

ELAINY BOTELHO CARVALHO PEREIRA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CITROS  
NO ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Pós-graduação  
em Agronomia, área de concentração Fito-  
tecnia, para obtenção do grau de "MESTRE"

002  
2 exs.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1 9 8 5



AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CITROS NO  
ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Lavras, 14 de agosto de 1985.

APROVADA:

*M. de Souza*

---

Prof. MAURÍCIO DE SOUZA  
Orientador

*José Eduardo Brasil Pereira Pinto*

---

Prof. JOSÉ EDUARDO BRASIL PEREIRA PINTO

*Janice Guedes de Carvalho*

---

Profa. JANICE GUEDES DE CARVALHO

Aos meus pais Marcos e Janete e a  
minha irmã Eliane, pela compreensão  
e amor recebidos.

#### HOMENAGEM

Ao meu esposo Ailton  
e ao meu tio Augusto,  
que participaram  
ativamente da minha formação.

#### DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo...

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), especialmente ao Departamento de Agricultura, pelos ensinamentos e oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos durante a realização do curso.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que financiou o Projeto MATRIZ em que foram obtidos os dados experimentais.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), pela concessão de uso de sua biblioteca e ajuda financeira para a conclusão deste trabalho.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), pela ajuda financeira para a impressão deste trabalho.

Ao professor Maurício de Souza, pelos ensinamentos, de

dicação, orientação, incentivo e amizade, durante as diversas fases deste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Ailton Vitor Pereira, meu esposo, pelo auxílio nas coletas de dados, análises estatísticas e correções.

Aos professores Luiz Henrique de Aquino, Paulo Cesar Lima, Gilnei de Souza Duarte e Rubens Delly Veiga pelo auxílio durante as análises estatísticas, e a todos os professores de pós-graduação, pelos inúmeros e sábios ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESAL e do CNPSD, pela orientação nos levantamentos e citações bibliográficas, e ao "Pool" datilográfico do CNPSD pelo auxílio e dedicação.

Aos colegas Humberto Silva Santos, João de Lelis Resende, José Marcos Bastos de Andrade, Dalmo de Siqueira Lopes, José de Assis Guaresqui, José Marcelo Grillo e demais colegas de curso de pós-graduação, pela amizade e auxílio durante a realização do curso.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

## BIOGRAFIA

ELAINY BOTELHO CARVALHO PEREIRA, filha de Marcos Botelho de Carvalho e Janete Guedes de Carvalho, nasceu em Lavras, Minas Gerais, aos 20 de fevereiro de 1957.

Realizou os estudos de primeiro grau nas Escolas Combinadas do Registro, Fazenda do Registro, Município de Lavras, Escola Normal Ginásio Estadual "Dr. Salles Júnior", Dourado - São Paulo e segundo grau no Colégio Estadual de Goiânia - Goiás.

Em 1977 prestou vestibular, ingressando nesse mesmo ano na Escola Superior de Agricultura de Lavras, graduando-se Engenheiro Agrônomo em 1981.

Em março de 1982, iniciou o curso de Pós-graduação a nível de Mestrado em Agronomia, concentração Fitotecnia, na Escola Superior de Agricultura de Lavras.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Nitrogênio .....	10
2.1.1. Nitrogênio no solo .....	10
2.1.2. Absorção e translocação .....	11
2.1.3. Função na planta .....	13
2.1.4. Teor na planta .....	13
2.1.5. Sintomas de deficiência e excesso .....	15
2.2. Fósforo .....	16
2.2.1. Fósforo no solo .....	16
2.2.2. Absorção e translocação .....	19
2.2.3. Função na planta .....	20
2.2.4. Teor na planta .....	22
2.2.5. Sintomas de deficiência e excesso .....	23
2.3. Potássio .....	24
2.3.1. Potássio no solo .....	24
2.3.2. Absorção e translocação .....	25

