bouyoucous

Areia total	81,3%
Argila	12,7%
Lodo	6,0%

Análise pelo Método Biológico de Mitscherlich

Pobre em	N
” ”	P2O5
Regular em	K2O

**Quadro n.º 1 — Análise da terra do Campo da Seção Técnica
de “Química Agrícola”**

Duma cultura de algodão, apenas as sementes e plumas são retiradas do campo. O arsênico proveniente das pulverizações arsenicais, fica no campo, acrescido daquele retido pelo solo, devido ao seu poder sortivo; ao se proceder ao arrancamento e queima dos pés de algodão, o arsênico não se perde nessa operação. É de se esperar, pois, mesmo admitindo perdas por lavagem, mais cedo ou mais tarde, uma influência nociva sobre a própria cultura ou nas subsequentes, uma vez que haja o aumento do teor em arsênico solúvel, no solo em questão.

MORRIS e SWINGLE (3) consideram a incorporação de arsenicais no solo, uma prática perigosa, podendo advir consequências desastrosas.

Constataram que, de um modo geral, a intoxicação pelo arsênico é maior, e se evidencia mais nos solos arenosos que nos argilosos.

COOPER (1), aplicando 50 libras de arseniato de cálcio por acre, o que equivale aproximadamente a 150 quilos por alqueire, (Obs.: — 1 libra por acre equivale a mais ou menos 3 quilos por alqueire) verificou baixa produção de algodão em solo arenoso de Durham, EE. UU., enquanto que em solo de textura fina, argiloso, como o de Greenville, o efeito do arsênico não se fez sentir de forma tão prejudicial.

REED e STURGIS (2) em ensaios feitos nos solos do sul da Louisiana que receberam arseniato de cálcio no combate às pragas do algodoeiro, notaram um efeito tóxico nas culturas subsequentes de arroz irrigado. A produção de arroz era pequena, quase nula, de grãos chóchos e impróprios para o benefício. Nos solos de Crowley, essa produção foi seriamente prejudicada pela aplicação de 50 libras de arseniato de cálcio por acre, enquanto que pouco afetou os solos argilosos, onde foram aplicadas 150 libras por acre.

CRAFT (4), em seus trabalhos de esterilização de solos, acha que o arsênico trivalente é de grande poder tóxico para as terras arenosas, e menor nas argilosas.

DORMAN e COLEMAN (5), estudando o efeito do arseniato de cálcio sobre a produção do algodão, em cinco tipos de solos, com doses crescentes de 50 a 1.600 libras por acre, verificaram que apenas um arenoso, o de Ruston, teve a sua produção afetada. Este solo apresentava a seguinte composição:

Argila	8,40 %
Fe ₂ O ₃	1,35 %
Al ₂ O ₃	5,79 %
CaO	0,20 %
P ₂ O ₅	0,063%
pH	5,58

e outros tipos de solos apresentavam:

Argila	24,00 a 48,00%
Fe ₂ O ₃	2,62 a 4,22%
Al ₂ O ₃	3,01 a 18,22%
CaO	0,15 a 1,53%
P ₂ O ₅	0,04 a 0,20%
pH	4,79 a 6,94

Concluíram que o conteúdo coloidal, o pH elevado, o alto teor em Fe_2O_3 e CaO tendem a insolubilizar e inativar o arsênico incorporado ao solo; a aplicação do arsênico na dose de 30 libras por acre, provavelmente não atinge o limite que afeta a produção de algodão, devido às perdas por lavagem.

LINDNER (6) verificou que os pessegueiros são muito sensíveis ao arsênico absorvido pelo solo; assim, quantidades encontradas nas fôlhas acima de 2 p.p.m. (partes por milhão) de peso sêco, produziram sintomas de elevada intoxicação.

MACHLIS (7), fazendo ensaios em soluções nutritivas com várias concentrações de arsênico, certificou-se de que o crescimento cessou com a concentração de 1,2 p.p.m. para feijão, e 12 p.p.m. para sorgo. A adição de arsênico às soluções nutritivas causou uma imediata plasmólise das raízes e emurhecimento das folhas seguidas de uma descoloração das raízes e necrose dos bordos e ápice das fôlhas. Tudo indica que o arsênico determinou um rápido decréscimo no movimento da água, na planta.

FLEMING, BAKER e KOBLITSKY (8), em seus ensaios com verduras e legumes, verificaram que a aplicação de arseniato de chumbo ao solo reduz a germinação do feijão trepador e fava, mas pouca influência nociva tem sôbre a germinação do aspargo, brócoli, cenoura, couve-flôr, milho, pepino, beringela, quiabo, cebola, pastinaga, rabanete, nabo e melancia. A produção foi regularmente afetada em algumas plantas, exceção da beterraba, pimenta, batata doce, batatinha e tomate. Na análise dos vegetais, foi encontrado arsênico em quantidades variáveis, sendo que maiores porcentagens se achavam na alface, cebola, rabanete e nabo. A produção da cebola foi seriamente afetada.

CLEMENTS e HEGGENESS (9), cultivaram feijão e sorgo em solução nutritiva, contendo quantidades conhecidas de arsenito de sódio, concluindo que ambos acumulam o arsenito em excesso, além do limite de tolerância, quando cultivados em concentrações de 1 p.p.m. ou mais, sendo que a concentração mortal varia grandemente para as duas plantas, sendo 3 p.p.m. para o feijão e 18 p.p.m. para o sorgo. O tomate, em solução nutritiva na presença de arsenito de sódio, acumula menos arsênico nos frutos que nas fôlhas e galhos. A porcentagem total de galhos, fôlhas e frutos foi visivelmente reduzida pelo arsênico, sendo que na concentração de 0,5 p.p.m. a redução foi de 20%. A toxicidade do arsênico, no tomate, dependeu parcialmente do fósforo disponível. Quando se aumentou o fósforo, as plantas toleraram elevadas porções de arsênico. Em culturas sucessivas, menor porcentagem de arsênico acumu-

lou-se nas partes aéreas, mas as raízes continuaram a absorver apreciáveis quantidades.

KARDOS, VANDECAVEYE e BENSON (10), fazendo experiências em vasos, verificaram que o arsênico é tóxico para a alfafa e cevada. Solos contendo 60 a 70 p.p.m. de arsênico solúvel, revelaram um decréscimo de 4 a 8 p.p.m. de As_2O_3 solúvel, depois do tratamento de 3 a 5 toneladas de sulfato ferroso por acre. A alfafa, em solos intoxicados anteriormente, aumentou sua produção até atingir o normal com o tratamento citado. O arsenito é 10 a 20 vezes mais tóxico que o arseniato e não é tão prontamente atenuado o seu efeito pelo fósforo (antagonismo iônico).

RASMUSSEN (11) constatou um efeito danoso em culturas da maceira, havendo uma queda prematura de folhas, com o uso de arseniato de chumbo, sendo que estes sintomas tóxicos foram em parte diminuídos com o emprego de cal e 2 a 4% de sulfato de zinco.

YEGIAN e EISENMENGER (12) afirmam que é de grande interesse prático o problema do acúmulo do arsênico no solo e da sua eventual toxicidade às plantas. O arsenito (As_2O_3) é mais tóxico que o arseniato (As_2O_5). A concentração de arsênico solúvel no solo é a causa primária da toxicidade do arsênico às plantas. O efeito danoso dá-se primeiramente no sistema radicular. A tolerância para o arsênico varia consideravelmente com a espécie vegetal. Concentrações de 600 a 2.000 p.p.m. no solo não afetaram a nitrificação da torta de algódão. O solo fixa o arsênico, de modo que, nas culturas subsequentes, o seu efeito danoso é menor. O aumento de matéria orgânica no solo concorre para reduzir a toxicidade do arsênico.

