

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE TOMATEIRO  
(*Lycopersicon esculentum* Mill) AO ALUMÍNIO E AO MANGANÊS

*José Geraldo Baumgartner*

Professor Assistente do Departamento de  
Geociências da Faculdade de Medicina  
Veterinária e Agronomia de Jaboticabal  
UNESP

*Prof. Dr. Henrique Paulo Haag*  
Orientador

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", USP para  
obtenção do grau de Doutor (Solos  
Nutrição de Plantas)

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
1976

À Jacy e Renata,

DEDICO

HOMENAGEM

À Escola Superior de Agricultura  
" Luiz de Queiroz " pelos seus  
75 anos de existência.

## A G R A D E C I M E N T O S

Ao

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag pela orientação dada ao trabalho.

Prof. Dr. Manuel G.C. Churata-Masca pelas sugestões e colaboração no cultivo do tomateiro em condições experimentais.

Prof. Gilberto D. Oliveira pela colaboração na execução das análises químicas.

Prof. Dr. Dilermando Perecin pelas sugestões na elaboração das análises estatísticas.

A

Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal - UNESP, pelo apoio concedido durante todo o Curso de Pós Graduação e na execução deste trabalho.

## Í N D I C E

Assunto	Página
1 - INTRODUÇÃO .. .. .	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA .. .. .	3
2.1 - Toxicidez de alumínio .. .. .	3
2.2 - Toxicidez de manganês .. .. .	10
2.3 - Interação alumínio-manganês .. .. .	15
2.4 - Efeitos sobre o tomateiro . .. .	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS .. .. .	17
3.1 - Primeiro Experimento .. .. .	17
3.2 - Segundo Experimento .. .. .	20
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO . .. .	23
4.1 - Primeiro Experimento .. .. .	23
4.1.1 - Aspectos Gerais .. .. .	23
4.1.2 - Altura das plantas .. .. .	23
4.1.3 - Peso de matéria seca .. .. .	24
4.2 - Segundo Experimento .. .. .	27
4.2.1 - Aspectos Gerais .. .. .	27

Assunto	Página
4.2.2 - Altura das plantas e peso de matéria seca .. .. .	28
4.2.3 - Fósforo .. .. .	33
4.2.4 - Cálcio .. .. .	38
4.2.5 - Ferro . .. .	42
4.2.6 - Manganês .. .. .	46
4.2.7 - Alumínio .. .. .	48
4,3 - Considerações Gerais .. .. .	50
5 - CONCLUSÕES .. .. .	53
6 - RESUMO . .. .	55
7 - SUMMARY . .. .	57
8 - LITERATURA CITADA .. .. .	59
APÊNDICE	

## 1 - INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro, além de ser pouco estudada no que concerne aos efeitos da acidez do solo sobre o seu desenvolvimento, tem apresentado respostas controvertidas ao emprego de calcário.

É provável, com base nos estudos de FOY et alii (1973) que, pelo menos em parte, os resultados controvertidos da calagem na produção da cultura sejam devidos ao emprego de cultivares com diferentes graus de tolerância à acidez dos solos.

São escassos, no Brasil, os estudos para identificação de diferença varietal de tolerância à acidez, pelas diversas culturas, com exceção apenas da cultura do trigo, na qual se faz melhoramento genético para tolerância ao alumínio, há mais de vinte e cinco anos (SILVA, 1976).

Sabe-se que a produção de pó calcário em nosso meio é ainda insuficiente para atender a demanda e este aspecto, associado a problemas de infraestrutura de transporte, li

mita o emprego do corretivo em diversas regiões. A necessidade da aplicação de calcário em camada de maior profundidade do solo, em alguns casos, encarece sobremaneira o custo de produção, agravando o problema. Parece promissora a alternativa de emprego, no futuro, de espécies ou variedades vegetais tolerantes à acidez.

A literatura aponta uma série de dificuldades técnicas para a realização dos estudos que visam caracterizar a tolerância de plantas à acidez. As principais razões são as múltiplas interações entre os diversos fatores envolvidos que dificultam não só a interpretação de resultados como também a escolha de parâmetros que possam caracterizar a tolerância ou a susceptibilidade das plantas aos fatores de acidez.

Os objetivos do presente trabalho são:

- a) Avaliar o comportamento de seis cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em condições de acidez do solo e níveis altos de alumínio e manganês;
- b) Selecionar cultivares de ( a ) e comprovar a sua tolerância a alumínio e a níveis altos de manganês;
- c) Determinar os efeitos de alumínio e manganês na absorção de cálcio, fósforo, ferro, alumínio e manganês, pelos cultivares.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Toxidez de alumínio

Revisões minuciosas de literatura (BROWN et alii, 1972; JACKSON, 1967 ) permitem caracterizar efeitos diretos e indiretos de níveis tóxicos de alumínio no desenvolvimento de plantas. Os efeitos diretos são mais comumente relatados como interferência na divisão celular, na respiração, na síntese de DNA e na fosforilação de açúcares. Os efeitos indiretos mais observados dizem respeito à precipitação de fósforo e depressão na absorção de cálcio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro.

JACKSON (1967), relata que os estudos sobre absorção e distribuição de alumínio são limitados em virtude da imprecisão de métodos analíticos e da falta de isótopo radioativo deste elemento. Destaca, todavia, que há indicações de baixa mobilidade do alumínio nos tecidos de plantas.

Segundo PRATT (1966), a toxidez de alumínio não pode ser diagnosticada apenas pelos sintomas visuais ou

pelo conteúdo de elemento das partes aéreas das plantas. A depressão de crescimento ocorre mas não é um sintoma específico. O mesmo autor afirma ainda que nas plantas cultivadas em solução nutritiva, o teor de alumínio das raízes poderá ser empregado com finalidade de diagnóstico.

FOY & BROWN (1963), destacam que, na maioria das plantas cultivadas, o alumínio ocorre em maior concentração nas raízes devido à baixa mobilidade do mesmo no tecido e reduzido transporte para a parte aérea. Todavia, FOY et alii (1973), estudando a tolerância do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) ao alumínio, relatam que a injúria devida ao elemento é associada a aumentos nas concentrações do mesmo, tanto nas raízes como nas partes aéreas, ressaltando ser duvidoso, todavia, se a concentração de alumínio em si seria a causa direta do problema.

OULLETTE & DESSUREAUX (1958), cultivando alfafa (*Medicago sativa*) em solução nutritiva onde combinavam níveis crescentes de alumínio, manganês e cálcio, observaram que a translocação de alumínio das raízes para as folhas e ramos apresentou variação genética e os clones que apresentaram maior translocação do alumínio às partes aéreas foram os que mais sofreram os efeitos tóxicos. Concluíram que a translocação, mais que a absorção é responsável pelas diferentes respostas. Estes autores mostraram ainda, que a toxidez foi mediana para concentrações de alumínio nas folhas e ramos, entre 325 e 450 (\*) ppm e verificaram toxidez severa para os valores acima de 450 ppm. Para os teores de alumínio na parte aérea, inferiores à 200 ppm não foram constatados sintomas de toxidez.

BROWN et alii (1972) afirmaram que a literatura é controvertida com relação à translocação do alumínio, das raízes às partes aéreas das plantas e também quando se relaciona o processo de translocação com a tolerância das plantas

---

(\*) No presente trabalho as concentrações são expressas em função da matéria seca, salvo indicação em contrário.

ao alumínio. É duvidoso se as plantas mais tolerantes são aquelas que acumulam maiores teores de alumínio nas raízes ou se são aquelas que translocam maiores quantidades para as partes aéreas. Tudo indica que este mecanismo de tolerância está estreitamente relacionado à espécie vegetal, não sendo possível uma generalização.

HORTENSTINE & FISHELL (1961), cultivando girasol (*Helianthus annuus*) em solução nutritiva com níveis crescentes de alumínio, constataram que a variação dos níveis de alumínio na solução não alteraram os teores do elemento nas partes aéreas das plantas. Verificaram que as plantas reagiram imediatamente ao nível de 6 ppm de alumínio na solução, tendo cessado o crescimento das raízes, que a seguir escureceram. Ao nível de 6 ppm de alumínio na solução nutritiva correspondia a um teor de 24 ppm do elemento nas partes aéreas enquanto que nos tratamentos sem alumínio o teor verificado foi de 25 ppm nas partes aéreas.

WRIGHT (1973), trabalhando com cevada (*Hordeum sativum*) em solução nutritiva verificou que o teor de alumínio variou de 220 ppm para 240 ppm nas partes aéreas, e de 320 para 850 ppm nas raízes, quando o alumínio na solução atingiu uma concentração que provocou uma redução na produção da ordem de 82 %.

FOY et alii (1967), cultivaram variedades de cevada (*Hordeum sativum*) em solução nutritiva adicionando níveis entre 0 e 6 ppm de alumínio. Verificaram uma faixa de variação de concentração de elemento nas partes aéreas, de 324 a 450 ppm e de 216 a 4.086 ppm nas raízes. Foi observada uma diferença varietal de tolerância que todavia não foi relacionada ao teor de alumínio ou mesmo de fósforo, na parte aérea.

SOILEAU et alii (1969) cultivando o algodão (*Gossypium hirsutum* L.) em solo ácido verificaram que as reduções de desenvolvimento das plantas estavam relacionadas com

níveis de alumínio superiores à 2.000 ppm nas raízes e 200 ppm nas partes aéreas.

Em condições naturais de desenvolvimento diversas espécies de plantas do Hawaii, apresentam mais de 1.000 ppm de alumínio, nas partes aéreas e são consideradas plantas acumuladoras do elemento ( Sherman et alii, 1959, citados por BROWN et alii, 1972).

Destacam, ainda, BROWN et alii (1972) que uma das características fisiológicas da toxidez de alumínio é o efeito da nutrição com fósforo. A este respeito existe quase que um consenso geral de que o alumínio induz deficiência de fósforo. Há evidências de que a tolerância de variedades e espécies vegetais ao alumínio está muitas vezes relacionada à capacidade das plantas em absorver e utilizar o fósforo na presença de excesso de alumínio.

JONES (1961), sugeriu que certas plantas são capazes de manter seu nível de fosfato, na presença de alumínio, mobilizando o alumínio em formas orgânicas. Desta forma o alumínio é translocado às partes aéreas mais do que é precipitado nas raízes.

CLARKSON (1969), admite que o alumínio retém o fósforo na superfície das raízes de plantas, tornando o fósfo ro menos disponível para atividades metabólicas nas células.

Além desta interação alumínio-fósforo no interior das plantas, ocorre também a precipitação, no meio externo, de tal forma, que quando se emprega solução nutritiva em que alumínio e fósforo são adicionados conjuntamente há necessidade de um controle criterioso dos níveis de alumínio e fósforo e também do índice pH do meio. (REID et alii, 1971 e MUNNS, 1965)

FOY & BROWN (1964), cultivaram diversas espécies vegetais em meios diferentes: em solo ácido, em solução nu

tritativa e com as raízes subdivididas parte em solo ácido e parte em solução nutritiva. Verificaram que a tolerância a alumínio está estreitamente associada com a habilidade das plantas em absorver e utilizar o fósforo na presença de excesso de alumínio. Por outro lado, FOY et alii (1967), trabalhando agora com as culturas de trigo (*Triticum vulgare*) e cevada (*Hordeum sativum*) verificaram que a resistência dessas plantas ao alumínio não está estreitamente relacionada com a diferença de concentração de fósforo nas partes aéreas. Da mesma forma, OUELLETTE & DESSUREAUX (1958) estudando a cultura da alfafa (*Medicago sativa*) em solução nutritiva, concluíram que a interação alumínio-fósforo não parece ser a responsável pelo variado grau de tolerância entre variedades. Ainda FOY et alii (1973), chegaram a mesma conclusão com relação à cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill).

WRIGHT & DONAHUE (1953), cultivando cevada (*Hordeum sativum*) em solução nutritiva com e sem alumínio e empregando fósforo radioativo após 4 semanas, verificaram, através de radioautografia, que fosfato de alumínio se acumula na superfície da raiz e através da região cortical. Muito pouco alumínio se acumula no sistema vascular após a endoderme. As evidências indicaram que primeiro o alumínio inativa o fósforo nas raízes e depois interfere com o metabolismo normal do fósforo na planta.

Embora a tendência mais geral na literatura seja, aceitar que o alumínio deprime não só a absorção como o transporte do fósforo, para as partes aéreas, verificam-se algumas ambiguidades como acentua JACKSON (1967). Desta forma, não é uma regra universal de que o alumínio promova decréscimo no teor de fósforo nas partes aéreas das plantas ou mesmo nas raízes.

Um outro aspecto muito frequentemente relacionado aos problemas de toxidez de alumínio é o da interação alumínio-cálcio.

As plantas insensíveis à acidez, de um modo ge

ral, se caracterizam por apresentarem baixo teor de cálcio e plantas sensíveis, no geral apresentam alto teor do elemento, segundo CHAPMAN (1966).