2.3.3.	Função na planta .....	26
2.3.4.	Teor na planta .....	28
2.3.5.	Sintomas de deficiência e excesso .....	29
2.4.	Cálcio .....	31
2.4.1.	Cálcio no solo .....	31
2.4.2.	Absorção e translocação .....	33
2.4.3.	Função na planta .....	34
2.4.4.	Teor na planta .....	35
2.4.5.	Sintomas de deficiências e excesso .....	36
2.5.	Magnésio .....	37
2.5.1.	Magnésio no solo .....	37
2.5.2.	Absorção e translocação .....	38
2.5.3.	Função na planta .....	39
2.5.4.	Teor na planta .....	40
2.5.5.	Sintomas de deficiência e excesso .....	41
2.6.	Enxofre .....	42
2.6.1.	Enxofre no solo .....	42
2.6.2.	Absorção e translocação .....	44
2.6.3.	Função na planta .....	45
2.6.4.	Teor na planta .....	46
2.6.5.	Sintomas de deficiência e excesso .....	47
2.7.	Manganês .....	49
2.7.1.	Manganês no solo .....	49
2.7.2.	Absorção e translocação .....	50
2.7.3.	Função na planta .....	51

2.7.4.	Teor na planta .....	52
2.7.5.	Sintomas de deficiência e excesso .....	53
2.8.	Zinco .....	54
2.8.1.	Zinco no solo .....	54
2.8.2.	Absorção e translocação .....	56
2.8.3.	Função na planta .....	57
2.8.4.	Teor na planta .....	58
2.8.5.	Sintomas de deficiência e excesso .....	59
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	61
3.1.	Material .....	61
3.1.1.	Planta .....	61
3.1.2.	Solo .....	62
3.1.3.	Amostra experimental .....	62
3.2.	Métodos .....	63
3.2.1.	Delineamento experimental .....	63
3.2.2.	Caracterização do estágio de crescimento das plantas .....	63
3.2.3.	Avaliação do estado nutricional das plan tas .....	63
3.2.3.1.	Avaliação visual .....	63
3.2.3.2.	Diagnose foliar .....	64
3.2.4.	Avaliação da fertilidade do solo .....	65
3.2.5.	Análise estatística .....	65
3.2.6.	Práticas culturais .....	66

	Página
4. RESULTADOS .....	67
4.1. Caracterização do estágio de crescimento .....	67
4.2. Avaliação do estado nutricional das plantas ....	68
4.2.1. Avaliação visual .....	68
4.2.2. Diagnose foliar .....	70
4.2.2.1. Nitrogênio .....	70
4.2.2.2. Fósforo .....	73
4.2.2.3. Potássio .....	73
4.2.2.4. Cálcio .....	74
4.2.2.5. Magnésio .....	74
4.2.2.6. Enxofre .....	75
4.2.2.7. Manganês .....	75
4.2.2.8. Zinco .....	75
4.3. Avaliação da fertilidade do solo .....	76
5. DISCUSSÃO .....	79
5.1. Crescimento das plantas .....	79
5.2. Avaliação do estado nutricional das plantas ....	80
5.2.1. Avaliação visual .....	80
5.2.2. Diagnose foliar .....	81
5.2.2.1. Nitrogênio .....	81
5.2.2.2. Fósforo .....	82
5.2.2.3. Potássio .....	83
5.2.2.4. Cálcio .....	84
5.2.2.5. Magnésio .....	87
5.2.2.6. Enxofre .....	89

	Página
5.2.2.7. Manganês .....	90
5.2.2.8. Zinco .....	92
5.3. Avaliação da fertilidade do solo .....	95
6. CONCLUSÕES .....	97
7. RESUMO .....	100
8. SUMMARY .....	103
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106

## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Resumo da análise de variância para diâmetro do caule e altura de planta de cinco cultivares de citros um ano após o plantio - ESAL, Lavras - MG, 1985 ...	67
2	Altura da planta e diâmetro do caule a 10 cm do caulo do enxerto, de cinco cultivares de citros, um ano após o plantio - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	68
3	Porcentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência de Mg e Zn em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	69
4	Resumo da análise de variância e coeficiente de variação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn nas folhas de cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	71