WILLIAMS e WHETSTONE (13) procederam à análise de diversos solos, separando o arsênico com ácido bromídrico, por destilação, e titulando com azul de molibdênio. Todos esses solos continham arsênico, em quantidades variáveis, desde 0,3 até 40 p.p.m.. O conteúdo de arsênico de diferentes vegetais, em diversos solos, sob condições normais, atingiu o máximo de 10 p.p.m.; alguns exemplares contêm abaixo de 0,1 p.p.m. Plantas, crescendo no mesmo solo, apresentam concentrações variáveis. Como regra, as raízes contêm mais arsênico que as partes aéreas do vegetal. Não estão muito definidas as relações entre a quantidade de arsênico e as condições climáticas ou formação geológica do solo. Parece que o desenvolvimento vegetal é limitado pela presença do arsênico, no solo, depois que grandes quantidades são absorvidas. Algumas algas marinhas, analisadas, revelaram conteúdo em arsênico entre 1 a 12

p.p.m.. Em suas conclusões finais, aconselham não empregar arsenicais, nos solos destinados à cultura de plantas alimentícias e de hortas, não só devido ao perigo de intoxicação pelo consumo desses produtos, como pela diminuição bastante sensível da produção, maximé em solos arenosos. Os solos contaminados com arsenicais contribuíram para a redução do crescimento de vegetais como algodão, cowpea, trigo, cevada, aveia, milho, soja, sorgo, alfafa e arroz.

GREEVES (14) achou uma variação de 5 a 102 p.p.m. em uma série de solos analisados.

ZUCCARI (15) analisou 20 solos italianos e encontrou um teor de 2 a 60 p.p.m. de arsênico.

BEAR (16) afirma que é evidente a toxicidade em solos ácidos, cultivados com algodão e tratados com arsenicais, no combate às pragas, como o Coruquerê e Broca do Capulho. Nos Estados de Washington e Oregon, culturas de macieiras foram seriamente prejudicadas, em solos contaminados ou intoxicados com arsenicais. O óxido de ferro hidratado e o sulfato de ferro são empregados como corretivos. Conclui: "é de grande necessidade o emprêgo de bons inseticidas orgânicos que não deixem resíduos tóxicos, em substituição aos arsenicais".

GREEVES (17) acha que o arsênico, em doses pequenas, estimula a ação dos microorganismos amonísantes e nitrificantes.

THOM e RAPER (18) chegaram à conclusão de que fungos, comumente encontrados nos solos, são aptos a produzir gases arsenicais dos compostos de arsênico.

BERNHEIM (19) verificou que, no organismo animal, o arsênico mineral, na forma de arsenito ou arseniato, afeta a ação das ênzimas hidrolizantes, agindo portanto como verdadeira anti-ênzima (veneno catalítico).

PLANO DE TRABALHO

O escopo principal dêste trabalho é verificar a ação tóxica do arsênico, na terra branca arenosa do campo experimental da Seção, e qual a dose desse elemento letal à cultura do algodoeiro, não só no concernente ao desenvolvimento vegetativo, como nos efeitos secundários, produção, morte, etc.

Inicialmente, o ensaio foi feito em vasos, para melhor contrôlo da experiência, não sômente com relação ao fator água, como para permitir que os ingredientes incorporados ao solo tivessem um contato permanente com as raízes do algodão, uma vez que a solução recebida no coletor volta diariamente ao va-

so, não havendo portanto perdas. No campo, tal contróle não seria possível, visto haver arrastamento, possivelmente pequeno, pelas águas de lavagem, do arsênico. É evidente que não vamos nos limitar ao presente ensaio e assim procederemos, nos anos seguintes, a novas experiências, como complemento ao presente trabalho, com outros tipos de solo, outros inseticidas, tanto em vasos como no campo e se possível com culturas outras, para tirar conclusões definitivas de interesse prático à nossa lavoura.

Empregámos como inseticidas, arseniato de chumbo (As insolúvel, tendo apenas 0,5% de As solúvel, conforme análise) e arsenito de sódio (todo As solúvel nágua); a despeito deste último não ser empregado em nossos dias, no combate ao Coruquerê, visto queimar as fôlhas do algodoeiro, foi utilizado em nosso ensaio, para se constatar qual a dose de arsênico solúvel realmente nociva ao algodão. Por outro lado, trabalha-se com As sob duas formas, isto é, trivalente e pentavalente. O arseniato de chumbo é por excelência o inseticida preferido e de efeito eficaz contra o Coruquerê e Broca do Capulho, não obstante se empreguem também os arseniats de cálcio e alumínio, em nosso meio.

É fato sobejamente conhecido que não existe regularidade na aplicação desses tratamentos, tanto em frequência, como em quantidade. A porção de arseniato de chumbo aplicada como dose inicial (tratamento n.º 1) foi de 0,137 gramas, o que representa a quantidade recebida por dois pés (uma cova) no campo, para a média de quatro pulverizações, num ciclo completo de cultura. Esses cálculos foram baseados na fórmula aconselhada pela Divisão de Defesa Sanitária do Ministério da Agricultura, que é a seguinte:

Arseniato de chumbo350-500 grs.)	
Água 100 litros)	por hectare
Material aderente 5 ")	

Essa dose corresponde, portanto, a 4,5 kgs. por alqueire (1,5 libras por acre). Foi empregado arseniato de chumbo americano, marca "Dupont", de ótima qualidade, com 19,56% de As total, e apenas 0,5% solúvel. O arsenito de sódio é também produto americano, Mallinckrodt, droga pura, com 57-60,5 % de As total solúvel, tendo praticamente o triplo do teor total em As do arseniato de chumbo "Dupont"; por esse motivo, tomámos como dose inicial de arsenito uma terça parte da usada para o arseniato de chumbo, ou sejam, 0,046 gramas (tratamento n.º 11), que equivale a 1,5 kgs. por alqueire ou sejam 0,5 libras por

acre. As demais doses crescentes foram feitas em dobro, vasos de n.os 1 a 10 com arseniato de chumbo e vasos de n.os 11 a 20 com arsenito de sódio, de modo que as variações vão de 0,137 a 70,144 grms. de arseniato de chumbo e 0,046 a 23,552 grms. de arsenito de sódio (quadros 2 e 3); foram empregados ainda 4 vasos testemunhas só com adubação completa.

Material empregado — Inseticidas

Arseniato de chumbo "Dupont", contendo:

Arseniato de chumbo	96,00%
Arsênico total, expresso como As metálico	19,57%
Arsênico solúvel	0,50%
Substâncias inertes	4,00%

Arsenito de sódio "Mallinckrodt" purificado

Arsênico total solúvel expresso como As metálico	57-60,5%
--	----------

Superfosfato simples

P ₂ O ₅ solúvel nágua	19,20%
---	--------

Escórias de Thomas

P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico	15-17,00%
CaCO ₃	70-80,00%

Uréia

N amídico	45,00%
-----------------	--------

Sulfato de potássio

K ₂ O solúvel nágua	48-50,00%
--------------------------------------	-----------

Calcáreo de rocha

CaO	36,00%
-----------	--------

Cloreto de sódio

NaCl puro.	
------------	--

Foram utilizados vasos de Mitscherlich (vasos de ferro zincado, esmaltados de branco e preto, com coletor), medindo 28 cms. de altura por 24 cms. de largura. Cada vaso recebeu uma adubação completa e 15 quilos de terra, sendo a adubação seguinte por vaso:

Superfosfato simples	10 grms.
Escórias de Thomas	10 grms.
Uréa	4,2 grms.
Sulfato de potássio	6 grms.
Calcáreo em pó	10 grms.
Cloreto de sódio	1 grm.