JOHNSON & JACKSON (1964), afirmaram que muitos dos efeitos tóxicos do alumínio no crescimento de plantas tem sido atribuídos à inibição na absorção de cálcio. Consideram que alguns sintomas de toxidez de alumínio particularmente no desenvolvimento radicular são bastante semelhantes à sintomas de deficiência de cálcio. Esses mesmos autores realizaram estudos com raízes destacadas e plantas intactas de trigo (*Triticum vulgare*), empregando cálcio radioativo e verificaram que os tratamentos com alumínio reduziram não só a absorção como também o transporte de cálcio das raízes às partes aéreas. Várias hipóteses foram levantadas para explicar a inibição verificada citando-se a inativação de mecanismos de acumulação de cálcio pela presença de certo nível de alumínio e também o efeito do alumínio sobre as raízes resultando em pequeno desenvolvimento destas.

QUELLETTE & DESSUREAUX (1958) estudando a tolerância da alfafa (*Medicago sativa*) a alumínio e manganês concluíram que o mecanismo está relacionado à eficiência da planta em absorver cálcio do substrato e a inerente habilidade das raízes em manter, na forma ativa, parte do cálcio absorvido.

FOY & ARMIGER (1969), observaram que a sensibilidade da soja (*Glycine max*) ao alumínio caracteriza-se por uma grande redução na concentração de cálcio nas raízes e partes aéreas e que o sintoma "quebra de pecíolo" pode ser atribuído à redução e desigualdade de distribuição do cálcio absorvido.

FOY et alii (1973), estudando a cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) não encontraram dados coerentes para poderem correlacionar tolerância ao alumínio com a absorção de cálcio. Ainda FOY & BROWN (1963), verificaram que a toxidez de alumínio para o algodoeiro (*Gossypium*

*hirsutum* L.) está estreitamente associada com baixa absorção de fósforo ou cálcio pelas raízes e baixo acúmulo nas partes aéreas.

HORTENSTINE & FISKELL (1961), empregando o girassol (*Helianthus annuus*) como planta teste, constataram que altas doses de alumínio não afetaram o teor de cálcio nas partes aéreas mas provocaram diminuição no teor do mesmo das raízes.

LEE (1971), cultivando batata (*Solanum tuberosum*) em solução nutritiva com níveis crescentes de alumínio verificou que a absorção de cálcio como também de magnésio e zinco foi inibida pelo alumínio. O autor inferiu ainda que aparentemente o alumínio compete com o cálcio pelos sítios de absorção das raízes.

Além desses aspectos todos envolvidos na toxicidade de alumínio e nos mecanismos de tolerância das plantas a níveis tóxicos daquele elemento convém destacar ainda alguns outros mecanismos, também relacionados. Assim é que BROWN et alii (1972), em uma revisão de literatura comparam observações feitas com relação à tolerância de plantas ao alumínio, ligada à capacidade das mesmas em alterar o índice pH do meio, na região das raízes. Concluíram os autores que existem algumas controvérsias indicando necessidade de outros estudos.

Segundo VOSE & RANDALL (1962), que estudaram diversas espécies vegetais, a tolerância à toxidez tanto de alumínio como de manganês está associada com baixa capacidade de troca de cations das raízes. Admitem que, em geral, a resistência à toxidez de alumínio é independente da origem geográfica e do tipo de solo em que as variedades originalmente se desenvolveram. Afirma que o tamanho das sementes, que controla a rapidez da emergência e o estabelecimento da planta está relacionado à resistência e que tanto tamanho de sementes quanto profundidade de semeadura tem afetado os

testes de seleção de variedades tolerantes. Inferem ainda, que de acordo com a teoria de Donnan, a baixa capacidade de troca de cations das raízes favorece um aumento na absorção de cations monovalentes e até divalentes em detrimento da absorção de cations polivalentes como alumínio e manganês.

## 2.2 - Toxidez de manganês

Da mesma forma que o verificado em relação ao a lumínio, a toxidez de manganês pode resultar de uma ação direta do elemento ou de uma ação indireta como por exemplo, a indução de deficiência de ferro segundo relata JUSTE (1970).

JONES (1972), esclarece que são poucos os dados experimentais que definem níveis tóxicos de manganês em tecidos de plantas mas, que pode-se admitir que níveis superiores à 500 ppm deverão ser tóxicos para muitas espécies vegetais. Uma faixa ampla, de 20 à 500 ppm é aceita como normal, não excessiva, e os níveis, abaixo de 20 ppm podem indicar deficiência.

LUCAS & WITWER (1963), concluíram que, de 50 a 200 ppm de manganês em amostras constituídas de pecíolos de folhas localizadas imediatamente abaixo da última flor revelam um bom estado nutricional de plantas de tomateiro ( *Lycopersicon esculentum Mill* ) em condições de casa de vegetação.

WILCOX & CANTLIFFE (1969), confirmaram a amplitude da faixa de teores normais de manganês para o tomateiro ( *Lycopersicon esculentum Mill* ) tendo verificado bom desenvolvimento da cultura (variedade H 1370) com teores de manganês, na parte aérea, entre 27 e 205 ppm. Os mesmos autores constataram aparecimento de sintomas de toxidez ao nível 775 ppm na parte aérea.

AHMED & TWYMAN (1953), cultivaram o tomateiro ( *Lycopersicon esculentum Mill* ) em solução nutritiva com níveis crescentes de manganês. Descreveram os sintomas de to

xidez de manganês como amarelecimento de folhas recém maduras e aparecimento posterior de manchas necrosadas. As folhas mais velhas desenvolveram pequenas manchas púrpuras ao longo das nervuras. As raízes apresentaram aspecto normal e tamanho reduzido. Os sintomas apareceram quando o nível de manganês na solução nutritiva atingiu à 5 ppm o que correspondeu a um teor de manganês no tecido de 976 ppm. O aumento de teor de manganês nos tecidos não correspondeu à uma diminuição no teor de ferro mas os autores admitem que o manganês tenha atuado na inativação do ferro metabólico.

PARKER et alii (1969), constataram que 2,5 ppm de manganês solúvel em água, no solo e 495 ppm no tecido foliar foram tóxicos para a cultura de soja (*Glycine max*) provocando o sintoma típico e acarretando diminuição no número de vagens por planta e no número de sementes por vagem.

CANDELA & HEWITT (1957), fizeram uma revisão de literatura para estudo de nutrição de molibdênio e manganês para a cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e estabeleceram, com base na literatura citada, que 0,11 ; 0,55 e 2,00 ppm de manganês em solução podem ser considerados níveis baixo, normal e excessivo, respectivamente para o cultivo de tomateiro em solução nutritiva.

MOLLENHAUER & SMITH (1954), cultivando o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em solução de Hoagland & Arnon, solução 1, modificada para níveis mais baixos de manganês e zinco e efetuando pulverizações com fungicidas em alguns tratamentos, encontraram, em análise posterior, 31,9 ppm de manganês nas folhas superiores e 48,4 ppm nas inferiores nos tratamentos controles.

FOY et alii (1969), cultivaram o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em solução nutritiva com níveis variáveis de manganês entre ausência e 64 ppm. Com 4 ppm de manganês na solução nutritiva apareceram sintomas foliares de toxidez de manganês que corresponderam a um teor do elemento, de 1.740 ppm nas partes aéreas e 728 ppm nas raízes.

A faixa de variação do teor de Mn foi de 196 a 8.570 ppm nas partes aéreas e de 112 a 5.630 ppm nas raízes.

BEAUCHAMP & ROSSI (1972), estudando o efeito de manganês e de ferro na nutrição de cevada (*Hordeum sativum*), empregaram a combinação de tres níveis de ferro ( 0,1 ; 0,5 e 2,5 ppm ) e quatro níveis de manganês (0,005 ; 0,05 ; 0,5 e 1,0 ppm) em solução nutritiva. Observaram pela produção de matéria seca que o primeiro nível de manganês foi deficiente, o segundo normal, e os dois últimos depressivos, independentemente dos níveis de ferro. Os sintomas de toxidez de manganês foram evidentes apenas para o nível mais alto do elemento.

Os níveis de manganês nas folhas variaram entre 7 e 175 ppm sendo determinado um nível crítico de 15 ppm. Ao nível de 0,5 ppm de manganês na solução nutritiva correspondeu um teor de 1356 ppm do elemento nas folhas e neste tratamento verificou-se um efeito depressivo do nível de manganês no desenvolvimento e produção das plantas.

FRANCO & DOBEREINER (1971), cultivando soja (*Glycine max*) em solo sabidamente rico em manganês e efetuando tratamentos neste solo que consistiram em diluição com areia e adição de nutrientes, com exceção do manganês, verificaram que as maiores produções de matéria seca de soja ( variedades Pelicano e Abura ) corresponderam a um teor de manganês nas folhas entre os limites de 320 a 440 ppm. Nas plantas cultivadas em solo natural as concentrações de manganês nas folhas variaram entre 4.210 e 5.530 ppm, correspondendo esses níveis à uma drástica redução do desenvolvimento das plantas.

Conforme se verifica, existe uma grande diferença entre as diversas espécies vegetais com relação ao nível tóxico de manganês, nas folhas e uma discrepância entre os autores, com relação ao fornecimento de níveis de manganês, em solução nutritiva visando induzir toxidez. É interessante ressaltar este último aspecto porque pode-se constatar que ,

por exemplo, BEAUCHAMP et alii (1972) forneceram de 0,005 a 1,000 ppm de manganês para a cevada ( *Hordeum sativum* ); RYDING (1973) de 0,50 a 31,25 ppm para a cultura de fumo ( *Nicotiana tabacum* ); FOY et alii (1969) de 0,0 a 64,0 ppm para o algodoeiro ( *Gossypium hirsutum* L. ) e CANDELA et alii (1971), de 0,11 a 2,00 ppm para o tomateiro ( *Lycopersicon esculentum* Mill ).

Um aspecto estudado e controvertido da toxidez de manganês, diz respeito à interação manganês-ferro. A revisão de literatura apresentada por MULDER et alii (1952), apresenta as divergências acerca deste problema.

BEAUCHAMP et alii (1972), verificaram na cultura de cevada ( *Hordeum sativum* ) que os efeitos tóxicos do manganês sobre a produção de matéria seca foram independentes dos níveis de ferro adicionados. Verificaram igualmente que a tendência geral foi de que ao aumento do nível de manganês correspondesse uma diminuição no teor de ferro nas plantas.

RIEKELS et alii (1966), cultivaram tomateiro ( *Lycopersicon esculentum* Mill ) em solução nutritiva variando os níveis de manganês e fornecendo o ferro na forma de Fe-EDDHA. Mostraram que o teor de ferro nas plantas aumentou quando o teor de manganês, na solução nutritiva variou de 0,0 a 1,0  $\mu\text{mol/l}$  e em seguida diminuiu quanto o teor de manganês na solução foi aumentado de 1,0 para 10,0  $\mu\text{moles/l}$ .

MORRIS & PIERRE (1949), estudando o comportamento de leguminosas, em solução nutritiva com vários níveis de manganês (de 0,1 a 10,0 ppm), observaram que as concentrações de ferro nas plantas foram oscilantes mas houve uma tendência de aumento de teores de ferro nos tecidos, com o aumento do teor de manganês nas soluções. Os autores concluíram que a toxidez de manganês verificada não teve qualquer relação com deficiência de ferro.

REES & SIDRAK (1961), constataram para a cultura de cevada ( *Hordeum sativum* ), que os valores para a relação

Fe/Mn, de 3.08 ; 1,25 e de 0,25 a 0,11 foram correlacionados com graus crescentes de toxidez de manganês.

A interação cálcio-manganês também tem merecido destaque nos estudos que tratam da toxidez de manganês e da tolerância de plantas a níveis altos deste elemento.

SCHMEHL et alii (1950), estudando as causas de mau desenvolvimento de culturas em solo ácido e os efeitos da calagem, concluíram, que a toxidez do manganês, ocorre nas plantas quando a relação Ca/Mn é inferior a 75. Assinalam ainda que outros autores já relataram o mesmo efeito para a relação inferior à 70.

FOY et alii (1969) cultivaram algodão (*Gossypium hirsutum* L.) em solução nutritiva com níveis crescentes de manganês e constataram uma diminuição gradativa no teor de cálcio na parte aérea das plantas, à medida em que aumentava o teor de manganês na solução nutritiva.

MORRIS & PIERRE (1949), obtiveram um aumento no teor de cálcio na parte aérea de leguminosas com o aumento do teor de manganês em solução nutritiva e admitem que este resultado pode ser apenas aparente e provocado pela maior quantidade de cinzas, relativa, das plantas menos desenvolvidas.

QUELLETTE & DESSUREAUX (1958), observaram que as variedades de alfafa (*Medicago sativa*) mais tolerante à manganês foram as que acumularam maiores quantidades de cálcio, nas raízes, em relação às sensíveis. Deduziram que a habilidade das plantas em absorver cálcio está relacionada ao grau de tolerância à manganês, e que o cálcio nas plantas parece favorecer a precipitação e conseqüente imobilização do excesso de manganês nas raízes.

Outros elementos como nitrogênio, fósforo e molibdênio, além dos citados anteriormente estão relacionados com a toxidez e/ou tolerância ao manganês segundo MULDER & GER

REISEN (1950).

### 2.3 - Interação alumínio-manganês

Segundo SILVA (1976) a literatura aponta que a tolerância genética à toxidez do manganês é independente da tolerância ao alumínio e que portanto devem ser estudadas separadamente, embora a aplicação de cálcio ao solo anule simultaneamente a toxidez causada pelo alumínio e pelo manganês.