## Quadro

## Página

5	Teores médios de nutrientes na matéria seca das folhas de cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	72
6	Percentagem de plantas por cultivar, com teores de nutrientes nas folhas abaixo do ótimo, segundo os padrões de SMITH (114) - ESAL, Lavras - MG, 1985 ....	73
7	Resultados das análises químicas de amostras do solo da camada de 0-20 cm, coletadas nas entrelinhas (EL) e na cova de plantio (CP) em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	77
8	Resultados das análises químicas de amostras de solo da camada de 20-40 cm, coletadas nas entrelinhas (EL) e nas covas de plantio (CP), em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985 .....	78

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui maior população de plantas cítricas do que qualquer país do mundo, apresentando-se com aproximadamente 150 milhões de pés. No entanto, no final da década de 70 apresentava-se como segundo produtor mundial, perdendo para os Estados Unidos, devido a apresentar uma menor produtividade, EPAMIG (46).

A partir do início dos anos 80, devido as fortes geadas ocorridas na Flórida, abriu-se um espaço no mercado internacional estimulando o Brasil a assumir o primeiro lugar em produção de frutas cítricas, tendo colhido ao final da temporada 83/84 cerca de 180 milhões de caixas (26). As exportações de suco concentrado congelado de cítricos atingiram cerca de 911.002 toneladas, correspondendo a 1,425 bilhões de dólares (5). Deste modo, a citricultura assume elevada importância econômica e social, constituindo-se numa valiosa fonte de renda, de empregos e de divisas para o país.

Um dos fatores que contribuem para a baixa produtividade de dos citros no Brasil é o mal estado nutricional das plantas, uma vez que os solos usados com citros são geralmente de baixa

fertilidade natural e as adubações são inadequadas, ANDRADE (2). Torna-se, portanto, necessário a condução de estudos que possibilitem a avaliação do estado nutricional das plantas e forneçam informações para sua melhoria. Pois, plantas bem nutridas podem apresentar maiores produções e frutos de melhor qualidade, que são condições imprescindíveis para se obter alta rentabilidade.

→ A análise foliar tem sido desenvolvida em vários países como um valioso método auxiliar no diagnóstico de estado nutricional das plantas. Em pomares, especialmente nos cítricos, procura-se estabelecer padrões de nutrição com base nos teores dos nutrientes contidos nas folhas que são por sua vez a base para a predição da quantidade de fertilizantes a usar. Esta técnica fundamenta-se no princípio da existência de correlação entre a concentração de nutrientes no solo e a concentração de nutrientes na folha, bem como, em outra correlação entre o teor de nutrientes no solo e a produção e, como consequência destas, ainda uma terceira correlação entre o teor de nutrientes na folha e a produção, de acordo com HIROCE (45), SOUZA (116) e MALAVOLTA (73).

A maioria dos trabalhos já conduzidos, com respeito à análise foliar e nutrição dos citros tem sido feita com plantas adultas em fase de produção. Entretanto, acredita-se que a condução de estudos de nutrição de plantas no estágio do desenvolvimento vegetativo possa dar suporte ao uso correto e racional de fertilizantes, permitindo a obtenção de plantas bem nutridas e vigorosas, que possam entrar em produção mais cedo e com maior po

tencial de produção.

O objetivo principal deste trabalho foi o de avaliar o estado nutricional das cultivares de citros, Valência, Natal, Pera Rio, Murcote e Pon Kan, com relação aos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn). Objetivou-se também caracterizar o estágio de crescimento das plantas, através da idade e das medições do diâmetro do caule e da altura das mesmas. Esta caracterização foi feita visando relacionar os dados de cres\_cimento obtidos com os teores de nutrientes encontrados nas folhas e no solo. Procurou-se ainda, avaliar o estado nutricional das plantas pela sintomatologia constatada, estabelecendo-se comparações entre os sintomas e os teores dos nutrientes encontrados na folha e no solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O suprimento e absorção dos compostos químicos necessários para o crescimento e metabolismo podem ser definidos como "nutrição" e os compostos químicos requeridos pelos organismos como "nutrientes", de acordo com MENGEL & KIRKBY (83).