Adicionou-se cloreto de sódio, segundo a técnica de Mitscherlich, pois este notável cientista alemão é de opinião que o cloreto de sódio facilita o aproveitamento do potássio do solo e que este mesmo potássio atua deficientemente em ausência de sódio, não se dispondo facilmente ao alcance da planta.

A adubação empregada corresponde exatamente ao dóbro daquela preconizada por Mitscherlich, no seu clássico ensaio com avela, em vasos "standard" de 20 cms. de diâmetro. O enchimento dos vasos, adubação e irrigação foram feitos de acôrdo com o método supracitado. Semearam-se cinco sementes da variedade "Express", em cada vaso, sendo estes colocados sôbre vagonetes, afim de tornar possível abrigá-los de chuvas, ventos, etc., na estufa de vidro. A semeadura foi feita em 21-12-44.

Até o 2.º mês, o desenvolvimento das duas séries de tratamentos foi mais ou menos normal, excetuando-se os últimos números de cada série, 9-10, 19 e 20, um pouco atrasados com relação aos demais. Procedeu-se nessa ocasião ao desbaste, deixando duas plantas por vaso.

Aos dois meses (2-2-45) foram colhidos os primeiros exemplares para as observações comparativas sôbre os aspectos morfológicos e anatômicos apresentados, procedidas pela cadeira de Botânica, sob a direção do Prof. Dr. Walter Radamés Accorsi.

OBSERVAÇÕES MORFOLÓGICAS

Nos vasos n.os 7, 8, 9 e 10 surgiram despigmentações, no sentido bordo-centro do limbo das fôlhas, descolorações essas que progridem para a nervura principal. O início do estiolamento verifica-se sôbre o menor eixo folhar, mais frequentemente no primeiro par, depois das fôlhas cotiledonares.

Material colhido — Duas plantas testemunhas e uma do vaso n.o 19 (2-2-45).

As duas testemunhas mostram aspectos e desenvolvimento vegetativo normais, e iguais em tamanho. A planta do vaso n.o 19 exhibe um aspecto definhado, tendo até essa data desenvolvido apenas três fôlhas, sendo uma de conformação anormal. As plantas testemunhas, com a mesma idade, produziram cinco fôlhas.

O n.o 19, além de menor que as testemunhas, mostrava a parte inferior do hipocótilo na zona correspondente ao colo morfológico, um entumescimento, fusiforme e um pouco recur-

vado; sistema radicular pouco desenvolvido, com a raiz principal muito curta e de diâmetro reduzido.

Em 6-2-45 foi colhido o seguinte material, proveniente do desbaste:

- 1 — Dois pés do n.o 19, com aspecto anormal, trazendo apenas 1 par de folhas cada um. Ambos revelaram completa atrofia da raiz principal. Em um dos indivíduos, o colo se apresentava levemente entumescido. Nas imediações do colo, existiam algumas radículas, pouco desenvolvidas.
- 2 — Um pé do n.o 1; tamanho e aspecto morfológico semelhantes aos da planta testemunha.
- 3 — Um pé do n.o 7; aspecto normal, porém com o colo ligeiramente entumescido.
- 4 — Um pé n.o 8; desenvolvimento menos acentuado que o da planta do vaso n.o 7, revelando profunda atrofia da raiz principal e colo fusiforme.
- 5 — Um pé n.o 11; aspecto normal, região do colo entumescida e bem recurvada.
- 6 — Um pé n.o 20; aspecto anormal, bastante definido. Região do colo entumescida e recurvada. Raiz principal pouco desenvolvida, com a porção externa atrofiada e contorcida. As folhas não chegaram a desenvolver-se, desprendendo-se quando bem pequenas, o mesmo acontecendo com as do vaso n.o 19.

OBSERVAÇÕES ANATÔMICAS

Todo o material colhido foi fixado em álcool a 70°. Feita uma série de cortes transversais à mão livre, na região básica da raiz, porque, em muitas plantas a atrofia do sistema radicular estava adiantada, a ponto de não permitir o estudo em outra parte da mesma. A montagem dos cortes foi feita em glicerina.

Antes de passar ao estudo comparativo das estruturas, convém lembrar algumas particularidades da estrutura da raiz da planta testemunha, para facilitar a interpretação dos resultados. Assim, na estrutura primária observa-se que o endoderma consta de células desenvolvidas, em relação ao córtex e periciclo, tornando-se desse modo distinta a separação entre o cilindro central e a casca. Por ocasião do início da estrutura secundária, o felogênio forma-se às expensas do periciclo, sendo, pois, de situação bem profunda. Posteriormente, com a

suberização progressiva das células do felema, o córtex fica impossibilitado de receber alimentos, acabando por desprender-se inteiramente. Entretanto, o endoderma permanece ainda por certo tempo, por estar unido ao periciclo, passando a constituir, temporariamente, a camada mais externa da raiz.

O câmbio entra em atividade, no cilindro central, concomitantemente ao felogênio e produz normalmente floema e xilema secundários. Este é contínuo, entrecortado apenas pelos raios lenhosos. O floema, entretanto, está separado por células que permanecem parenquimatosas. Durante a estrutura secundária, o cilindro central assume notável desenvolvimento em relação à casca. Na medula e raios lenhosos podem ser identificados numerosos grãos de amido compostos (Fig.1).

Planta número 1

Estrutura secundária mais ou menos como a da planta testemunha, com cilindro central bem desenvolvido, em relação à casca. Aspecto normal. Medula presente, ainda parenquimatosa e com quantidade regular de grãos de amido. Nos raios lenhosos também há amido. Em algumas células do córtex, que confinam com a casca das radículas, nota-se um conteúdo pardo-avermelhado.

Planta número 7

Estrutura secundária bem regular, semelhante à da planta testemunha. Cilindro central desenvolvido, medula parenquimatosa e com apreciável quantidade de amido. Presença do amido nos raios lenhosos e parênquima secundário (feloderma).

Planta número 8

Estrutura secundária em desenvolvimento. As células do endoderma revelam um conteúdo pardo-marron.

O interessante é que algumas radículas, antes de atravessarem o córtex, se tornam paralelas ao eixo da raiz principal, de modo que no córtex desta aparecem seções transversais daquelas. O cortex apresenta-se bem desenvolvido, com várias camadas de células. Medula presente e parenquimatosa.

Planta número 11

Estrutura secundária em andamento. O córtex, em geral, já se desprende, inclusive o endoderma; este permanece, entretanto, em algumas estruturas. A identificação do endoder-

ma é fácil de ser feita, graças à sua organização e pelo conteúdo levemente pardo de suas células. No mais, a estrutura secundária nada de particular apresenta, mostrando aspecto normal, a não ser a lignificação das membranas que parece pouco desenvolvida, quando comparada com a estrutura testemunha.

Na medula e raios lenhosos existem grãos de amido.

Planta número 19

Produções secundárias da casca e do cilindro central pouco desenvolvidas. Não obstante a estrutura secundária estar ainda em suas primeiras fases, já se observa que não há aquela regularidade encontrada na estrutura testemunha. A porção central da medula está dilacerada, restando apenas uma coroa de células junto ao lenho. As membranas celulares são meio escuras. Em alguns cortes já houve o desprendimento do córtex passando o endoderma a constituir a camada mais externa da raiz. No córtex de muitos cortes há numerosas células parenquimatosas, de membranas escuras, cheias de um líquido pardo-marron. Antes de desprender-se, o córtex já está bem dilacerado. As células do endoderma mostram-se cheias de líquido pardo-marron, tornando-se, por êsse detalhe, de fácil identificação.