FOY (1976), relata que a toxidez de manganês ocorre frequentemente combinada com a toxidez de alumínio, nos solos com níveis de pH inferiores a 5,5, originados de material rico em manganês total.

JUSTE (1970), afirma que o alumínio deprime de tal forma a absorção de manganês que, estando ambos presentes, prevalecerão os efeitos do alumínio.

RYDING (1973), combinou diversos níveis de alumínio e manganês para o cultivo do fumo (*Nicotiana tabacum*) e verificou que o aumento do teor de alumínio nas soluções provocou decréscimo nos teores de manganês nas folhas e raízes das plantas. Verificou também que o nível mais alto de manganês (31,25 ppm) induziu sintomas de toxidez, na ausência ou na presença de alumínio.

REES & SIDRAK (1961), estudando a ação isolada e em conjunto de alumínio e manganês no desenvolvimento de tres culturas, verificaram que o efeito do alumínio na depressão de absorção do manganês é variável em função da espécie vegetal.

### 2.4 - Efeitos sobre o tomateiro

MERCADO & VELASCO (1961) afirmam que o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) é uma cultura muito sensí

vel ao alumínio sendo mesmo sugerida como planta indicadora para a avaliação de disponibilidade de alumínio em solo ácido.

FOY et alii (1973), relatam que, até a data da publicação do trabalho que apresentaram sobre a tolerância do tomateiro ao alumínio (1973), não conheciam qualquer publicação a respeito da diferença varietal de tolerância do tomateiro àquele elemento.

LABANAUSKAS (1966), em trabalho de revisão de literatura, cita diversos autores que atribuem ao tomateiro uma especial sensibilidade ao excesso de manganês.

LAROCHE (1967), diz que escolheu o tomateiro como planta indicadora para experimentos sobre efeitos da relação Ca:Mg:K na nutrição de plantas porque, segundo a literatura, trata-se de planta que apresenta capacidade de troca de cations nas raízes de 34m.eq/100g de matéria seca. Por essa razão absorve pouco cálcio e magnésio e portanto pode se adaptar à estados de acidez entre pH 5,5 e 7,0 e não deverá se beneficiar tanto da calagem como outras culturas tais como alfafa (*Medicago sativa*) e soja (*Glycine max*).

CAMARGO et alii (1965), cultivaram o tomateiro em solo ácido, com pH original de 4,8 e adicionaram doses crescentes, de 0 a 600 g de calcário/m<sup>2</sup>. Não obtiveram resposta, na produção da cultura e concluíram que o tomateiro é moderadamente tolerante à acidez.

Em contra posição, KAYAMA (1968), obteve efeitos positivos da calagem na produção da cultura verificando inclusive diminuição na incidência de podridão apical.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental constou de dois experimentos:

- Cultivo de seis cultivares de tomateiro em solo de condições especiais de acidez (níveis altos de alumínio e manganês) e de baixa a média fertilidade;
- Cultivo de dois cultivares de tomateiro, selecionados do primeiro experimento, em substrato de quartzo e irrigados com solução nutritiva contendo níveis variáveis de alumínio e/ou manganês.

#### 3.1 - Primeiro Experimento

Empregou-se um solo "Latossol Roxo" situado no município de Ribeirão Preto, S.P., cujas características químicas são as seguintes:

RESULTADOS ANALÍTICOS<sup>(\*)</sup>INTERPRETAÇÃO<sup>(\*\*)</sup>

pH	= 5,4	acidez média
carbono	= 2,6 %	alto
fósforo solúvel (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N)	= 3 µg/ml	baixo
potássio trocável	= 39 µg/ml	médio
cálcio trocável	= 2,1 e.mg/100 ml	médio
magnésio trocável	= 0,8 e.mg/100 ml	médio
alumínio trocável	= 1,80 e.mg/100 ml	alto

O solo apresentou ainda um teor de manganês solúvel determinado segundo LINDSAY (1969), de 28,6 ppm e um teor total do elemento, de 730 ppm empregando-se a metodologia de JACKSON (1964).

Este solo foi coletado da camada superficial do terreno ( 0 - 30 cm de profundidade ), seco ao ar e peneirado ( peneira de malha de 6 mm ). Em seguida foi colocado em três caixas de madeira com dimensões de 1 x 1 x 0,15 m. O solo contido em uma das caixas recebeu o seguinte tratamento: 300 g de calcário dolomítico ( 25,7 % de CaO e 18,0 % de MgO ), finamente moído, foram incorporados e incubados por cinco dias, com a umidade do solo mantida próxima à capacidade de campo. Em seguida adicionaram-se as seguintes quantidades de fertilizantes: 300 g de superfosfato simples ( 20 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ), 20 g de sulfato de amônio ( 20 % de N ) e 10g de cloreto de potássio ( 60 % de K<sub>2</sub>O ).

A mistura dos fertilizantes foi incorporada uniformemente ao volume total do solo e esta adubação foi denominada de " padrão ". Nas outras caixas o solo não recebeu calcário e a adubação constituiu-se em 1/5 da quantidade empregada no tratamento " padrão " e foi denominada de " mínima ".

---

( \* ) Laboratório da Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas, S.P. Resultados expressos em termos de T.F.S.A.

( \*\* ) CATANI, R.A.; JACINTHO, A.O. 1974. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Boletim técnico científico "E.S.A." Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 57 pg.

Sementes dos cultivares de tomateiro, Santa Cruz Kada, Angela IAC 3946, Vital, Roma VF, Pavebo 220 e Ronita N foram semeadas no solo das caixas, em covas rasas, espaçadas de 9 cm na linha e 14 cm entre as linhas, na razão de 12 sementes por " cova ". Em intervalos de seis dias após a germinação procedeu-se ao desbaste deixando-se 5, 3, 2 e 1 plântulas por cova.

Os cultivares empregados apresentam as seguintes características ( CHURATA MASCA, 1974-1975 e FILGUEIRA, 1972 ).

Santa Cruz Kada - crescimento indeterminado, ciclo médio, frutos graúdos arredondados de polpa fina, maturação apresentando " ombro verde ", resistente à rachadura.

Vital - crescimento indeterminado, ciclo médio, fruto médio arredondado, maturação uniforme,

Angela IAC 3946 - crescimento indeterminado, ciclo médio, frutos pequenos alongados de polpa firme, maturação uniforme, resistente à rachadura e ao vírus Y.

Roma VF - crescimento determinado, ciclo médio tardio, frutos de tamanho e forma tipo Roma (padrão), maturação uniforme, resistente à rachadura e às doenças de Fusarium e Verticillium.

Pavebo 220 - crescimento determinado, ciclo médio, forma e tamanho dos frutos, tipo Roma, alongados, maturação apresentando ombro com restante do fruto de coloração verde intensa.

Ronita N - crescimento determinado, ciclo médio, frutos de tamanho e forma tipo Roma, maturação uniforme, resistente à rachadura e aos nematoides.

A característica típica de cultivares de crescimento determinado é apresentar uma inflorescência na " guia " principal sendo, por isso, mais ramificadas e de menor porte

que os tomateiros de crescimento indeterminado, possibilitam o plantio sem estaqueamento e colheita mecânica.

As sementes certificadas dos cultivares de crescimento indeterminado utilizadas foram provenientes da Agroceres S.A. ( Igarapé, M.G., Brasil ), enquanto que as sementes do cultivar Pavebo 220 foram provenientes da Raci Sementi ( Itália ), as do cultivar Ronita N, da Peto Seed (EUA) e as do cultivar Roma VF, da Asgrow (EUA).

Neste experimento adotou-se um delineamento de blocos ao acaso. Cada caixa de madeira contendo o solo com as características descritas, foi dividida em dois blocos. Desta forma foram obtidos quatro blocos onde, em solo sem calagem e com adubação " mínima ", cada cultivar foi representado por uma linha de cinco plantas. De maneira similar foram obtidos dois blocos, de referência, onde os tomateiros foram cultivados nas condições consideradas " padrão ".

Aos 15, 22 e 29 dias após a germinação as plantas foram mensuradas em altura, desde a superfície do solo até a gema apical. Trinta dias após a germinação as plantas foram coletadas desprezando-se o sistema radicular e foram postas a secar em estufa a 70 °C durante vários dias.

### 3.2 - Segundo Experimento

Os cultivares de tomateiro, Santa Cruz Kada e Ronita N, selecionados no primeiro experimento, foram cultivados em solução nutritiva de acordo com o seguinte procedimento:

Empregou-se solução nutritiva 2 de HOAGLAND & ARNON (1950)\*, modificada quanto ao fornecimento de ferro. Este foi fornecido em concentração idêntica à fórmula original, na forma de Fe-EDTA.

---

\* HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Circular 347. The College of Agriculture. University of California, Berkeley. USA.

Níveis de manganês foram obtidos por acréscimo nas doses  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , na referida solução. Desta forma foram estabelecidos os seguintes níveis do nutriente: 0,5 ( $Mn_1$ ), 1,5 ( $Mn_2$ ) e 3,0 ppm ( $Mn_3$ ).

Soluções de alumínio com concentrações de 10,0 ( $Al_1$ ) e 20,0 ( $Al_2$ ) ppm do elemento foram obtidas a partir de uma solução de  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ .

Usou-se como substrato, 1.500 g de quartzo moído (malha de 4 mm) colocados em sacos plásticos que apresentavam perfurações na parte basal. Em cada saco plástico foram colocadas 10 sementes de cada um dos cultivares. Após a semeadura foram feitas várias irrigações diárias, com água destilada.

Três dias após a germinação substituiu-se na irrigação a água destilada, pela solução 2 de HOAGLAND & ARNON. Sete dias após a germinação procedeu-se a um desbaste deixando-se duas plantas por saco.

Logo após o desbaste iniciou-se um esquema de irrigação em que as soluções nutritivas (3 níveis de manganês) foram fornecidas alternadamente com as soluções de alumínio (3 níveis). Ao nível zero de alumínio ( $Al_0$ ) correspondeu o emprego de água destilada. Foram feitas irrigações 3 vezes ao dia, bem espaçadas (8, 13 e 17 horas), obedecendo a um ciclo que completava-se a cada dois dias, da seguinte forma: solução nutritiva - solução de alumínio - solução nutritiva e (dia seguinte), solução de alumínio - solução nutritiva - solução de alumínio. O excesso percolado era descartado antes do início de nova irrigação. Empregaram-se 100 ml das soluções em cada irrigação.

Decorridos 40 dias após a germinação as plantas foram mensuradas em altura e coletadas, separando-se inicialmente o sistema radicular da parte aérea. Em seguida, essas partes das plantas foram submetidas à lavagem segundo técnicas usuais (SARRUGE & HAAG, 1974).

As partes aéreas das plantas foram subdivididas em folhas superiores, folhas inferiores e hastes e juntamente com as raízes foram postas a secar a 70 °C durante vários dias.

O material assim obtido foi analisado para fósforo, cálcio, ferro, manganês e alumínio segundo métodos descritos em SARRUGE & HAAG (1974). Com exceção do fósforo que foi determinado por colorimetria os demais elementos foram determinados pela técnica da espectrofotometria de absorção atômica.

Para o esquema estatístico empregou-se um delineamento inteiramente casualizado, tipo fatorial 3 x 3 x 2 (três níveis de alumínio, três níveis de manganês e dois cultivares de tomateiro), com 6 repetições.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Primeiro Experimento

#### 4.1.1 - Aspectos Gerais

Observou-se desde o início um melhor desenvolvimento dos cultivares Santa Cruz Kada e Angela IAC 3946 nas condições de solo correspondentes à adubação "mínima", predominando ambos, sensivelmente sobre os demais cultivares. Os mesmos cultivares, no solo que recebeu a adubação "padrão", juntamente com o cultivar Ronita N, predominaram sobre os demais, até 15 dias após a germinação, havendo tendência, posteriormente, para diminuição das diferenças.

O aspecto apresentado por todos os cultivares desenvolvidos com adubação "mínima" refletia uma má nutrição generalizada. As plantas apresentavam pequeno crescimento mas uma coloração normal das folhas não sendo, por este aspecto, identificado qualquer sintoma de carência ou excesso.

#### 4.1.2 - Altura das plantas

Os dados de altura média das plantas nas diver

nas épocas e nas duas condições (adubação padrão e mínima) são apresentados na Tabela 1. A análise estatística foi feita para as diferenças médias dos dados obtidos pelo cultivo nas duas condições de solo.

Os dados mostram que o cultivar Ronita N, que não apresentou a menor altura entre todos, apresentou, todavia, a maior diferença de desenvolvimento entre as plantas cultivadas em solo com adubação "mínima" e em solo com adubação "padrão".

Neste aspecto este cultivar destacou-se dos demais sendo a diferença altamente significativa. Considerando ainda o parâmetro diferença média de altura de plantas, nas duas condições de solo, verifica-se que o valor menor flutuou entre os restantes cultivares em função do estágio de desenvolvimento. Verificou-se portanto um maior efeito da acidez do solo sobre a altura das plantas do cultivar Ronita N não ficando bem definida uma diferença entre os demais cultivares,

#### 4.1.3 - Peso de matéria seca

Os resultados referentes ao peso médio de matéria seca das plantas cultivadas nas duas condições de solo e as respectivas diferenças são apresentadas na Tabela 2.