Para seu desenvolvimento vegetativo e desenvolvimento da frutificação as plantas retiram do ar da água e do solo os nutrientes de que necessitam, SOUZA (117) e JONES (54).

Segundo ARNON & STOUT (3) um elemento essencial pode ser definido como aquele requerido durante o ciclo normal de vida de um organismo e cujas funções não podem ser substituídas por outros compostos químicos. O elemento essencial deve estar diretamente envolvido na nutrição, por exemplo como constituinte de um metabólito essencial ou deve ser requerido para a ação de um sistema enzimático essencial.

De acordo com a quantidade que é requerida pelas plantas os nutrientes essenciais podem ser divididos em macronutrientes carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), N, P, K, Ca, Mg,

S e micronutrientes boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), Mn, molibidênio (Mo), Zn. Embora não estejam estabelecidos como nutrientes essenciais para todas as plantas superiores, o silício (Si) é considerado um nutriente essencial para o arroz e no caso do sódio (Na) há algumas espécies de plantas, particularmente da família *Chenopodiaceae* e espécies adaptadas às condições salinas que absorvem quantidades relativamente altas deste elemento. O sódio tem apresentado um efeito benéfico e em alguns casos é essencial, MENGEL & KIRKBY (83). RODRIGUEZ (105) cita o sódio como elemento importante para os citros.

Considerando que os elementos C, H e O são retirados do ar e da água o crescimento das plantas não é seriamente retardado pela falta desses elementos, desde que exista água disponível no solo e CO<sub>2</sub> em abundância no ar. Portanto, a ênfase na nutrição de plantas está baseada na capacidade dos solos em fornecer N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn às plantas, JONES (54). Segundo EPSTEIN (33) o solo constitui o principal substrato para o crescimento das plantas, uma vez que fornece a maioria dos nutrientes essenciais.

A produtividade do solo pode ser definida como a sua capacidade para sustentar o desenvolvimento das plantas. Ela pode ser medida em termos de produção de uma dada cultura, a qual reflete a influência combinada de todos os fatores que afetam o desenvolvimento da planta, incluindo semente, espécie, cultivar, clima, organismos, água, topografia, propriedades químicas e fí-

sicas e fertilidade do solo. Por sua vez a fertilidade do solo refere-se à habilidade do solo em disponibilizar os nutrientes es enciais em quantidades, formas e proporções requeridas para o má ximo desenvolvimento das plantas. Ela é medida em termos da quan tidade das formas disponíveis dos elementos essenciais em um solo, em um dado momento JONES (54).

O sistema radicular das plantas se desenvolve quando as características físicas e químicas do substrato são favoráveis, segundo KUPPER (62). Com relação aos citros, o sistema radicular se adapta a diferentes condições de solo, desenvolvendo-se melhor em solos arenosos ou areno-barrentos bem arejados e sem impedimento de drenagem, com pH entre 5,6 e 6,0, embora encontrem-se boas plantações na faixa de pH 4,0 a 9,0. Como os citros são plantas perenes, sempre verdes, elas exigem água continuamente, se bem que haja benefício quando há seca no pré-florescimento em climas mais quentes. Assim sendo, para uma boa distribuição de chuvas ou de irrigação, 1300 a 1500 mm de água por ano são suficientes, RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA (73).

Segundo NAIME (89), dentro de certos limites, as características químicas do solo apresentam menor importância do que as físicas, uma vez que às primeiras podem ser corrigidas com aplicações de fertilizantes.

→ Com a expansão da cultura dos citros vários tipos de solos vêm sendo utilizados, principalmente os solos sob vegetação de cerrado, BUENO (16) e SOUZA (118). ✓

Apenas na área do cerrado a citricultura no sul do Estado de Minas Gerais deve ser considerada devido a permitir uma mecanização relativamente fácil, segundo ALVARENGA & NOGUEIRA (1).