É comum a ocorrência de células do suber, parênquima secundário, xilema e floema, com conteúdo cuja cor pode ser cinzenta, verde e pardo-marron. Na medula pode haver também células de conteúdo colorido. É evidente que a tonalidade varia com a concentração do líquido. De um modo geral, no córtex, no periderma, predominam células com conteúdo róseo e, nas produções secundárias da casca, verde-oliva (Fig. 2).

Planta número 20

Casca e cilindro central com estruturas secundárias, porém, não com o desenvolvimento regular demonstrado pela estrutura testemunha; floema e xilema de espessura um tanto reduzida; córtex primário bem dilacerado. Algumas células exibem conteúdo pardacento, outras róseo. As membranas celulares são um pouco escuras. Nas células do suber o conteúdo líquido varia de tonalidade, tal como na raiz da planta de número 19. No feloderma e na zona do felogênio, o conteúdo líquido é mais escuro, quase preto. Em muitas células existem granulações de distribuição variável, principalmente nos raios lenhosos, cuja cor vai do marron-claro ao bem escuro; algu-

mas são avermelhadas. Submetidas à ação da água iodo-iodurada, as granulações não mudaram de cor, isto é, não manifestaram a reação característica do amido. Contudo, tais granulações correspondem, pela forma e localização, exatamente aos grãos de amido dos cortes testemunhas (Fig. 3).

Microfotografias — Foram tiradas as dos vasos n.os 19 e 20 e do testemunha, cujas descrições se acham às páginas 406 e 407.

Mensuração das Plantas — Para a mensuração das plantas, tomou-se por ponto de partida a faixa escura do interior dos vasos (nível da terra), e tomaram-se as alturas das plantas referidas à inserção do pecíolo da última folha. Essas alturas, com as respectivas médias para as plantas de cada vaso (quadros 4, 5, 6, 7), forneceram os dados para os gráficos.

Depois de oito meses, constatou-se que os vasos 9, 10, 19 e 20 renovaram várias vezes as suas folhas. O n.o 19 por sete vezes e o n.o 20, nove; e os vasos n.os 9 e 10, cinco. Esses vasos resistiram às doses elevadas de arsênico, sem morrer, a despeito do seu porte reduzido.

DESCRIÇÃO DAS MICROFOTOGRAFIAS

Fig. 1 — C. T. na base da raiz da planta testemunha, com estrutura secundária normal e bem desenvolvida. Aumento: 25 ×. (Original).

O xilema secundário é bem desenvolvido e contínuo, ao passo que o floema secundário se reduz a pequenos grupos de elementos, acompanhados de fibras liberianas. Medula presente, parenquimatosa. O córtex já se desprende, permanecendo ao redor do cilindro central o periderma.

Nota — Após a tirada da fotomicrografia verificou-se a presença de uma bolha de ar, nas proximidades do pecíolo.

Fig. 2 — C. T. na base da raiz da planta 19, mostrando a estrutura secundária em pleno desenvolvimento. Aumento: 43 ×. (Original).

No cilindro central, o xilema e o floema secundários apresentam-se menos desenvolvidos que os da estrutura testemunha. A medula está bem dilacerada, com diâmetro grande. As produções secundárias da casca são bem visíveis. O endoderma, que se dispõe logo após o suber, distingue-se facilmente pelo tamanho e pelo conteúdo líquido;

de cor escura, de suas células. Notar a quantidade de células escuras, distribuídas pelos diversos tecidos da estrutura. Fibras liberianas em pequeno número.

Fig. 3 — C. T. na base da raiz da planta 20, em estrutura secundária. Aumento: 32 ×. (Original).

Nota-se, de início, a configuração anômala da estrutura, bem como as produções irregulares no cilindro central e na casca. Medula dilacerada, com diâmetro grande. Xilema secundário de espessura menor que o da estrutura testemunha. Floema secundário pouco desenvolvido, com grupos reduzidos de fibras liberianas. Córtex ausente. Periderma com contorno irregular, pouco espesso. Porcentagem grande de células com conteúdo escuro, distribuídas pelos tecidos do periderma do cilindro central.

DOSES EMPREGADAS

Vasos	grs. / vasos	Kg. / alqueire	Libras / acre
1	0,137	4,5	1,5
2	0,274	9	3
3	0,584	18	6
4	1,096	36	12
5	2,192	72	24
6	4,384	144	48
7	8,768	288	96
8	17,536	576	192
9	35,072	1.152	384
10	70,144	2.304	768

Quadro n.o 2 — Tratamento com Arseniato de Chumbo

Vasos	grs. / vasos	Kg. / alqueire	Libras / acre
11	0,046	1,5	0,5
12	0,092	3	1
13	0,184	6	2
14	0,368	12	4
15	0,736	24	8
16	1,472	48	16
17	2,944	96	32
18	5,888	192	64
19	11,776	384	128
20	23,552	768	256

Quadro n.o 3 — Tratamento com Arsenito de Sódio

MENSURAÇÃO DO ALGODÃO EM VASOS

Vasos N.	Alturas em mms.		Altura média	Data — 47 dias	Alturas em mms.		Altura média	Data — 60 dias
1	140	150	145	6-2-45	170	185	177,5	19-2-45
2	105	117	111	"	140	153	146,5	"
3	141	143	142	"	190	200	195	"
4	160	172	166	"	225	235	230	"
5	113	164	138,5	"	160	215	187,5	"
6	114	126	120	"	155	155	155	"
7	104	125	114,5	"	111	132	121,5	"
8	124	130	127	"	126	137	131,5	"
9	115	128	121,5	"	115	133	124	"
10	106	110	108	"	110	111	110,5	"
11	119	135	127	"	150	183	166,5	"
12	136	160	148	"	180	215	197,5	"
13	137	175	156	"	195	238	216,5	"
14	72	100	86	"	125	174	149,5	"
15	145	172	158,5	"	180	220	200	"
16	137	138	137,5	"	165	195	180	"
17	111	114	112,5	"	120	135	127,5	"
18	100	145	122,5	"	100	155	127,5	"
19	55	65	60	"	55	65	60	"
20	57	70	63,5	"	59	72	65,5	"

Quadro N.º 4

MENSURAÇÃO DO ALGODÃO EM VASOS

Vasos N.	Alturas em mms.		Altura média	Data — 77 dias	Alturas em mms.		Altura média	Data — 89 dias
1	230	280	255	7-3-45	268	310	289	19-3-45
2	250	270	260	"	290	350	320	"
3	290	305	297,5	"	320	362	341	"
4	310	340	325	"	335	390	362,5	"
5	230	300	265	"	275	373	324	"
6	230	235	232,5	"	290	290	290	"
7	125	130	127,5	"	145	150	147,5	"
8	130	150	140	"	130	155	142,5	"
9	115	140	127,5	"	120	150	135	"
10	115	120	117,5	"	120	130	125	"
11	235	340	287,5	"	280	355	317,5	"
12	310	390	350	"	350	450	400	"
13	340	405	372,5	"	385	450	417,5	"
14	250	380	315	"	285	450	367,5	"
15	360	370	365	"	420	430	425	"
16	244	350	297	"	275	420	347,5	"
17	175	195	185	"	210	235	222,5	"
18	105	155	130	"	110	155	132,5	"
19	55	65	60	"	55	65	60	"
20	59	72	65,5	"	59	72	65,5	"