Da mesma forma que para os dados de altura das plantas, também para os de peso de matéria seca a análise estatística e as considerações foram feitas sobre as diferenças.

Os dados de peso de matéria seca voltam a confirmar o cultivar Ronita N com um dos mais sensíveis, apresentando juntamente com o cultivar Angela IAC 3946, as maiores diferenças de peso entre as plantas cultivadas em solo com adubação "mínima" e adubação "padrão".

TABELA: 1 - Altura das plantas ( cm ), em diferentes épocas (dias após a germinação): média de 4 repetições para os tratamentos correspondentes ao cultivo em solo com adubação " mínima " e de 2 repetições para o cultivo em solo com adubação " padrão " e respectivas diferenças ( A/M = adubação mínima; A/P = adubação padrão; Dif: = diferença.

CULTIVARES	15 dias			22 dias			29 dias		
	A/M	A/P	DIF.	A/M	A/P	DIF.	A/M	A/P	DIF.
Santa Cruz Kada	7,42	21,40	13,98	11,76	33,90	22,14	20,82	50,70	29,88
Angela IAC 3046	7,67	21,80	14,13	11,70	31,70	20,00	20,25	47,40	27,15
Vital	6,22	17,30	11,08	9,55	30,10	20,55	18,15	47,90	28,75
Roma VF	5,42	18,90	13,48	8,14	28,40	20,26	15,17	41,30	26,13
Pavebo 220	4,95	17,60	12,65	6,90	25,60	18,70	12,52	38,90	27,28
Ronita N	5,70	22,10	16,40	7,92	32,30	24,38	13,40	46,60	33,20
F			20,94 <sup>**</sup>			11,47 <sup>**</sup>			10,38 <sup>**</sup>
d.m.s. (Tukey 5 %)			1,76			2,68			3,68
C.V.			5,65 %			5,56 %			5,56 %

\*\* Significativo a 1 %.

Por outro lado, neste mesmo parâmetro, o cultivar Santa Cruz Kada mostrou-se nitidamente mais tolerante.

Um aspecto interessante a se destacar é que os cultivares Santa Cruz Kada e Angela IAC 3946 apresentaram a mesma produção de matéria seca quando cultivados no solo com a adubação " mínima " mas diferiram bastante em termos de resposta à adubação " padrão " do solo. A produção de matéria seca do cultivar Santa Cruz Kada foi muito inferior ao do Angela IAC 3946, com adubação " padrão " e este fato contribuiu em grande parte para que, entre os dois, o cultivar Santa Cruz Kada fosse considerado o mais tolerante às condições do solo que recebeu adubação " mínima ".

Em vista desses resultados obtidos e comparando-os com os dados de altura de plantas verifica-se que os maiores contrastes de desenvolvimento das plantas nas condições de solo não corrigido foram apresentados pelos cultivares Santa Cruz Kada e Ronita N entre os seis cultivares pesquisados. Esta relativa tolerância (Santa Cruz Kada) susceptibilidade (Ronita N) não podem ser referidas exclusivamente à acidez do solo porque, nas duas condições de solo, a variável não foi apenas calagem mas também níveis de adubação. A adubação do solo, denominada " mínima ", foi considerada indispensável à sobrevivência das plantas e, as doses dos adubos não puderam ser iguais às da adubação " padrão " porque, provavelmente o fósforo atenuaria em excesso ou até eliminaria os efeitos da acidez do solo. Todavia, é provável que a acidez do solo tenha tido representativa participação no mau desenvolvimento das plantas e que portanto, o contraste verificado de desenvolvimento entre os cultivares seria devido em proporção, à maior ou menor tolerância das plantas à acidez do solo. A extraordinária resposta de todos os cultivares à correção (calagem e nível mais alto de adubação) parece confirmar esta afirmação.

TABELA 2 - Peso ( g ) de matéria seca (parte aérea) de plantas colhidas aos 30 dias após a germinação. Média de 4 repetições para os tratamentos correspondentes ao cultivo com adubação mínima e de 2 repetições para o cultivo com adubação padrão e respectivas diferenças. ( A/M = adubação " mínima " e A/P adubação " padrão " ).

CULTIVARES	PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA AOS 30 DIAS E RESPECTIVAS DIFERENÇAS		
	A/M	A/P	Diferenças
Santa Cruz Kada	0,53	2,50	1,97
Angela IAC 3946	0,55	4,10	3,55
Vital	0,48	3,10	2,62
Roma VF	0,47	2,90	2,43
Pavebo 220	0,37	2,40	2,03
Ronita N	0,31	3,50	3,19
F			102,05 **
CV %			4,75 %
d.m.s. (Tukey 5 %)			0,28

\*\* Significativo a 1 %.

## 4.2 - Segundo Experimento

### 4.2.1 - Aspectos Gerais

As folhas inferiores foram escolhidas para representarem a parte aérea das plantas em vista do maior acúmulo dos nutrientes em estudo, com exceção do fósforo. Pelo confronto dos dados de concentração de nutrientes de folhas inferiores e raízes, pode-se fazer inferências a respeito da translocação dos elementos das raízes às partes aéreas. Todavia os resultados da análise de todas as partes das plan

tas são apresentados no apêndice, para alguma referência ou consulta. Aparecem também no apêndice os valores de F da análise estatística de todos os quadros que, no texto, não apresentam esses valores.

Foram analisados, nos tecidos das plantas, os nutrientes fósforo, cálcio e ferro, além dos elementos variáveis nos tratamentos, alumínio e manganês porque esses elementos são destacados na literatura pela relação com a tolerância de plantas ao alumínio e ao manganês, embora outros elementos também estejam envolvidos.

Aparecem ainda no texto, além dos dados de concentração dos elementos em raízes e folhas das plantas, as tabelas de dados de quantidade total absorvida de cada elemento. Esses dados foram considerados importantes na discussão porque os valores de concentração, como se sabe, são às vezes mascarados pelos efeitos de diluição ou concentração, promovidos pela atuação dos tratamentos no crescimento das plantas. Como cada valor, concentração ou quantidade absorvida, tem suas limitações, o confronto de ambos pode em alguns casos modificar uma interpretação que fosse feita por um dado isolado.

#### 4.2.2 - Altura das plantas e peso da matéria seca

Os dados de altura das plantas são apresentados na Tabela 3 e os pesos de matéria seca, na Tabela 4.

Considerando apenas a altura, já que cada cultivar apresenta características próprias de crescimento, foi estabelecido um tratamento padrão ( 0,5 ppm de Mn e 0,0 ppm de Al ) como referência, pois o confronto direto de altura entre os dois cultivares por tratamento tem pouco interesse.

A altura das plantas foi a primeira característica a refletir os efeitos dos tratamentos pois foram percebidas diferenças logo na primeira semana após o início dos tratamentos.

As doses de alumínio apresentam efeito depressivo para a altura de plantas do cultivar Ronita N sendo que as diferenças significativas foram obtidas apenas para a maior dose do elemento ( 20 ppm ) independentemente dos níveis de manganês. A altura das plantas do cultivar Santa Cruz Kada só foram afetadas pelas doses de alumínio, dentro do maior nível de manganês ( 3,0 ppm ), com efeito, curiosamente benéfico.

Como se sabe, efeito benéfico do alumínio no crescimento de plantas para concentrações de até 13 ppm de alumínio em solução, já foi verificado ( Mc LEAN et al, 1928). Mas o efeito aqui obtido parece ser apenas aparente já que, as plantas de maior altura em decorrência do nível de alumínio, eram também mais delgadas e, como se verá, apresentaram menor peso de matéria seca que o tratamento padrão.

Este aspecto mostra um ponto negativo do parâmetro altura de plantas nesse tipo de estudo, mas, apesar disso esse dado parece ser útil e tem sido usado com relativa frequência por diversos autores.

A análise estatística mostra que os tratamentos com manganês tiveram efeito significativo sobre a altura das plantas e este efeito traduziu-se em aumento de altura correspondendo a aumento no nível de Mn fornecido. Mas, em apenas um caso, para o cultivar Ronita N, o efeito do aumento na dose de Mn foi benéfico. Isto se verificou para o nível 0,0 (zero) de alumínio, quando a dose de Mn foi aumentada de 0,5 para 1,5 ppm em solução. Neste caso, o aumento de altura correspondeu também a um aumento no peso de matéria seca da planta confirmando ser mesmo um efeito benéfico.

Para o cultivar Santa Cruz Kada, tanto dentro do nível de 10 ppm como no de 20 ppm de alumínio em solução, quando se aumentou o teor de Mn de 1,5 para 3,0 ppm na solução nutritiva, a este aumento correspondeu também um acréscimo significativo na altura das plantas. Novamente comparando

TABELA 3 - Dados de altura ( cm ) média das plantas, obtidos aos 40 dias após a germinação. Média de 6 repetições.

N Í V E I S		ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa Cruz Kada
0,5	0,0	61,25	73,08
	10,0	60,00	73,41
	20,0	50,25	75,25
1,5	0,0	66,10	70,25
	10,0	60,60	69,91
	20,0	52,25	69,91
3,0	0,0	64,30	69,25
	10,0	60,25	81,25
	20,0	55,25	75,58
dms (Tukey 5%)		4,82 %	5,61 %
C.V.		5,85 %	5,48 %

esses valores com os de peso de matéria seca constata-se que não houve correspondência, isto é, o aumento da altura da planta não se correlacionou com o aumento de peso. Pelo contrário, dentro do maior nível de alumínio ( 20 ppm ) quando se aumentou o nível de Mn, de 1,5 para 3,0 ppm na solução, ocorreu diminuição no peso das plantas.

Não parece portanto muito improvável que o aumento na altura das plantas em alguns tratamentos traduza um efeito deletério do tratamento.

Considerados isolados, os dados de peso total de matéria seca parecem ser mais consistentes que os de altura de plantas na comparação dos resultados.

Através dos dados de peso de matéria seca pode-se observar um efeito mais acentuado das doses crescentes

TABELA 4 - Peso ( g ) de matéria seca (parte aérea + raízes) de plantas colhidas aos 40 dias após a germinação. Média de 6 repetições.

N Í V E I S		PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa Cruz Kada
0,5	0,0	11,52	12,64
	10,00	9,97	12,12
	20,00	8,49	11,72
1,5	0,0	13,43	10,73
	10,0	11,41	11,05
	20,0	9,31	11,41
3,0	0,0	11,55	11,96
	10,0	9,46	11,43
	20,0	7,55	9,95
d.m.s (Tuckey 5 %)		0,72	1,32
C.V.		4,88 %	8,05 %

tes de alumínio sobre o desenvolvimento das plantas do cultivar Ronita N do que sobre as plantas do cultivar Santa Cruz Kada. O aumento da dose de alumínio foi depressivo ao desenvolvimento das plantas em todos os níveis de Mn para o cultivar Ronita N e apenas nos níveis maiores de Mn e Al para o cultivar Santa Cruz Kada.

Avaliados através do peso de matéria seca das plantas, os efeitos de aumento de doses de manganês, foram os de inicialmente aumentar o desenvolvimento das plantas e depois voltar ao original para o cultivar Ronita N. Para as plantas de Santa Cruz Kada os efeitos foram variáveis em função dos níveis de alumínio, isto é, houve uma interação sig

nificativa entre alumínio e manganês, dificultando a interpretação do efeito do Mn.

Generalizando e, para isso, reunindo os dados de peso de matéria seca e altura das plantas pode-se afirmar que o alumínio nas doses empregadas foi depressivo ao desenvolvimento das plantas de ambos os cultivares com efeito mais acentuado sobre o cultivar Ronita N. O efeito do Mn foi ligeiramente benéfico ao cultivar Ronita N e complexo, em função da interação com níveis de alumínio, para o cultivar Santa Cruz Kada.

O efeito de Mn parece contraditório às informações da literatura que situam o tomateiro como cultura muito sensível ao elemento e que mencionam níveis tais como 2,0 ppm em solução excessivo para a cultura (CANDELA & HEWITT, 1957).

Comparando os dados de peso e altura das plantas entre os dois experimentos verifica-se que houve uma relativa concordância pois o cultivar Ronita N que foi mais sensível ao solo ácido foi também mais afetado pelos níveis de alumínio em solução nutritiva. Por outro lado o cultivar Santa Cruz Kada que em solo corrigido apresentou peso de matéria seca bastante inferior ao cultivar Ronita N já, nas condições normais de solução nutritiva ( 0,5 ppm de Mn e 0,0 ppm de alumínio ) apresentou produção de matéria seca superior. Isto indica que o comportamento dos cultivares não foi totalmente similar nas duas condições.

Pode estar relacionado a este problema o fato de que o cultivar Santa Cruz Kada, nas condições " padrão " apresentou uma relação peso da parte aérea/peso de raiz de 9,02 enquanto que esta relação foi de 4,22 para o cultivar Ronita N. Por outro lado o efeito do alumínio deprimindo o desenvolvimento radicular foi mais acentuado para o cultivar Ronita N. (Vide apêndice)

## 4.2.3 - Fósforo

Os dados de concentração de fósforo nas folhas e nas raízes das plantas são apresentados na Tabela 5, os dados de quantidade total absorvida na Tabela 6 e os dados de concentração do elemento nas diversas partes da planta, na Tabela 7.