Os solos sob vegetação de cerrado são naturalmente ácidos com predominância de caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio na fração argila, segundo GOEDERT et alii (42). Embora com fertilidade que varia de baixa a média estes solos apresentam potencialidades para o cultivo do citros por apresentarem características físicas favoráveis, BUENO (16).

Entre as unidades de solos que ocorrem nas regiões do cerrado encontram-se os Podzólicos Vermelhos Amarelos, segundo Sanchez et alii citados por LOPES (68). De acordo com NAIME (89) os Latossolos e os solos podzólizados constituem os grupos de solos mais comumente utilizados para a citricultura no Estado de Minas Gerais.

Os Podzólicos Vermelhos Amarelos são solos bem desenvolvidos, bem drenados, ácidos e que possuem um horizonte A fraco (ócrico) sobre um horizonte argílico, argila esta de atividade baixa. Uma característica destes solos é a marcante diferença textural entre os horizontes A e B. São solos na sua maioria de fertilidade natural baixa a média, de textura argilosa a média, apresentando sequência de horizontes do tipo A, B, C, cuja espessura não excede a 2,0 m e com pronunciada diferenciação entre os horizontes A e B, VIEIRA (126).

→ A absorção dos elementos minerais pelos citros se dá durante todo o ano, em virtude do caráter perene e sempre verde da cultura. No entanto, é maior por ocasião dos dois surtos anuais de crescimento da planta. No surto da primavera ocorre o desenvolvimento vegetativo e a floração, enquanto que no de verão ocorre principalmente a brotação e o desenvolvimento vegetativo, RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA et alii (73). No sul do Estado de Minas Gerais as plantas cítricas apresentam dois a quatro surtos anuais de crescimento, segundo OGATA (93). | ✓

A passagem dos íons da solução do solo para o interior das células das raízes é basicamente um processo de troca de ions a semelhança da troca de cátions na superfície dos coloides do solo. Entretanto, os nutrientes precisam primeiramente chegar até a superfície das raízes para que possam ser absorvidos e isto pode ocorrer de três maneiras: 1) interceptação radicular, a raiz entra em contato com alguns ions nutrientes à medida em que cresce através do solo; 2) fluxo de massa ou convecção, um grande volume de água entra pelas raízes carregando substâncias hidrossolúveis; e 3) difusão, os ions movem-se até às raízes a favor de um gradiente de concentração dos pontos de maior concentração para os de menor concentração, segundo JONES (54).

Devido às suas essencialidades, os nutrientes, quando não se encontram em formas ou quantidades adequadas no solo para suprir a demanda das plantas, devem ser fornecidos por meio do uso de fertilizantes. Entre os métodos usados para a predição da

quantidade de fertilizantes a aplicar podem ser citados: as análises de solo, análises de tecido vegetal, análises microbiológicas, testes bioquímicos, a sintomatologia, a avaliação da produção ou do crescimento das plantas e da qualidade dos produtos. Todavia, segundo ANDRADE (2) citando Robinson, os cientistas não estão satisfeitos com a eficiência de tais métodos.

Segundo BRAGA (14), citando Archibald e Reitemeierer, a análise foliar é de particular interesse no caso de culturas arbóreas perenes, uma vez que a análise química do solo apresenta limitações sérias em razão do restrito volume de solo analisado em relação ao grande volume de solo explorado pelo sistema radicular da planta. → Desta maneira na análise foliar são determinados os teores dos nutrientes nas folhas, os quais serão indicativos do suprimento dos nutrientes no solo, EMMERT (32) e MALAVOLTA (72).

→ Vários fatores podem influenciar nos teores de nutrientes das folhas dos citros e que portanto devem ser considerados na diagnose foliar. Entre eles podem ser apontados os seguintes: cultivar, presença ou ausência de frutos nos ramos, época de amostragem, tamanho e idade das folhas, posição da folha no ramo, altura de inserção do ramo, exposição solar, clima, solo, porta enxerto, estado fitossanitário e interações entre os nutrientes, de acordo com trabalhos publicados por diversos autores, (4, 6, 7, 14, 17, 29, 30, 35, 41, 44, 64, 78, 87, 93, 95, 96, 102, 104, 109, 114, 115, 117).