Quadro N.º 5

MENSURAÇÃO DO ALGODÃO EM VASOS

Vasos N.	Alturas em mms.		Altura média	Data - 99 dias	Alturas em mms.		Altura média	Data - 108 dias
1	270	332	301	29-3-45	270	332	301	5-4-45
2	290	350	320	"	310	350	330	"
3	330	360	345	"	335	370	352,5	"
4	355	400	377,5	"	358	400	379	"
5	275	380	327,5	"	280	385	332,5	"
6	290	300	295	"	295	300	297,5	"
7	160	165	162,5	"	163	165	164	"
8	135	170	152,5	"	140	172	156	"
9	125	155	140	"	125	157	141	"
10	125	132	128,5	"	125	133	129	"
11	300	365	332,5	"	300	370	335	"
12	365	450	407,5	"	368	450	409	"
13	390	470	430	"	392	470	431	"
14	295	455	375	"	295	455	375	"
15	430	430	430	"	433	433	433	"
16	280	420	350	"	287	425	356	"
17	240	255	247,5	"	245	260	252,5	"
18	117	155	136	"	118	155	136,5	"
19	55	65	60	"	55	65	60	"
20	59	72	65,5	"	59	72	65,5	"

Quadro N.º 6

MENSURAÇÃO DO ALGODÃO EM VASOS

Vasos N.	Alturas em mms.		Altura média	Data - 111 dias	Alturas em mms.		Altura média	Data - 120 dias
1	270	332	331	10-4-45	270	335	302,5	19-4-45
2	310	350	330	"	320	350	335	"
3	337	370	353	"	340	375	357,5	"
4	362	410	386	"	375	415	395	"
5	285	385	335	"	295	410	347,5	"
6	295	305	300	"	330	335	332,5	"
7	170	170	170	"	180	185	182,5	"
8	140	172	156	"	145	180	162,5	"
9	125	163	144	"	130	165	147,5	"
10	125	133	129	"	135	140	137,5	"
11	300	373	336,5	"	300	375	337,5	"
12	368	451	409,5	"	380	455	417,5	"
13	392	470	431	"	425	480	452,5	"
14	295	455	475	"	300	475	387,5	"
15	433	437	435	"	435	440	437,5	"
16	290	430	360	"	295	435	365	"
17	245	265	255	"	250	275	262,5	"
18	120	155	137,5	"	120	160	140	"
19	55	65	60	"	55	65	60	"
20	60	72	66	"	65	72	68,5	"

Quadro N.º 7

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Doses — A dose de arseniato de chumbo, que teve influência decisiva sobre o algodão, está compreendida entre os vasos 6 e 7, ou seja, entre 4,384 grms. - 8,768 grms. por vaso, equivalente a 144-288 kgs./alqueire ou 48-96 libras por acre. Essas doses correspondem às aplicações de arseniato, entre 32 e 64 anos, de um tratamento com arseniato de cumbo, na média de 4 pulverizações por ano. Essa constatação está perfeitamente de acôrdo com o que verificou COOPER (1), isto é, que 50 libras por acre de arseniato de cálcio é dose prejudicial ao aldoeiro em solo arenoso, e igualmente REED e STURGIS (2), 50 libras por acre, nas mesmas condições de solo, com algodão e depois com arroz. Isto vem demonstrar, sem dúvida de contestação, que os nossos solos, já depauperados por culturas sucessivas, com fraco poder sortivo e baixo teor em matéria orgânica, tendem à intoxicação gradual com o tratamento de arsenicais, na cultura do algodão. A dose prejudicial de arsenito de sódio está mais ou menos na mesma dependência, isto é, entre os vasos 16 e 17 (doses correspondentes aos 6 e 7). Nenhuma das doses empregadas causou a morte da planta; assim, os pés que receberam a dose máxima, vasos 10 e 20, resistiram até o término do ensaio e foram arrancados após 8 meses da semeadura.

Crescimento — O crescimento dos pés de algodão foi mais ou menos normal, dos vasos 1 a 6 e 11 a 16, havendo uma queda brusca nos vasos seguintes, isto é, 7 a 10 e 17 a 20, devido às concentrações mais elevadas de arsênico.

Produção — Embora não se possa comparar a produção, em vasos, com a obtida no campo, devido às condições artificiais das experiências, e do pequeno volume de terra explorado, houve produção mais ou menos média de 40 a 50 grms. por vaso, de 1 a 6 e de 11 a 16. A produção mais baixa destes foi justamente a dos 6 e 16 (doses prejudiciais). Os vasos 7 e 17 produziram respectivamente 12 e 13,5 grms. de pluma e sementes. Nos demais, a produção foi nula. Como se pode constatar, houve uma relação direta entre a queda de crescimento e a produção, indicando que o arsênico atuou não somente sobre o desenvolvimento vegetativo, como na formação das maçãs e capulhos. A produção dos vasos testemunhas foi em média de 50 grms. por vaso.

Observações morfológicas — Nos vasos com porcentagens elevadas de arsênico, as plantas apresentaram aspecto definido, com fôlhas de conformação anormal e em número me-

nor que as dos outros vasos; sistema radicular pouco desenvolvido, com a raiz principal curta, atrofiada e de diâmetro reduzido. As folhas não chegaram a desenvolver-se, desprendendo-se geralmente bem pequenas, a exemplo do que sucedeu com macieiras, onde houve abundante queda prematura de folhas (RASMUSSEN, 11); no vaso n.º 19, as folhas caíram por sete vezes. No n.º 20, nove e nos vasos 9 e 10, cinco. Pelo exposto, patenteou-se a ação maléfica do arsênico sobre todo o pé de algodão, tanto nas partes aéreas como nas subterrâneas. A parte mais afetada foi a raiz, e esta apresentou maior porção de arsênico que as partes aéreas.

Observações anatômicas — Como se pode constatar pelo estudos das lâminas e das microfotografias, de alguns pés de algodão dos vasos, houve realmente uma alteração anatômica sensível, na estrutura das raízes das plantas tratadas com doses elevadas de arsênico, se comparadas com a estrutura das plantas testemunhas. Nas partes dos tratamentos 19 e 20 as produções secundárias da casca e do cilindro central são pouco desenvolvidas, não havendo regularidade quanto ao desenvolvimento e espessura dos tecidos. Apresentam a medula bastante dilacerada e de diâmetro exagerado. As membranas são escuras. As células do endoderma e do tecido cortical estão cheias de um líquido pardo-marron. O contôrno do periderma é também bastante irregular.

Toxicidade — É difícil determinar qual a ação do arsênico no organismo vegetal, inibindo o desenvolvimento da planta; uma hipótese bastante viável é a de agir como anti-enzima (veneno catalítico), a exemplo do que verificou BERNHEIM (19) em tecidos animais "in vitro", onde arsenitos e arseniatos reduziram de 70% a ação de enzimas hidrolizantes; segundo MACHLIS (7), o arsênico determina um rápido decréscimo no movimento da água, na planta, retardando o seu crescimento. A cessação parcial dos fenômenos enzimáticos reflete sobre a maioria das reações químicas que se processam no seio dos tecidos vegetais, influenciando, naturalmente, sobre todos os fenômenos vitais da planta. É fora de dúvida que houve intoxicação do algodão, por parte do arsênico, sendo maior na forma de arsênico trivalente do que pentavalente. Possivelmente o chumbo, como elemento tóxico que é, também concorre para a intoxicação do vegetal.