TABELA 5 - Teor ( %) de fósforo nas folhas inferiores e nas raízes.

Média de 4 repetições.

N Í V E I S		P nas folhas inferiores		P nas raízes	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa C. Kada	Ronita N	Santa C. Kada
0,5	0,0	0,42	0,35	0,36	0,44
	10,0	0,44	0,34	0,35	0,42
	20,0	0,32	0,29	0,33	0,34
1,5	0,0	0,41	0,34	0,34	0,35
	10,0	0,38	0,35	0,32	0,39
	20,0	0,33	0,31	0,34	0,37
3,0	0,0	0,39	0,29	0,42	0,33
	10,0	0,45	0,35	0,43	0,35
	20,0	0,35	0,30	0,33	0,37
dms (Tukey 5%)		0,04	0,06	0,04	0,04
C.V.		5,76%	9,57%	7,55%	6,66%

A análise estatística permite as seguintes observações sobre os dados da Tabela 5.

### Efeito das doses de alumínio

Cultivar Ronita N - Os aumentos das doses de alumínio fornecidas, deprimiram o teor de fósforo nas folhas e raízes das plantas mas o efeito foi dependente dos níveis de manganês na solução nutritiva (o efeito não foi significativo dentro do maior nível de manganês para as folhas).

Cultivar Santa Cruz Kada - Os aumentos nos níveis de alumínio não afetaram o teor de fósforo nas folhas mas deprimiram o teor do nutriente nas raízes, apenas dentro do nível de 0,5 ppm de manganês na solução.

### Efeito das doses de manganês

Cultivar Ronita N - O aumento de 1,5 para 3,0 ppm de manganês na solução nutritiva provocou decréscimo no teor de fósforo nas folhas das plantas nos tratamentos que não receberam alumínio. Para os tratamentos que receberam 10,0 ppm de alumínio o primeiro incremento de manganês ( 0,5 para 1,5 ppm ) provocou decréscimo no teor de fósforo nas folhas e o segundo incremento ( 1,5 para 3,0 ppm ), um aumento na concentração do nutriente no mesmo órgão. Nas raízes, o incremento de 1,5 para 3,0 ppm de manganês na solução provocou também aumento na concentração de fósforo.

Cultivar Santa Cruz Kada - Os aumentos nos níveis de manganês não alteraram a concentração de fósforo nas folhas. Nas raízes verificou-se um efeito depressivo dos níveis de manganês na concentração de fósforo tanto dentro do nível 0,0 quanto no nível de 10,0 ppm de alumínio.

Considerando os dados de quantidade total de fósforo absorvida pelas plantas ( Tabela 6 ), verifica-se que, no geral, o efeito de níveis de alumínio foi bem característico na depressão da absorção do nutriente pelas plantas de ambos os cultivares. Os dados de quantidade total absorvida de fósforo inclusive acentuam as diferenças observadas com

relação à concentração do nutriente nas partes das plantas. O efeito dos níveis de manganês sobre a absorção de fósforo, em bora sua avaliação fosse afetada pelo efeito dos níveis de alumínio no crescimento das plantas ( interação alumínio X manganês ), pode ser considerado, no total, como um efeito de pressivo.

TABELA 6 - Quantidade total ( mg ) absorvida, de fósforo, por duas plantas. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		QUANTIDADE DE P ABSORVIDA	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa Cruz Kada
0,5	0,0	52	49
	10,0	44	46
	20,0	33	37
1,5	0,0	59	39
	10,0	48	45
	20,0	38	43
3,0	0,0	51	41
	10,0	46	43
	20,0	31	34
dms (Tukey 5%)		3	5
C.V.		5,00%	6,73%

Os efeitos dos tratamentos sobre a absorção de fósforo pelas plantas foi mais acentuado no cultivar Ronita N que no cultivar Santa Cruz Kada. Todavia, mesmo os menores teores de fósforo encontrados nas folhas das plantas ( 0,30 % para o cultivar Santa Cruz Kada e 0,32 % para o cultivar Ronita N ) são valores considerados de médio alto pa

ra a cultura ( BINGHAM, 1966 ). Parece claro que as doses de alumínio e manganês apesar de deprimirem a absorção de fósforo pelos dois cultivares este efeito, isoladamente, não pode ser responsabilizado pelo menor desenvolvimento das plantas.

Confrontando-se os dados de concentração de fósforo nas folhas com a concentração nas raízes, pode-se inferir que o alumínio afetou mais a absorção do fósforo pelas plantas do que a translocação do nutriente das raízes às partes aéreas. A literatura aponta que, quando o alumínio é fornecido à plantas separadamente do fósforo, mesmo com emprego de diferentes técnicas, o alumínio não tem afetado a absorção do nutriente ( CRUZ et alii, 1967; REES & SIDRAK, 1961 ), mas que poderá afetar a translocação do mesmo, das raízes às partes aéreas ( CLARKSON, 1967 ). Neste caso, o alumínio assimilado liga-se fortemente às cargas negativas das paredes celulares possivelmente a grupos carboxílicos livres ou à cadeias de ácidos poligalacturônicos da lamela média da parede celular. Posteriormente as cargas superficiais de óxido de alumínio amorfo adsorve e precipita o fósforo absorvido imobilizando-o na região das paredes celulares, nas raízes.

No presente experimento as doses de alumínio deprimiram o teor de fósforo tanto na parte aérea quanto nas raízes das plantas. Isto ocorreu apesar de se ter fornecido as soluções alternadamente, procurando-se minimizar os efeitos do alumínio sobre o fósforo, no meio e no fenômeno de absorção. Desta forma, como o efeito do alumínio na absorção do fósforo, predominou sobre o efeito na translocação, pode-se inferir que o cultivar Santa Cruz Kada foi mais efetivo na utilização do fósforo do meio, na presença de alumínio, que o cultivar Ronita N e este é um fator comumente apontado como indicativo de maior tolerância ao alumínio ( BROWN et alii, 1972 ).

Considerando que as quantidades de fósforo absorvidas no tratamento padrão (  $Mn_1 Al_0$  ) representam as

exigências dos cultivares, observa-se que, quando se aumentou a dose de alumínio, de 0,0 para 20 ppm, dentro do nível de 0,5 ppm de manganês ( $Mn_1$ ), o cultivar Santa Cruz Kada absorveu 75,7 % de sua exigência em fósforo ao passo que o cultivar Ronita N absorveu apenas 63,4 %.

Além disso, os dados da Tabela 7, indicam que o cultivar Ronita N é mais exigente que o cultivar Santa Cruz Kada, com relação ao fósforo.

FOY et alii (1973), constataram que entre cultivares de tomateiro, os mais tolerantes à acidez do solo são no geral os menos exigentes em nutrientes, inclusive fósforo.

TABELA 7 - Concentração (%) de P nas diferentes partes das plantas, cultivadas nas condições "padrão" de solução nutritiva ( $Mn_1 Al_0$ ). Média de 4 repetições.

CULTIVAR	CONCENTRAÇÃO DE P NA MATÉRIA SECA			
	folhas superiores	folhas inferiores	hastes	raízes
RONITA N	0,51	0,42	0,47	0,36
SANTA CRUZ KADA	0,44	0,35	0,39	0,44

F. (entre cultivares) = 25,00 \*\*

C.V. = 4,74 %

\*\* = significativo a 1 %

## 4.2.4 - Cálcio

Os dados de concentração de cálcio nas folhas inferiores e nas raízes das plantas são apresentadas na Tabela 8, os dados de quantidade total absorvida, na Tabela 9 e os de concentração do elemento nas diversas partes da planta, na Tabela 10.

TABELA 8 - Teor ( % ) de cálcio nas folhas inferiores e nas raízes. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		Ca nas folhas inferiores			Ca nas raízes		
Mn(ppm)	Al(ppm)	Ronita N	Santa C.	Kada	Ronita N	Santa C.	Kada
	0,0	3,77	2,86		0,67	0,61	
0,5	10,0	3,24	2,78		0,47	0,57	
	20,0	3,10	2,90		0,48	0,53	
	0,0	4,05	3,08		0,63	0,61	
1,5	10,0	3,97	3,08		0,59	0,57	
	20,0	3,70	3,17		0,57	0,63	
	0,0	3,68	2,77		0,64	0,61	
3,0	10,0	3,64	2,77		0,59	0,68	
	20,0	3,52	3,40		0,52	0,55	
dms (Tukey 5%)		0,30	0,29		0,09	0,09	
C.V.		4,65%	5,50%		9,46%	8,96%	

A análise estatística permite as seguintes observações sobre os dados da Tabela 8.

### Efeito das doses de alumínio

Cultivar Ronita N - Os acréscimos nas doses de alumínio provocou diminuição no teor de cálcio, nas folhas e nas raízes das plantas dentro do nível de 0,5 ppm de manganês na solução nutritiva. Dentro do nível 1,5 ppm de manganês o efeito foi observado apenas nas folhas e para o nível 3,0 ppm do micronutriente ocorreu o inverso do anterior, isto é, o efeito foi verificado apenas nas raízes.

Cultivar Santa Cruz Kada - Os acréscimos nas doses de alumínio não alteraram a concentração de cálcio nas folhas e nas raízes das plantas dentro dos níveis de 0,5 e 1,5 ppm de manganês na solução nutritiva. Mas, a maior dose de alumínio, dentro do nível de 3,0 ppm de manganês provocou acréscimo no teor de cálcio nas folhas e diminuição de concentração nas raízes.

### Efeito das doses de manganês

Cultivar Ronita N - Nos níveis de 10,0 e 20,0 ppm de alumínio com o incremento nas doses de manganês houve tendência a aumentar a concentração de cálcio nas folhas e nas raízes das plantas.

Cultivar Santa Cruz Kada - Dentro do nível de 10,0 ppm de alumínio, o primeiro incremento na dose de manganês provocou aumento no teor de cálcio e o segundo incremento, uma diminuição no teor do nutriente, nas folhas. Nas raízes o efeito geral do aumento das doses de manganês não foi significativo (  $F = 1,69$  ).

Os dados de quantidade total absorvida de cálcio (Tabela 9) evidenciam que no geral, o efeito das doses de alumínio foi o de provocar diminuição na absorção de cálcio. Desta forma os aumentos verificados de concentração de cálcio em alguns casos, associados ao aumento de alumínio na solução, parece ser devido a um efeito depressivo do alumínio no crescimento das plantas (efeito de concentração).

Com relação ao efeito de doses de manganês no aumento de absorção de cálcio ( dados de quantidade total absorvida ) este foi verificado apenas para o cultivar Ronita N, e pode estar relacionado com o efeito benéfico do nível 1,5 ppm de Mn no crescimento deste cultivar. Embora a literatura apresente controvérsias, o aumento no teor de cálcio nos tecidos de plantas, provocado pelo aumento de doses de manganês fornecidas tem sido verificado ( MORRIS & PIERRE, 1949; RESS & SIDRAK, 1961 ).

TABELA 9 - Quantidade ( g ) total de Ca absorvida, por duas plantas. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		QUANTIDADE DE CÁLCIO ABSORVIDA	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa Cruz Kada
0,5	0,0	226	178
	10,0	170	170
	20,0	143	165
1,5	0,0	272	164
	10,0	219	167
	20,0	165	177
3,0	0,0	210	161
	10,0	175	164
	20,0	132	152
dms (Tukey 5%)		17	25
C.V.		5,25%	8,46%

É comumente aceito que o alumínio deprime a absorção de cálcio pelas plantas. LEE (1971) admite que o alumínio compete com o cálcio pelos sitios ativos de absorção das raízes.

zes. Entretanto alguns autores evidenciam que é, às vezes, impossível correlacionar aumento de níveis de alumínio em solução nutritiva com diminuição do teor de cálcio nas diversas partes das plantas ( CRUZ et alii, 1976 e FOY et alii, 1973 ).

Mais controvertido que o efeito do alumínio na absorção de cálcio, é o efeito daquele elemento na translocação do nutriente, das raízes às partes aéreas ( FOY, 1974 ).

CLARKSON (1970), citado por FOY (1974) verificou que o alumínio tende a reduzir a ligação do cálcio com as cargas negativas que ocorrem nos espaços livres aparentes das raízes das plantas, bloqueando, neutralizando ou revertendo essas cargas. Este efeito, que como já se verificou, auxilia a absorção de ânions pelas plantas, provavelmente poderá mascarar possíveis efeitos depressivos do íon alumínio na translocação do cálcio. MUNNS (1965), apesar disto, verificou diminuição na translocação do cálcio das raízes às partes aéreas de leguminosas resultante da ação do alumínio.

No presente experimento, confrontando os dados de concentração de cálcio nas raízes e nas folhas pode-se admitir que o alumínio deprimiu a absorção de cálcio, mas não há indicações que houvesse afetado a translocação, das raízes às partes aéreas.

Os dados da Tabela 10, demonstram ainda que o cultivar Ronita N é mais exigente que o cultivar Santa Cruz Kadá, em cálcio. Este aspecto tem sido mencionado na literatura, como indicativo de maior sensibilidade à acidez do solo ( CHAPMAN, 1966 ) e a níveis de alumínio em solução nutritiva ( FOY et alii, 1973 ).