Em função desses fatores vários autores têm tentado estabelecer padrões para os teores foliares dos nutrientes visando uma avaliação do estado nutricional das plantas. Entre estes padrões podem ser citados os de SMITH (114).

## 2.1. Nitrogênio

### 2.1.1. Nitrogênio no solo

A matéria orgânica é a principal reserva de N no solo BRADY (13), e a quantidade deste disponível para o crescimento das plantas, é a soma do amônio trocável com o amônio, nitrito e nitrato presentes na solução do solo advindos do processo de mineralização da matéria orgânica, BLACK (11).

O nitrogênio atmosférico pode ser adicionado ao solo por meio das águas de chuvas e poeira, fixação simbiótica ou as-simbiótica, restos animais ou humanos. Por outro lado, pode ser perdido por volatilização, lixiviação, denitrificação, erosão e absorção pelas plantas, RIVERO (100) e SANGHEZ (108).

Muitos fatores e processos estão envolvidos com o balanço de N no solo entre os quais PURCINO (99) e MENGEL & KIRKBY (83) descrevem sobre os seguintes: teor de matéria orgânica do solo, microrganismos, incorporação de restos culturais e ester-cos, aplicação de fertilizantes nitrogenados, fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico, adição pelas águas de chuvas, remoção de N pe

las culturas, perdas por lixiviação, erosão e volatilização, fixação de  $\text{NH}_4^+$  pelas argilas silicatadas do tipo 2:1, tipo de cobertura vegetal, clima (luz, temperatura e chuvas), topografia, drenagem, textura e fertilidade do solo.

### 2.1.2. Absorção e translocação

O N pode ser absorvido na forma de ions nitrato ou amônio da solução do solo ou na forma gasosa de  $\text{N}_2$  da atmosfera. A absorção desta última forma, denominada fixação de  $\text{N}_2$  molecular é realizada por meio de alguns microrganismos que vivem em simbiose com algumas espécies superiores, MENGEL & KIRKBY (83).

O N pode também ser absorvido na forma amídica, através das folhas, quando estas são pulverizadas com solução de uréia, segundo vários autores citados por SMITH (113). ]

Na maioria dos solos úmidos, mas bem aerados, o nitrato é preferencialmente a forma de N absorvido pelas plantas, TISDALE & NELSON (122). De acordo com MENGEL & KIRKBY (83) isto se deve a rápida oxidação do  $\text{NH}_4$  no solo pela ação de microrganismos.

Para que o N seja absorvido é necessário que os ions nitrato ou amônio cheguem até a superfície das raízes e segundo MALVOLTA (70), é predominantemente através do mecanismo de fluxo de massa que isto ocorre.

Estudos conduzidos com plantas cultivadas em vasos na Flórida por ROY & GARDNER (107) e na Califórnia por CHAPMAN & PARKER (21), mostraram que o N pode ser absorvido por citrinas durante todo o ano, mas a taxa máxima de absorção ocorre durante os meses quentes. Estes autores concluíram também que aplicações de N durante o outono e inverno podem ser utilizadas pelos citros. Em estudos de campo Hilgeman citado por SMITH (113), mostrou que uma visível resposta pode ocorrer dentro de poucos dias após a aplicação do N. Esta rápida absorção foi também mostrada experimentalmente por BITCOVER & WANDER (10), com plantas jovens em cultura de areia. Estas removeram até 44% do N aplicado em solução aquosa de uma única vez. Isto ocorreu tanto para o N na forma de nitrato como de amônio, durante o outono.

Segundo KAMPFER & UEXKULL (58) o N absorvido no outono e no inverno fica acumulado até a primavera, quando sofre redistribuição sendo usado em grande parte no florescimento e na frutificação. Quando se inicia o desenvolvimento vegetativo os teores de N, P e K das folhas tendem a diminuir, possivelmente devido a saída desses nutrientes para os ramos e folhas novas, botões florais e frutos.