Solo — A análise físico-química da terra empregada no ensaio, revelou tratar-se de um solo arenoso, pobre em Fe_2O_3 , em argila, em CaO e em P_2O_5 (Quadro 1), com fraco teor em matéria orgânica e baixo índice pH. O teor em arsênico total

foi mínimo, isto é, 2 p.p.m. Se compararmos a presente análise com o solo arenoso de Ruston, (onde DORMAN e COLEMAN (5) constataram um decréscimo de produção com o emprego de arseniato de cálcio, a partir de 50 libras por acre) vamos observar que o nosso solo é bastante semelhante ao americano, na sua composição. Isto vem corroborar as conclusões a que chegaram os referidos pesquisadores: o conteúdo coloidal (argila), o pH elevado, o alto teor em Fe_2O_3 , P_2O_5 e CaO , tendem a insolubilizar e inativar o arsênico incorporado ao solo. A matéria orgânica deve também concorrer para reter o arsênico no solo. Pelo exposto, as terras arenosas são mais susceptíveis à toxicidade do arsênico do que as argilosas, e principalmente quando estas apresentam elevado teor em Fe_2O_3 , que é o caso das terras roxas do nosso Estado.

Planta — Conforme demonstraram cientistas americanos, a ação do arsenico varia, não somente quanto à natureza do solo, como também a dose e tipo de cultura. É difícil, portanto, determinar qual a dose realmente nociva para uma cultura X ou um solo Y; para isso, são necessários ensaios, em todos os principais tipos de solo do nosso país e com a maioria das culturas tropicais, maximé das frutíferas, hortas e plantas alimentícias, que podem provocar nos indivíduos, pela ingestão de alimentos (com bom teor em arsênico), distúrbios fisiológicos de várias formas. Aliás, a esse respeito, WILLIAMS e WHETSTONE (13) condenam o emprego de grandes quantidades de arsenicais em solos usados para a cultura de plantas destinadas á alimentação humana. Estas experiências demandam tempo e boa vontade de todos os Institutos Agronômicos e Estações Experimentais do país. É de boa política, portanto, prevenir o mal pela raiz, defendendo os nossos solos da lenta, porém gradual e sistemática contaminação com arsenicais. Sugestões e conselhos sobre este tema, são expressos a seguir.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

(1) — O uso contínuo e persistente de arsenicais, no combate às pragas do algodoeiro, tende a acumular arsênico no solo, determinando, ano após ano, um decréscimo na produção dessa malvácea, em virtude da toxicidade causada por aquêle elemento; (2) — a intoxicação pelo arsenico se revelou sobre o desenvolvimento vegetativo e produção do algodoeiro, afetando mais pronunciadamente a raiz, determinando uma alteração anatômica profunda em sua estrutura; (3) — a forma tri-

valente de arsenito de sódio é sensivelmente mais tóxica que a forma pentavalente de arseniato de chumbo; (4) — a dose prejudicial de arseniato de chumbo para o algodão é a partir de 4 gramas por pé ou 144 kgms. por alqueire (48 libras por acre; a de arsenito de sódio é a partir de 1,5 gramas por pé, correspondente a 48 kgms. por alqueire (16 libras por acre); (5) — os solos arenosos são realmente sensíveis à ação do arsênico; (6) — o índice pH, o teor em Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 e colóides (argila e humus), ao que parece, têm remarcada influência na mobilização do arsênico no solo.

Sugerimos, portanto, baseados neste ensaio e na literatura citada: — (a) — restringir o emprêgo de arsenicais ao mínimo, substituindo-os por inseticidas orgânicos, contanto que não deixem resíduos tóxicos ao solo e às plantas. É possível que a rotenona, extraída do timbó, e cuja ação inseticida é 30 vezes mais enérgica que o arseniato de chumbo, se preste para esse fim; (b) — o emprêgo da cal, como corretivo, levando ainda em conta as suas ótimas qualidades como adubo; (c) — a rotação de cultura, como meio de restringir a continua aplicação de arsenicais. Não se empregar o arroz, nessas condições, devido à sua grande sensibilidade à ação deletéria do arsênico; (d) — abstenção, na medida do possível, do emprêgo de arsenicais em solos utilizados para culturas de plantas que se destinam à alimentação humana; (e)—a incentivação, por parte dos Institutos Experimentais Agrícolas do país no sentido de multiplicar os ensaios com esse elemento tóxico, nos diferentes tipos de solo e com as culturas tropicais mais importantes.

SUMMARY

The authors studied the action of arsenic, in the form of lead arsenate and sodium arsenite, on cotton in white sandy soil of Piracicaba, State of S. Paulo, Brazil.

The experiment was carried out in Mitscherlich pots, applying increasing quantities of the above mentioned compounds.

The following conclusions were reached: sodium arsenite is more toxic than lead arsenate. 48 pounds per acre of lead arsenate and 16 pounds per acre of sodium arsenite reduced the vegetative development and the production of cotton. The roots were more seriously affected than the aerial parts. Sandy soils were sensitive to arsenic toxicity. The arsenic mobilization in the soil seems to depend upon factors such as, the a-

idity, the concentration of Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 and soil colloids, both clay and humus components.

The authors suggest, based on their own experiment and after a detailed study of the literature, the use of organic insecticides which may not leave toxic residues, rotation of crops, application of lime and reduction of arsenical sprays to a minimum. Arsenic compounds should not be used in soils destined to the cultivation of food plants. Rice should not be planted in soils contaminated by arsenic compounds during several years of cotton cultivation.

Future experiments are planned, using other soils such as "terra r xa", in Mitscherlich pots and in field plots.

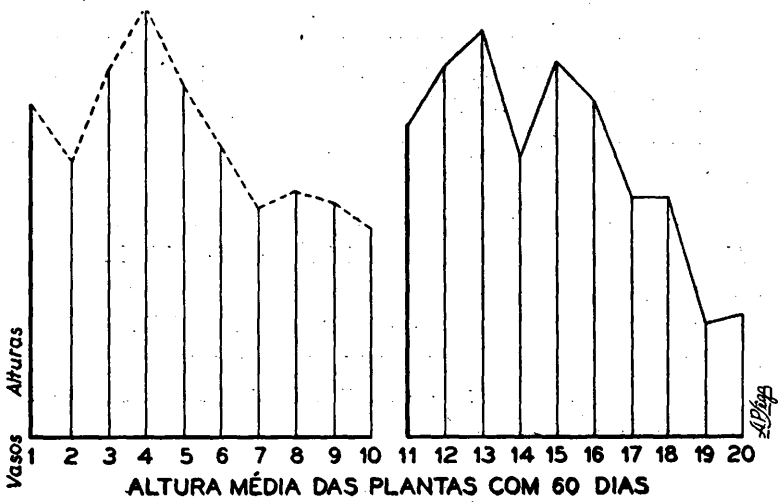
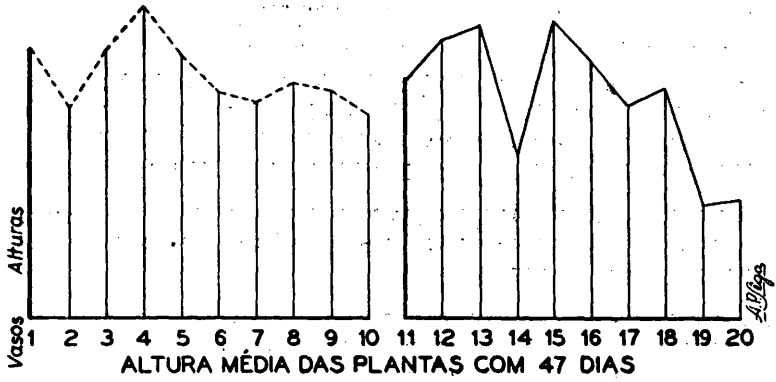
AGRADECIMENTO