TABELA 10 - Concentração de cálcio nas diversas partes da planta.  
Média de 4 repetições.

CULTIVARES	CONCENTRAÇÃO ( % ) DE CÁLCIO NA MATÉRIA SECA			
	folhas superiores	folhas inferiores	hastes	raízes
RONITA N	1,46	3,77	1,36	0,67
SANTA CRUZ KADA	1,12	2,86	0,82	0,61

F (entre cultivares) = 1,180,17 \*\*

C.V. = 3,78 %

\*\* Significativo a 1 %.

#### 4.2.5 - Ferro

Os dados sobre a concentração de ferro nas folhas inferiores e nas raízes das plantas, são apresentados nas Tabelas 11 e 12.

A análise estatística mostrou efeitos significativos dos tratamentos com alumínio e manganês sobre a concentração de ferro na parte aérea e nas raízes das plantas do cultivar Ronita N bem como sobre a quantidade total absorvida do elemento. Para o cultivar Santa Cruz Kada os efeitos também foram significativos para concentração de ferro na parte aérea mas, nas raízes apenas o efeito de doses de alumínio foi significativo, não havendo significância para os efeitos do manganês e também para a interação Al x Mn. Em relação à quantidade total absorvida do elemento, o efeito não foi significativo igualmente.

TABELA 11 - Teor ( ppm ) de Ferro nas folhas inferiores e nas raízes. Média de 4 repetições.

N í v e i s		Fe nas folhas inferiores		Fe nas raízes	
Mn (ppm)	Al (ppm)	RONITA N	S.Cruz Kada	RONITA N	S.Cruz Kada
0,5	0,0	401	354	698	849
	10,0	497	393	869	793
	20,0	658	486	641	794
1,5	0,0	475	655	780	909
	10,0	616	357	712	903
	20,0	422	476	822	846
3,0	0,0	561	388	696	975
	10,0	745	475	720	832
	20,0	881	542	711	669
dms (Tukey 5%)		152	123	184	208
C.V.		14,8 %	15,3%	14,2%	14,1%

A tendência mais geral foi de que tanto o aumento nos níveis de alumínio quanto de manganês em solução nutritiva promovesse um aumento na concentração de ferro nas folhas e também nas raízes das plantas de ambos os cultivares. Todavia, em algumas combinações de tratamentos ocorreu o inverso. Por exemplo, o aumento de doses de alumínio promoveu decréscimo no teor de ferro nas folhas do cultivar Santa Cruz Kada, dentro do nível de Mn de 1,5 ppm. Também quando se aumentou o nível de Mn de 1,5 para 3,0 ppm nos tratamentos com nível zero de alumínio ocorreu ainda decréscimo no teor de ferro nas folhas do cultivar Santa

Cruz Kada,

Por outro lado, quando se examina os dados de quantidade total absorvida de ferro pelas plantas verifica-se um efeito no geral diverso daqueles dados de concentração, em relação aos níveis de alumínio. Por esses dados, o aumento de alumínio provocou diminuição na absorção de ferro.

Ora, se o aumento nas doses de alumínio em solução teve como reflexo um aumento na concentração de ferro nas folhas e por outro lado uma diminuição na quantidade total absorvida do elemento pode-se inferir que essas variações são devidas mais ao efeito do alumínio no crescimento das plantas, que a possíveis interações entre alumínio e ferro no fenômeno da absorção iônica radicular. Os dados de quantidade do elemento absorvido pelo cultivar Santa Cruz Kada em que as doses de alumínio não afetaram o desenvolvimento das plantas mostra um efeito não significativo de doses de alumínio reafirmando a hipótese anteriormente levantada.

Outro aspecto interessante verificado foi a tendência do aumento no nível de manganês de provocar aumento na absorção de ferro o que pode ser constatado tanto nos dados de concentração do elemento nas folhas quanto nos de quantidade total absorvida. Esses dados à primeira vista parecem contraditórios ao conceito de que a toxidez de Mn traduz-se em muitos casos numa indução de deficiência de ferro. A indução de deficiência de ferro pelo manganês parece ser devida à inativação de parte do ferro metabólico enquanto que, no presente caso, foi analisado o teor o ferro total. Por outro lado, o efeito do manganês de aumentar o teor de ferro total das plantas já tem sido verificado (RIEKELS & LINGLE, 1966).

Outros aspectos podem explicar também a razão do manganês não induzir deficiência de ferro, em alguns casos. Assim é que ZHIZNEVSKAYA (1973), afirma que a inter

TABELA 12 - Quantidade ( mg ) total de Fe absorvida por duas plantas. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		QUANTIDADE DE FERRO ABSORVIDA	
Mn (ppm)	Al (ppm)	RONITA N	SANTA CRUZ KADA
0,5	0,0	4.545	3.817
	10,0	4.316	3.749
	20,0	3.923	3.803
1,5	0,0	6.017	4.243
	10,0	5.424	3.442
	20,0	3.752	4.187
3,0	0,0	5.257	4.241
	10,0	5.154	4.216
	20,0	4.445	3.494
dms (Tuckey 5 %)		795	836
C.V.		9,5 %	12,2 %

ferência do manganês na absorção de ferro ocorre a nível celular. Provavelmente ambos sejam absorvidos por um mecanismo comum que parece ter maior afinidade pelo ferro do que pelo manganês.

Muitos agentes quelantes aumentam a disponibilidade do ferro e outros íons ( metais ) evitando a precipitação no meio bem como na planta. Em muitos casos verifica-se que toda a molécula complexa parece ser deslocada para a parte aérea. ( BARTLETT & RIEGO, 1972 ).

## 4,2.6 - Manganês

Os dados de concentração de Mn na parte aérea e raízes das plantas e os dados de quantidade total absorvida do elemento, são apresentados nas Tabelas 13 e 14.

TABELA 13 - Teor ( ppm ) de Mn nas folhas inferiores e nas raízes. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		Mn nas folhas inferiores		Mn nas raízes	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa C. Kada	Ronita N	Santa C. Kada
0,5	0,0	32	24	87	105
	10,0	26	27	99	79
	20,0	27	40	82	149
1,5	0,0	64	57	89	199
	10,0	67	40	96	114
	20,0	63	42	120	206
3,0	0,0	92	43	164	195
	10,0	80	61	247	188
	20,0	99	82	142	178
dms (Tukey 5%)		20	15	32	42
C.V.		18,5%	18,7%	14,8%	15,2%

A análise estatística mostrou que as doses de alumínio não influenciaram na concentração de manganês na parte aérea das plantas do cultivar Ronita N, mas teve efeito significativo na concentração do elemento nas raízes. Com relação ao cultivar Santa Cruz Kada, o efeito das doses de

alumínio foi significativo nas concentrações de manganês tanto na parte aérea quanto nas raízes.

Em termos de concentração de nutrientes, o efeito do alumínio sobre a absorção de manganês não foi bem definido porque ora provocou aumento, ora diminuição, em função também das doses de manganês. Entretanto quando se considera os dados de quantidade absorvida do elemento, verifica-se que os aumentos nos níveis de alumínio provocaram diminuição na absorção de manganês, dentro de todos os níveis do nutriente para o cultivar Ronita N e em pelo menos um caso ( nos tratamentos com 1,5 ppm de Mn ) para o cultivar Santa Cruz Kada.

TABELA 14 - Quantidade ( mg ) total de Mn absorvida por duas plantas. Média de 4 repetições.

N Í V E I S		QUANTIDADE DE Mn ABSORVIDA	
Mn (ppm)	Al (ppm)	RONITA N	SANTA CRUZ KADA
0,5	0,0	455	360
	10,0	343	308
	20,0	234	393
1,5	0,0	731	530
	10,0	661	384
	20,0	541	534
3,0	0,0	878	667
	10,0	875	615
	20,0	656	630
dms (Tuckey 5 %)		94	98
C.V.		8,9 %	11,4 %

Desta forma, generalizando, pode-se afirmar que houve tendência de que o aumento nas doses de alumínio provocasse diminuição na absorção de manganês mas esse efeito não foi muito marcante e parece ter sido afetado, inclusive, pelo efeito do alumínio no crescimento das plantas.

Os aumentos nos níveis de manganês na solução, como se poderia esperar, provocou um aumento quase que linear na concentração do elemento nos tecidos das plantas dos dois cultivares e também em termos de quantidade total absorvida. Mas, como foi visto na literatura revisada, os níveis de manganês na parte aérea das plantas, de 20 a 200 ppm são tidos como normais e os níveis de até 500 ppm podem não ser excessivos. Como o maior nível de manganês fornecido em solução ( 3,0 ppm ) proporcionou uma concentração máxima do elemento das plantas, de 99 ppm, conclui-se que, no sistema empregado, as plantas tiveram suprimento adequado de manganês, distante de ser excessivo.

O sistema de fornecimento de solução nutritiva, alternadamente com soluções de alumínio ou com água destilada parece não ser suficiente para explicar os teores de manganês, relativamente baixos, nos tecidos das plantas porque os demais nutrientes foram fornecidos da mesma forma e atingiram níveis bastantes altos como por exemplo o fósforo e o cálcio. Desta forma, deduz-se que, essas plantas absorvem pouco manganês e que o suprimento de até 3,0 ppm é insuficiente para induzir toxidez o que, em parte difere das informações da literatura ( CANDELA & HEWITT, 1957; KIRSCH et alii, 1960 ).

#### 4.2.7 - Alumínio

Os dados de teores de alumínio nas raízes e nas folhas das plantas são apresentadas na Tabela 15.

A análise de alumínio foi feita no extrato obtido pela incineração de 2,000 g de matéria seca vegetal

TABELA 15 - Teor ( ppm ) de alumínio nas folhas inferiores e nas raízes. Média de 2 repetições.

N Í V E I S		Al nas folhas inferiores			Mn nas raízes	
Mn (ppm)	Al (ppm)	Ronita N	Santa C. Kada	Ronita N	Santa C. Kada	
0,5	10,0	39	30	108	58	
	20,0	61	44	187	145	
1,5	10,0	77	38	62	68	
	20,0	105	46	111	109	
3,0	10,0	89	32	97	59	
	20,0	118	59	140	85	

Para isso, foi necessária a reunião das repetições 3 a 3, ao acaso das diversas partes da planta para obtenção da quantidade de matéria seca necessária à análise. Desta forma, a análise estatística não foi efetuada para os dados de teores de alumínio nas folhas e nas raízes.

Embora sem apoio estatístico, os dados mostram que o cultivar Ronita N absorveu mais alumínio como já havia absorvido também maior quantidade dos nutrientes em estudo, que o cultivar Santa Cruz Kada.

Aparentemente, o aumento nas doses de manganês tenderam a aumentar os níveis de alumínio na parte aérea e ao mesmo tempo diminuir os níveis do elemento, nas raízes. Em outras palavras, com o aumento do nível de manganês em solução parece ter havido uma tendência de maior transferência do alumínio, das raízes às partes aéreas das plantas de ambos os cultivares.

Os teores de alumínio nas raízes das plantas

foram superiores aos teores das folhas. Embora os teores obtidos de alumínio nas folhas sejam comparáveis ao obtido por outros autores ( FOY et alii, 1973 ) os teores encontrados nas raízes foram muitas vezes inferiores aos citados pelos referidos autores. Diversas hipóteses podem ser levantadas para explicar esta discrepância mas o método de fornecimento alternado de alumínio e fósforo e a lavagem intensa a que foram submetidas as raízes para separá-las do quartzo móido aderente parecem ser importantes.

Como explicam aqueles autores, os níveis de alumínio na parte aérea do tomateiro, que encontraram (entre 41 e 127 ppm ) não podem ser considerados altos e é duvidoso que esses níveis, por si sô, sejam causas de depressão no crescimento das plantas.

A coerência entre os dois experimentos mostra que no solo utilizado, com níveis altos de manganês e alumínio , a causa predominante do mau desenvolvimento das plantas foi o nível alto de alumínio. Confirma-se assim as considerações de JUSTE (1970) de que, quando associados, o alumínio deprimindo a absorção de manganês prevalece como elemento tóxico.

#### 4.3 - Considerações Gerais

Uma análise conjunta dos resultados do segundo experimento e uma relação entre os dois experimentos parece necessária não sô para possibilitar as conclusões, reunindo a série de informações obtidas, bem como para entender alguns aspectos que limitam conclusões mais amplas sobre o problema estudado.

Inicialmente, houve coerência entre os dois experimentos, no sentido de que tanto o cultivar mais sensível à acidez do solo quanto o mais tolerante apresentaram essas mesmas características com relação aos níveis de alumí

nio em solução nutritiva. Aconteceram, todavia, algumas discrepâncias. O desenvolvimento do cultivar Santa Cruz Kada, por exemplo, nas condições " padrões " de solo e solução nutritiva foi diferente em cada experimento. Isto talvez possa indicar que além das condições de acidez indicadas ( níveis de alumínio e manganês ) alguma outra característica química ou física do solo terá afetado o desenvolvimento das plantas, atuando diferentemente entre os cultivares.