N o podemos deixar de externar o nosso agradecimento ao Prof. Dr. Walter Radam s Accorsi, pela valiosa coopera o na parte bot nica deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — EFFECT OF CALCIUM ARSENATE ON THE PRODUCTIVITY OF CERTAIN SOIL TYPES — Cooper, H. P. Paden, W. R., Hall E. E., Albert, W. B., Rogers, W. B. and Riley, J. A. — S. Car. Exp. Sta., 44th Ann. Rpt. : 28. 1931.
- 2 — TOXICITY FROM ARSENIC TO RICE ON FLOODED SOILS — Reed J. F. and Sturgis, M. B. — Jour. Amer. Soc. Agron. 28:432. 1936.
- 3 — INJURY TO GROWING CROPS CAUSED BY THE APPLICATION OF ARSENICAL COMPOUNDS TO THE SOIL — Morris, H. E. Swingle D. B. — Jour. Agron. Res. 34:59. 1927.
- 4 — Craft A. S. — Hilgardia 9:461-498. 1935.
- 5 — THE EFFECT OF CALCIUM ARSENATE UPON THE YIELD OF COTTON ON DIFFERENT SOIL TYPES — Dorman, Clarende, and Coleman, Russel. — Amer. Soc. Agron. Jour. 3:966-971 — 139.
- 6 — ARSENIC INJURY OF PEACH TREES — Lindner, R. C. — Proc. Am. Soc. Hort. Science. 42,275-79 (1943).
- 7 — ACCUMULATION OF ARSENIC IN THE SHOOTS OF SUDAN GRASS AND BUSH BEANS — Machlis, Leonard — Plant Physiol. 16:521-44 (1941).

- 8 — EFFECT OF LEAD ARSENATE IN SOIL ON VEGETABLES — Fleming, W. E., F. E. Baker and L. Koblitsky — Jour. Econ. Ent. 36 (1943. N.º 2pp. 231-33. E.S.R. 89, p. 565).
- 9 — ARSENIC TOXICITY TO PLANTS — Clements, H. F., and H. G. Heggeness. — Hawai Agr. Expt. Tta., Ann. Rept. 1939, 77-78 (1940). (C. A.) (36,7062).
- 10 — CAUSES AND REMEDIES OF THE UNPRODUCTIVENESS OF CERTAIN SOILS FOLLOWING THE REMOVAL OF MATURE (FRUIT) TREES. — Kardos, L. T., S. C. Vandecaveye and Nels Benson. — Wash. Agr. Expt. Sta., Bull. 410, 25 (1941) (51 st Ann. Rept.) C. A. 36,5301).
- 11 — ARSENICAL INJURY AND ITS CONTROL. — Rasmussen E. J. — Mich. State Hort. Soc. Ann. Rpt. 70 1940), 22-25. (E. S. R. 87, p. 815).
- 12 — EFFECT OF ARSENIOUS OXIDE, ARSENIC OXIDE AND ANTIMONY ON SOIL AND PLANT GROWTH. — Yegian,, Hrant M., and Walter S. Eisenmenger. — Mass. Age. Wcpt. Sta., Ann. Rept. 1939, 11 (1940) (C. A. 36,4956).
- 13 — ARSENIC DISTRIBUTION IN SOILS AND ITS PRESENCE IN CERTAIN PLANTS. — Kenneth T. Williams and Richard R. Whetstone — Technical Bulletin N.º 732. July 1949 — U. S. Dept. of Agriculture.
- 14 — THE OCCURRENCE OF ARSENIC IN SOILS. — Greaves, J. E. 1913 — Biochemistry — Bul. 2:519-523.
- 15 — SULLA PRESENZA DELL'ARSENICO COMO ELEMENTO NORMALE NELLE TERRE — Zuccàri, Gino 1913 — Gaz. Chim. Ital. 43(P. 2):39-43.
- 16 — SOILS AND FERTILIZERS. — Bear. — 3d. Edition 1942 — Pag. 226.
- 17 — AGRICULTURAL BACTERIOLOGY — Greaves, J. E. — 1922 — 443 pp, illus. Philadelphia and New York.
- 18 — THE ARSENIC FUNGI OF GOSIO — Thom, Charles, and Raper, Kenneth B. 1932. — Science 76:548-550.
- 19 — THE INTERACTION OF DRUGS AND CELL CATALYSTS — Frederich Bernheim — Burgess Publishing Co. — 1942 — Pag. 37-40.



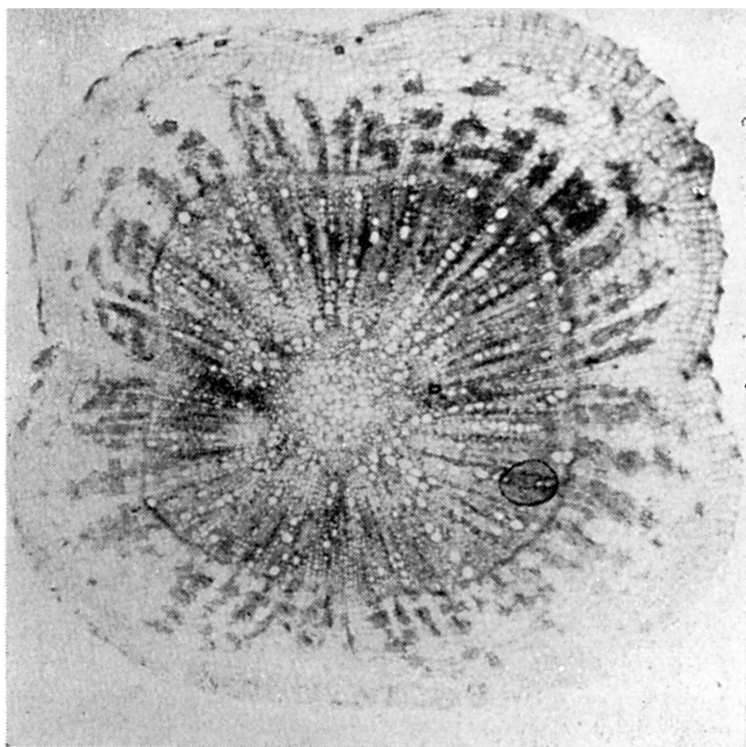


Fig. 1

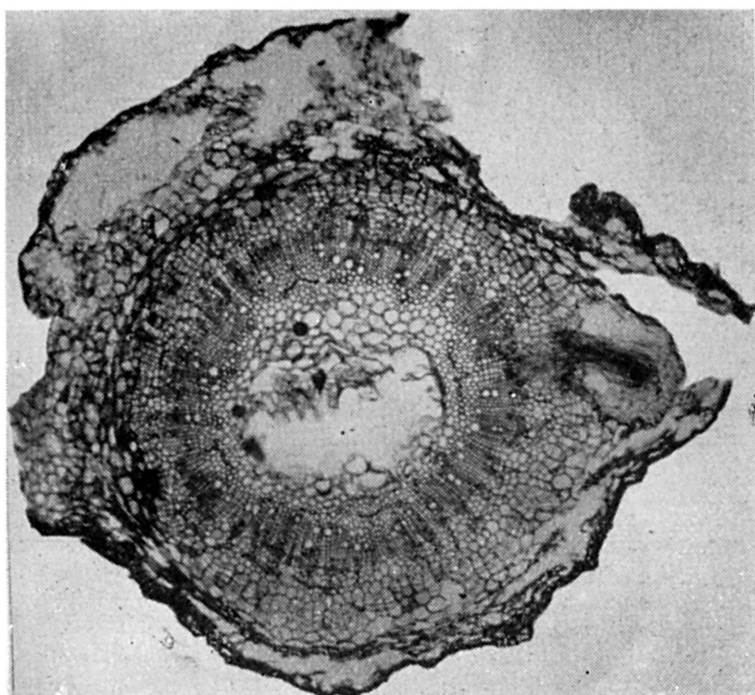


Fig. 2

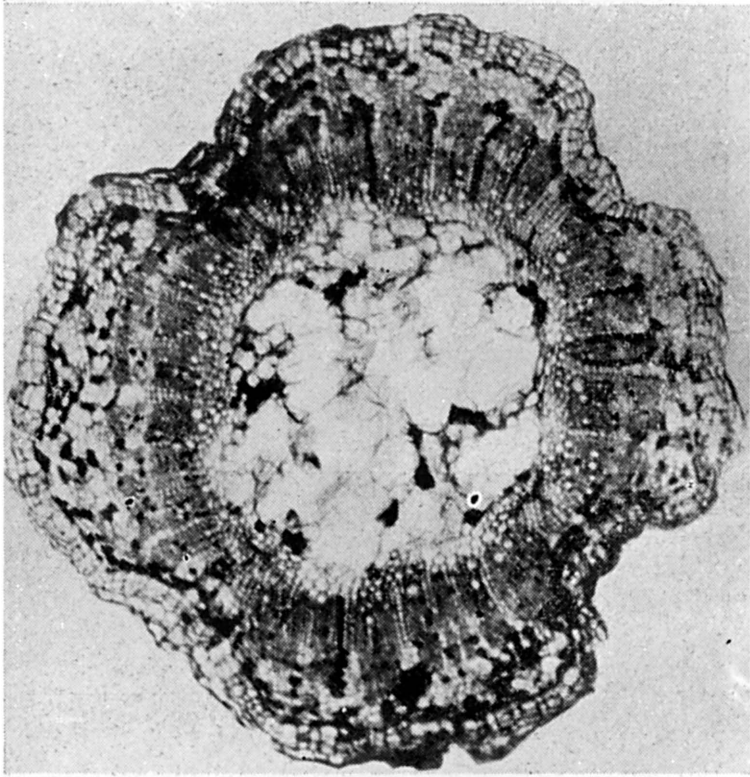


Fig. 3

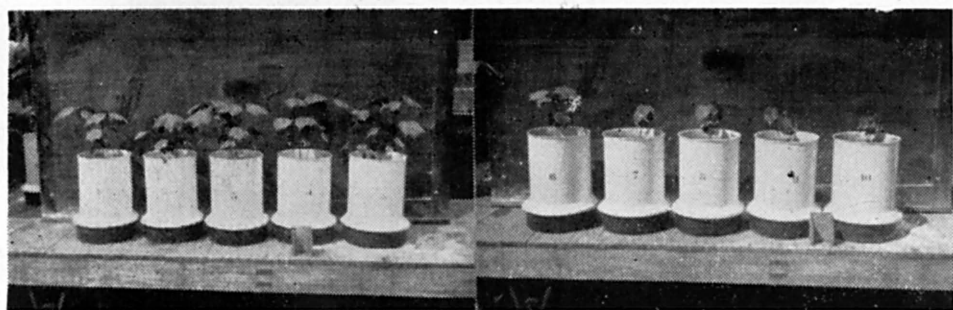


Foto após 45 dias da sementeira

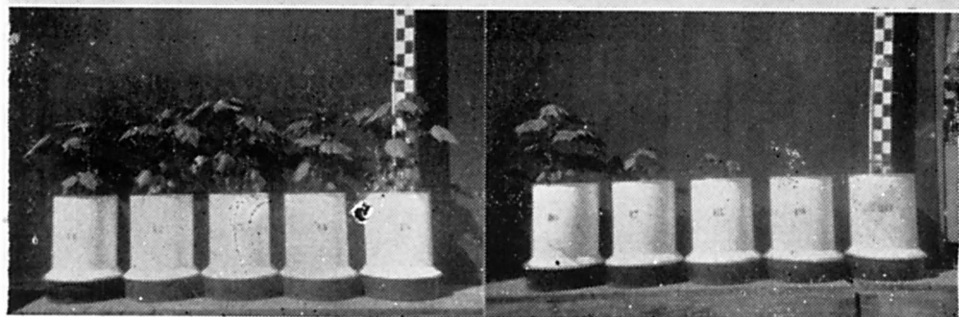
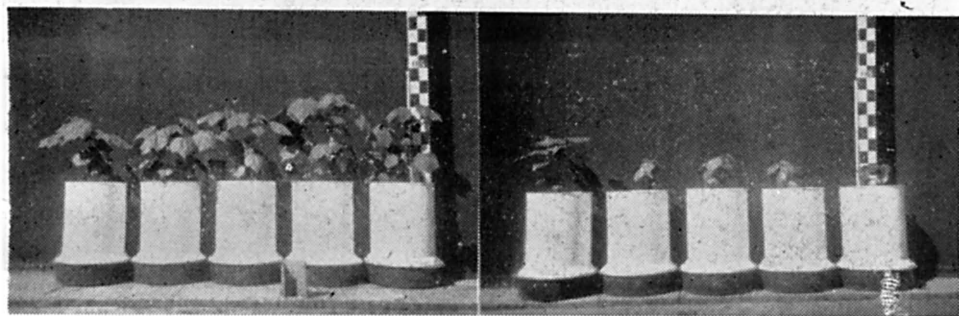
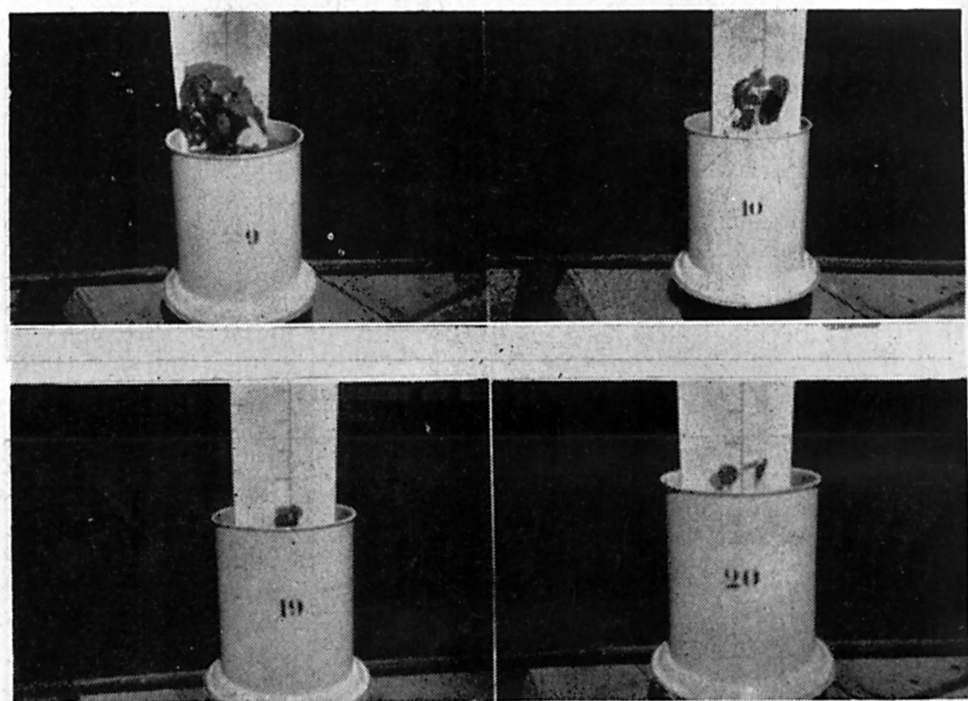


Foto após 60 dias da sementeira



Doses fortes de arsênico
Foto após 90 dias da sementeira