As plantas do cultivar Ronita N apresentaram germinação mais rápida ( 4 dias de diferença ) que as do cultivar Santa Cruz Kada, em solução nutritiva onde a irrigação talvez tenha sido um pouco deficiente no início, em vista da drenagem estabelecida nos vasos. Essa diferença de germinação não foi verificada no solo onde o suprimento de água foi mantido próximo à capacidade de campo. Parece, portanto, ser uma qualidade inerente do cultivar Ronita N a capacidade de germinar mais rapidamente que o cultivar Santa Cruz Kada em condição de ligeira deficiência de água. Melhores informações a esse respeito deverão ser buscadas em novos experimentos. Outro aspecto, ligado ao problema, diz respeito ao desenvolvimento do sistema radicular. Proporcionalmente à parte aérea, nos tratamentos " padrões ", verificou-se que o desenvolvimento radicular do cultivar Ronita N é maior que o do Santa Cruz Kada. Ora, já se sabe ( VOSE & RANDALL, 1972 ) que a rapidez de implantação das culturas ( germinação e o crescimento inicial ), é um fator que tem mascarado resultados de experimentos sobre tolerância à acidez, conduzidos em solo.

Esses problemas devem ser devidamente considerados na interrelação dos dois experimentos, bem como, na tentativa natural de se estabelecer um paralelo entre os resultados de tolerância das plantas a níveis de alumínio e manganês em solução nutritiva com os resultados do cultivo dessas plantas em solo ácido.

Os dados do experimento conduzido em solução

nutritiva mostraram que o cultivar Ronita N foi mais exigente em fósforo e cálcio além de absorver maiores quantidades de alumínio que as plantas do cultivar Santa Cruz Kada.

Com relação ao manganês as plantas tiveram comportamentos que podem ser considerados similares salientando-se que os níveis mais altos do elemento, fornecidos em solução nutritiva, não foram prejudiciais ao crescimento das plantas, como seria desejável. Todavia, houve interação alumínio-manganês afetando a avaliação do efeito dos tratamentos em quase todos os parâmetros considerados.

Com base nas respostas das plantas à correção do solo (calagem e nível mais alto de adubação) no primeiro experimento, verificou-se que o grau de tolerância ao alumínio, do cultivar Santa Cruz Kada, apesar de ser maior que o do Ronita N. é contudo, relativamente baixo. É válido portanto, esperar-se, ainda, boas respostas dessas plantas à calagem, nos cultivos em solos ácidos. É bastante provável também que, para as mesmas condições de solo, o cultivar Ronita N exija maior quantidade de corretivo que o cultivar Santa Cruz Kada para atingir seu potencial de produção.

## 5 - CONCLUSÕES

1 - Entre seis cultivares de tomateiro que representam plantas dos grupos de crescimento determinado e indeterminado, os cultivares Santa Cruz Kada e Ronita N apresentaram maior contraste de desenvolvimento em solo ácido.

2 - O cultivo desses dois cultivares, em solução nutritiva, com níveis crescentes de alumínio e manganês demonstra ser o cultivar Santa Cruz Kada mais tolerante ao alumínio que o cultivar Ronita N.

3 - A maior sensibilidade do cultivar Ronita N ao alumínio é associada em parte à maior exigência em fósforo e cálcio pelo cultivar.

4 - O efeito depressivo do alumínio na absorção de fósforo e cálcio é mais pronunciado no cultivar Ronita N em relação ao cultivar Santa Cruz Kada.

5 - O cultivar Santa Cruz Kada apresenta maior capacidade de utilização do fósforo em presença de alumínio que o cultivar Ronita N.

6 - O nível de 3,0 ppm de manganês na solução nutritiva é insuficiente para induzir toxidez aos cultivares.

7 - No solo ácido, com níveis elevados de alumínio e manganês prevaleceram os efeitos tóxicos do alumínio sobre o desenvolvimento de cultivares de tomateiro.

8 - A tolerância do cultivar Santa Cruz Kada ao alumínio, embora maior que a do cultivar Ronita N, apresenta-se em grau considerado baixo.

Tolerância de cultivares de tomateiro  
(*Lycopersicon esculentum* Mill ) ao alumínio e ao manganês

6 - RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos, em condições de casa de vegetação com o objetivo de caracterizar, diferenças entre cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill ) com relação à tolerância ao alumínio e ao manganês.

No primeiro experimento foram cultivados em Latossol Roxo ( solo ácido, com níveis elevados de alumínio e manganês ), seis cultivares de tomateiro: " Santa Cruz Kada " - Angela IAC 3946 " - " Vital " - " Roma VF " - "Pavebo 220 " e " Ronita N " , os três primeiros de crescimento indeterminado e os restantes de crescimento determinado.

No segundo experimento, os cultivares Santa Cruz Kada e Ronita N que apresentaram um contraste de desenvolvimento no solo ácido, foram cultivados em solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON, modificada para níveis de manganês ( 0,5; 1,5 e 3,0 ppm ) e com adição de níveis de alumínio ( 0,0; 10,0 e 20,0 ppm ).

Os resultados obtidos permitiram indicar o cultivar Santa Cruz Kada como mais tolerante ao alumínio que o cultivar Ronita N. A maior sensibilidade ao alumínio do cultivar Ronita N foi associada com uma maior exigência em cálcio e fósforo, com uma maior absorção de alumínio e também com efeito depressivo do alumínio na absorção dos nutrientes mencionados, em relação ao cultivar Santa Cruz Kada.

A tolerância do cultivar Santa Cruz Kada ao alumínio apesar de ser maior que a do Ronita N pode ser considerada de grau relativamente baixo, podendo-se esperar ainda, boas respostas dessas plantas à calagem nos cultivos em solos ácidos.

O comportamento dos cultivares frente aos níveis de manganês em solução nutritiva foi semelhante, não sendo observado qualquer efeito prejudicial do elemento, nos níveis empregados.

Tolerance to aluminum and manganese of tomato  
( *Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars.

7 - SUMMARY

Two experiments were conducted, under green house conditions, to investigate the tolerance of tomato cultivars to aluminum and manganese.

In the first experiment, six tomato cultivars: " Santa Cruz Kada " - " Angela IAC 3946 " - " Vital " " Roma VF " - " Pavebo 220 " e " Ronita N ", were cultivated in acid soil named " Latossol Roxo " wich contains high levels of aluminum and manganese.

In the second experiment, the cultivars Santa Cruz Kada and Ronita N which showed differences in tolerance to the acid soil were cultivated in a modified HOA GLAND & ARNON nutrient solution with manganese levels of 0,0 ; 10,0 and 20,0 ppm.

The results obtained allowed to indicate cv. Santa Cruz Kada as more tolerante to aluminum than cv. Ronita N. The sensibility of this cultivar to aluminum is as sociated with a higher requirement in calcium and phosphou

rus, with a higher absorption of aluminum and with the effects of aluminum on the absorption of those nutrients.

The tolerance of Santa Cruz Kada to aluminum, even being higher than Ronita N, it can be considered of low degree, indicating that good responses to liming in acid soil can be obtained with these cultivars.

For the two cultivars studied in nutrient solution, no detrimental effects of manganese levels were observed.

## 8 - LITERATURA CITADA

- AHMED, M.B. & TWYMAN, E.S. The relative toxicity of manganese and cobalt to the tomato plant. J. Exper.Bot. 4:164-172, 1953.
- BARTLETT, R.J. & RIEGO, D.S. Effect of chelation on the toxicity of aluminum. Plant and Soil, 37:419-423: 1972.
- BEAUCHAMP, E.G. & ROSSI, N. Effects of Mn and Fe supply on the growth of barley in nutrient solution. Can. J. Plant Sci., 52:575-581, 1972.
- BINGHAM, F.T. Phosphorus. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. California, University, Division of Agricultural Sciences, 1966. p. 324-361.
- BROWN, J.C.; AMBLER, J.E.; CHANEY, R.L.; FOY, C.D. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In: MORTVEDT, J.J. Micronutrientes in Agricul

ture. Madison, Soil Science Society of Am., 1972. p. 403-406.

CAMARGO, L.S.; CAMPOS, H.E.; ABRAMIDES, E. Influência da calagem em solo ácido da formação glacial na produção do tomateiro. Bragantia, 24:51-54, 1965.

CANDELA, M.I. & HEWITT, J.E. Molybdenum as a plant nutrient. IX. The effects of different molybdenum and manganese supplies on yield and on the uptake and distribution of molybdenum in tomato plants grown in sand culture. J. Hort Sci., 32:149-161, 1957.

CHAPMAN, H.D. Calcium. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. California, University. Division of Agricultural Sciences, 1966. p. 65-92.

CHURATA-MASCA, M.G.C. Produção de tomate para industrialização através do sistema rasteiro. Jaboticabal, FMVAJ. 1974, 49 p. (Curso de extensão).

CHURATA-MASCA, M.G.C. Recomendações práticas para a produção do tomate para fins industriais. Jaboticabal, FMVAJ, 1975. 39 p. (Curso ministrado).

CLARKSON, D.T. Metabolic aspects of aluminum toxicity and some possible mechanism for resistance. RORISON, I. Ecological aspects of Mineral Nutrition of Plants. Oxford, Blackwell, 1969.

CRUZ, A.D.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; MALAVOLTA, E. Interação entre alumínio e fósforo em duas variedades de trigo (*Triticum vulgare* L.) cultivado em solução nutritiva. Anais da ESALQ, 24:119-129, 1967a.

CRUZ, A.D.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; MALAVOLTA, E. Efeitos do alumínio no trigo (*Triticum vulgare* L. var.

Piratini) cultivado na solução nutritiva. Anais da ESALQ, 24:107-117, 1976.

FILGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo, Ceres, 1972. 451 p.

FRANCO, A.A. & DOBEREINER, J. Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja-Rhizobium. Pesq. Agrop. bras., 6:57-66, 1971.

FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils. I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Sci. Am. Proc., 24:403-407, 1963.

FOY, C.D. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils II Differential aluminum tolerance of plants species. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 28:27-31, 1964.

FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.R.; ARMIRGER, W. H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 31:513-521, 1967.

FOY, C.D. & ARMIRGER, W.H. Aluminum tolerance of soy bean varieties in relation to calcium nutrition. Agron. J., 61:505-511, 1969a.

FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; ARMIRGER, W.H. Differential tolerance of cotton varieties to excess manganese. Agron. J., 61:690-694, 1969b.

FOY, C.D.; GERLOFF, G.C.; GABELMEN, W.H. Differential effects of aluminum on the vegetative growth of tomato cultivars in acid soil and nutrient solution. J. Am. Soc. Hort. Sci., 98:427-432, 1973.

- FOY, C.D. Aluminum toxicity in soils. In: CARSON, G. W. Plant Root and its Environment. Virginia, University, Sta. Charlottesville, 1974. p.601-642.
- FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciência e Cultura, 28:150-155, 1976.
- HORTENSTINE, C.C.; FISHELL, J.G.S. Effects of aluminum on sunflower growth and uptake of boron and calcium from nutrient solution. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., 25:304-306, 1961.
- JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. In: OMEGA, S.A. Barcelona, 1964, 662 p.
- JACKSON, W.A. Physiological effects of soil acidity. PEARSON, R.W. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p. 43-124.
- JOHNSON, R.E. & JACKSON, W.A. Calcium uptake and transport by wheat seedlings as affected by aluminum. Soil. Sci. Am. Proc., 28:381-386, 1964.
- JONES, JR. J.B. Plant tissue analysis for micronutrients. In: MORTEVEDT, J.J. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil, Sci. Soc. Am. Inc., 1972. p. 319-346.
- JONES, L.H. Aluminum uptake and toxicity in plants. Plant and Soil, 13:297-310, 1961.
- JUSTE, C. Actions toxiques des oligo-éléments. Ann. agron., 21:549-571, 1970.
- KAYAMA, M. Efeito de diversos tipos de calcário e sua compatibilidade com borax e gesso na produção do tomateiro. Minas Gerais, Universidade Rural, 1968. 59 p. (Tese para obtenção do grau de mestre).

- KIRSCH, R.K.; HARWARD, M.E.; PETERSEN, R.S. Interrelationships among iron, manganese and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution. Plant and Soil, 12:259-275, 1960.
- LABANAUSKAS, C.K. Manganese. In:CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. California, University, Division of Agricultural Sciences, 1966. p. 264-285.
- LAROCHE, F.A. Efeitos da calagem sobre o complexo de troca de um latossolo tropical e os teores de cations absorvidos pelo tomate. Local de publicação, IICA da OEA, 1967. 80 p. ( Tese para obtenção do título de mestre ).
- LEE, C.R. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. Agron. J., 63: 604-608, 1971.
- LINDSAY, W.L. & NORWELL, W.A. Development of a DTPA micronutrient soil test. Agron. Abst., 18:84, 1969.
- LUCAS, R.E. & WITTWER, S.H. Soil and plant tissue nutrient levels as indices of fertilizer requirement for the production of green house tomatoes. Quart. B., 45:595-607, 1963.
- MERCADO, B.T. & VELASCO, J.R. Effect of aluminum on the growth of coconut and other plants. Phillipp. Agr. , 45:268-274, 1963.
- McLEAN, F.T. & GILBERT, B.E. Aluminum toxicity. Plant Physiol., 3:293-303, 1928.
- MOLLENHAUER, R. & SMITH, C.B. Tomato plant absorption and translocation of Mn and Zn from dithiocarbonate fungicide sprays. Proc. Amerc. Soc. Hort. Sci., 63: 297-303, 1954.

- MORRIS, H.D. & PIERRE, W.H. Minimum concentrations of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. Agron. J., 41:107-112, 1949.
- MULDER, E.G. & GERRETSEN, F.C. Soil manganese in relation to plant growth. Adv. Agron., 4:221-277, 1952.
- MUNNS, D.N. Soil acidity and growth of a legume. II. Reactions of aluminum and phosphate in solution and effects of aluminum, phosphate, calcium and pH on *Medicago sativa* L. and *Trifolium subterraneum* L., in solution culture. Australian J. Agric. Res., 16:743-755, 1965.
- OUELLETTE, G.J. & DESSUREAUX, L. Chemical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminum. Can. J. Plant Sci., 38:206-214, 1958.
- PARKER, M.B.; HARRIS, H.B.; MORRIS, H.D.; PERKINS, H.F. Manganese toxicity of soybeans as related to soil and fertility treatments. Agron. J., 61:515-511, 1969.
- PRATT, P.F. Aluminum. In: CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. California, University, Division of Agricultural Sciences, 1966. p. 3-12.
- REES, W.J. & SIDRAK, G.H. Interrelationships of aluminum and manganese toxicities toward plants. Plant and Soil, 14:101-117, 1961.
- REID, D.A.; FLEMING, A.L.; FOY, C:D. A method for determining aluminum responses of barley in nutrient solution in comparison to response to Al toxic soil. Agron. J., 63:600-603, 1971.

- RIEKELS, J.W. & LINGLE, J.C. Iron uptake and translocation by tomato plants as influenced by root temperature and manganese nutrition. Plant Physiol., 41: 1095-1101, 1966.
- RYDING, W.W. Effect of aluminum and manganese on flue-cured tobacco seedlings. Rhod. J. agric. Res., 11: 41-49, 1973.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Livroceres, 1974, 47 p.
- SCHMEHL, W.R.; PEECH, M. & BRADFIELD, R. Causes of poor growth of plants on acid soils and beneficial effects of liming. Evaluation of factors responsible for acid soil injury. Soil Sci., 70:393-410, 1950.
- SILVA, A.R. Melhoramento genético para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisa. Ciência e Cultura, 28:147-149, 1976.
- SOILEAU, J.M.; ENGELSTAD, O.P.; MARTIN, J.R. Cotton growth in an acid fragipan subsoil. II. Effects of soluble calcium, magnesium and aluminum on roots and tops. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33:919-924, 1969.
- VOSE, P.B. & RANDALL, P.J. Resistance to aluminum and manganese toxicities in plants related to variety and cation-exchange capacity. Nature, 196:85-86, 1962.
- WILCOX, G.E. & CANTLIFFE, D.J. Plant response to manganese source, rate and method of application. J. Am. Soc. Hort. Sci., 94:354-356, 1969.

WRIGHT, K.E. & DONAHUE, B.A. Aluminum toxicity studies with radioactive phosphorus. Plant Physiol., 28: 674-680, 1953.

WRIGHT, K.E. Effects of phosphorus and lime in reducing aluminum toxicity of acid soils. Plant Physiol., 12: 173-181, 1973.

ZHIZNEVSKAYA, G.Y. Iron in plant nutrition. Agrochimica, 17:46-68. 1973.

A P E N D I C E

TABELA A - Cultivar Ronita. Peso de matéria seca, em gramas (média de 6 repetições) e concentração de nutrientes (média de 4 repetições), nas diferentes partes da planta. sup = superiores e inf. = inferiores.

Tratamento	Partes da Planta	Peso de Matéria seca	concentração na matéria seca			
			P%	Ca%	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Mn <sub>1</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,08	0,51	1,46	406	32
	folhas inf.	3,09	0,42	3,77	401	32
	hastes	3,08	0,47	1,36	124	16
	raizes	2,26	0,36	0,67	698	87
Mn <sub>1</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	2,77	0,49	1,48	327	16
	folhas inf.	2,56	0,44	3,24	497	26
	hastes	2,79	0,46	1,32	165	16
	raizes	1,84	0,35	0,47	869	99
Mn <sub>1</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	2,20	0,46	1,40	479	14
	folhas inf.	2,08	0,32	3,10	658	27
	hastes	2,51	0,39	1,31	135	6
	raizes	1,69	0,33	0,48	641	82
Mn <sub>2</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,93	0,48	1,79	468	47
	folhas inf.	3,23	0,41	4,05	475	64
	hastes	3,52	0,45	1,27	113	22
	raizes	2,75	0,34	0,63	780	89
Mn <sub>2</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	3,54	0,46	1,82	504	58
	folhas inf.	2,50	0,38	3,97	616	67
	hastes	3,11	0,46	1,23	144	22
	raizes	2,26	0,32	0,59	712	96
Mn <sub>2</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	2,97	0,47	1,74	360	50
	folhas inf.	1,84	0,33	3,70	422	63
	hastes	2,68	0,41	1,25	124	17
	raizes	1,82	0,34	0,57	822	120
Mn <sub>3</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,24	0,49	1,48	478	48
	folhas inf.	3,05	0,39	3,68	561	92
	hastes	3,07	0,43	1,09	127	26
	raizes	2,18	0,42	0,64	696	164
Mn <sub>3</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	2,64	0,52	1,56	611	59
	folhas inf.	2,42	0,45	3,64	745	80
	hastes	2,68	0,46	1,13	126	28
	raizes	1,72	0,43	0,59	720	247
Mn <sub>3</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	2,08	0,47	1,44	602	76
	folhas inf.	1,82	0,35	3,52	881	99
	hastes	2,26	0,38	1,07	163	39
	raizes	1,39	0,33	0,52	711	142

TABELA B - Cultivar Santa Cruz. Peso de matéria seca, em gramas (médias de 6 repetições) e concentração de nutrientes das diversas partes de planta (média de 4 repetições). sup = superiores e inf. = inferiores.

Tratamento	Partes da Planta	Peso de Matéria seca	concentração da matéria seca			
			PZ	CaZ	Fe(ppm)	Mn(ppm)
Mn <sub>1</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,73	0,44	1,12	302	20
	folhas inf.	3,32	0,35	2,86	354	24
	hastes	4,33	0,39	0,82	144	18
	raizes	1,26	0,44	0,61	849	105
Mn <sub>1</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	3,51	0,46	1,27	380	21
	folhas inf.	3,18	0,33	2,78	393	27
	hastes	4,25	0,38	0,92	98	16
	raizes	1,18	0,42	0,57	793	79
Mn <sub>1</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	3,37	0,39	1,20	338	18
	folhas inf.	3,15	0,29	2,90	486	40
	hastes	4,03	0,34	0,90	113	15
	raizes	1,17	0,34	0,53	794	149
Mn <sub>2</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,25	0,42	1,43	438	37
	folhas inf.	2,56	0,34	3,08	655	57
	hastes	3,85	0,40	1,05	103	22
	raizes	1,07	0,35	0,61	909	199
Mn <sub>2</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	3,47	0,44	1,50	359	29
	folhas inf.	2,33	0,35	3,08	357	40
	hastes	4,05	0,43	0,97	92	13
	raizes	1,20	0,39	0,57	903	144
Mn <sub>2</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	3,46	0,43	1,29	406	36
	folhas inf.	2,76	0,31	3,17	476	42
	hastes	4,02	0,38	0,89	106	12
	raizes	1,16	0,37	0,63	846	206
Mn <sub>3</sub> Al <sub>0</sub>	folhas sup.	3,30	0,44	1,08	416	54
	folhas inf.	3,14	0,29	2,77	388	43
	hastes	4,10	0,35	0,87	110	24
	raizes	1,43	0,33	0,61	975	195
Mn <sub>3</sub> Al <sub>1</sub>	folhas sup.	3,04	0,44	1,18	447	34
	folhas inf.	2,87	0,36	2,77	475	61
	hastes	4,20	0,37	0,94	113	26
	raizes	1,32	0,35	0,68	832	188
Mn <sub>3</sub> Al <sub>2</sub>	folhas sup.	2,89	0,42	1,47	430	54
	folhas inf.	2,38	0,30	3,40	542	82
	hastes	3,55	0,34	0,88	111	30
	raizes	1,12	0,37	0,55	699	178

TABELA C - Cultivar Ronita N. Valores de F ( análise estatística ) para os dados de concentração de nutrientes nas folhas inferiores e nas raízes.

CAUSAS DE VARIACÃO	FOLHAS INFERIORES				R A Í Z E S			
	% P	% C	ppm Fe	ppm Mn	% P	% C	ppm Fe	ppm Mn
Níveis de Mn	4,96*	30,62**	25,55**	91,17**	9,97**	3,06	1,07	92,78**
Níveis de Al	52,61**	16,10**	13,67**	0,83	4,57*	17,14**	0,65	12,82**
Mn x Al	4,99**	3,51*	7,24**	1,23	2,93	3,33*	2,83*	13,41**
Al d. Mn <sub>1</sub>	39,80**	17,58**	9,01**	-	0,75	0,83	5,13*	0,96
Al d. Mn <sub>2</sub>	13,60	4,76*	5,37*	-	0,12	6,48**	1,12	3,14
Al d. Mn <sub>3</sub>	20,40**	0,93	13,76**	-	10,00**	2,86	0,05	35,56**

\* = significativo a 5 %.

\*\* = significativo a 1 %.

TABELA D - Cultivar Santa Cruz Kada. Valores de F ( análise estatística ) para os dados de concentração de nutrientes nas folhas inferiores e nas raízes.

CAUSAS DE VARIACÃO	FOLHAS INFERIORES				RAÍZES			
	% P	% C	ppm Fe	ppm Mn	% P	% C	ppm Fe	ppm Mn
Níveis de Mn	1,53	7,90**	4,59*	40,71**	11,11**	1,69	1,33	34,61**
Níveis de Al	12,25**	10,32**	5,42**	8,36**	2,86	2,28	4,27*	14,82**
Mn x Al	2,55	4,89*	10,78**	10,42**	8,38**	3,43*	1,52	6,47**
Al d. Mn <sub>1</sub>	-	0,48	3,74*	3,85*	17,33**	2,28	-	8,78**
Al d. Mn <sub>2</sub>	-	0,39	18,36**	5,09*	2,67	1,11	-	18,42**
Al d. Mn <sub>3</sub>	-	19,19**	4,88*	20,25**	1,83	6,04*	-	0,54

\* = significativo a 5 %.

\*\* = significativo a 1 %.

TABELA E - Cultivares Ronita e Santa Cruz Kada. Valores de F ( análise estatística )

para os dados de quantidade total absorvida de nutrientes.

CAUSAS DE VARIACÃO	CULTIVAR RONITA N				CULTIVAR SANTA CRUZ KADA			
	P	Ca	Fe	Mn	P	Ca	Fe	Mn
Níveis de Mn	18,29 <sup>**</sup>	61,29 <sup>**</sup>	11,06 <sup>**</sup>	228,64 <sup>**</sup>	9,98 <sup>**</sup>	2,43	0,58	77,13 <sup>**</sup>
Níveis de Al	220,65 <sup>**</sup>	197,29 <sup>**</sup>	24,06 <sup>**</sup>	49,70 <sup>**</sup>	15,30 <sup>**</sup>	0,12	1,44	8,86 <sup>**</sup>
Mn x Al	1,39	2,90	4,27	1,65	8,20	1,17	2,64	1,86
Al d. Mn <sub>1</sub>	-	72,00 <sup>**</sup>	1,93	-	25,00 <sup>**</sup>	-	-	-
Al d. Mn <sub>2</sub>	-	114,00 <sup>**</sup>	26,87 <sup>**</sup>	-	3,75 <sup>*</sup>	-	-	-
Al d. Mn <sub>3</sub>	-	61,00 <sup>**</sup>	3,81 <sup>*</sup>	-	11,25 <sup>**</sup>	-	-	-

\* = significativo a 5 %.

\*\* = significativo a 5 %.

TABELA F - Cultivares Ronita N e Santa Cruz Kada. Valores de F ( análise estatística )  
para os dados de altura e peso de matéria seca das plantas.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	V A L O R E S D E F					
	ALTURA DAS PLANTAS		PESO DE MATÉRIA SECA			
	Ronita N	Santa Cruz Kada	Ronita N	Santa Cruz Kada	Ronita N	Santa Cruz Kada
Níveis de Mn	3,82 <sup>*</sup>	8,52 <sup>**</sup>	66,85 <sup>**</sup>	8,20 <sup>**</sup>		
Níveis de Al	49,02 <sup>**</sup>	4,67 <sup>*</sup>	246,24 <sup>**</sup>	3,14 <sup>*</sup>		
Mn x Al	1,59	4,65 <sup>*</sup>	2,15	3,46		
Al d. Mn <sub>1</sub>	-	0,51	-	1,51		
Al d. Mn <sub>2</sub>	-	00,14	-	0,81		
Al d. Mn <sub>3</sub>	-	13,45 <sup>**</sup>	-	7,74 <sup>**</sup>		

\* = significativo a 5 %.

\*\* = significativo a 1 %.