O N absorvido pelas plantas é translocado, via xilema das raízes para a parte aérea, sendo que a forma de translocação depende da forma absorvida e do metabolismo radicular. De acordo com MARTIN (77), todo o  $\text{NH}_4^+$  absorvido é assimilado nos tecidos radiculares e redistribuído na forma de aminoácidos. Os ions

nitrate absorvidos podem ser translocados desta forma para os ramos e folhas, mas depende do potencial de redução do nitrate das raízes. Nitrate e aminoácidos são portanto as principais formas de translocação de N no sistema vascular das plantas superiores.

### 2.1.3. Função na planta

A essencialidade do N para as plantas está relacionada com a sua participação como elemento constituinte de compostos orgânicos essenciais ao metabolismo vegetal, tais como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, amidas, alcalóides e outros. O N também se encontra presente nas enzimas, uma vez que todas as enzimas isoladas, purificadas e caracterizadas são de natureza proteica. Como um constituinte deste componente o N está envolvido em todos os processos que envolve o protoplasma, reações enzimáticas e fotossíntese, (50, 55, 73, 83, 102, 113).

### 2.1.4. Teor na planta

O N, segundo EPSTEIN (33), é o nutriente mais abundante nas plantas de modo geral depois do C, H, O. A matéria seca (m.s.) das plantas contém cerca de 2 a 4% de N, MENGEL & KIRKBY (83). No entanto nos citros o cálcio é o elemento mais abundante constituindo cerca de 6,63% da m.s. da planta, seguido pelo nitrogênio com 4,46% conforme resultados obtidos por KAMPFER & UEXKULL (58).

O conteúdo total de N nas plantas cítricas com base na m.s. é da ordem de: 41% nas folhas, 20% nos frutos, 28% nos troncos e ramos e 10% nas raízes, KAMPFER & UEXKULL (58). Segundo estes mesmos autores os teores médios de N nos diferentes órgãos dos citros (% na m.s.), estão assim distribuídos: folhas 2,22%, ramos 1,02%, troncos 0,40% e raízes 0,82%. Por outro lado, MARCHAL & LACOEUILHE (76) encontraram a seguinte distribuição percentual para o N nos citros: raízes 7,2; tronco e ramos 34,5; folhas 22,3; e frutos 34,1.

Com relação ao teor de N na m.s. da folha, o teor ótimo deve estar compreendido na faixa de 2,5 a 2,7% segundo padrão de SMITH (114), estabelecido para folhas de ramos terminais sem frutos, com 4 a 7 meses de idade do surto primaveril. De acordo com os padrões de RIVERO (100), o teor ótimo de N na m.s. da folha deve estar compreendido entre 2,2 a 2,7% para ramos frutíferos e 2,4 a 2,6% para ramos não frutíferos.

No sul do Estado de Minas Gerais, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores de nitrogênio nas folhas com 4 a 7 meses de idade, de ramos do surto primaveril sem frutos, de: 2,72 e 2,43%; 2,63 e 2,61%; 2,66 e 2,58%; 2,67 e 2,27%; 2,66 e 2,31%, respectivamente para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote.

### 2.1.5. Sintomas de deficiência e excesso

Quando o suprimento de N às raízes é inadequado o N das folhas velhas é mobilizado para os tecidos e órgãos novos em crescimento. Por esta razão, as plantas com deficiência de N, mostram os primeiros sintomas de deficiência nas folhas mais velhas. Nestas folhas as proteínas são hidrolizadas (proteólise) e os aminoácidos resultantes são redistribuídos para os meristemas e folhas novas. A hidrólise das proteínas resulta num colapso dos cloroplastos e conseqüentemente no declínio do conteúdo de clorofila, (55, 83, 99).

Plantas com deficiência de N chegam à maturidade precocemente e o estágio de crescimento normalmente é encurtado. Esta senescência precoce provavelmente está relacionada com o efeito do suprimento de N sobre a síntese e translocação de citocininas. A síntese de citocininas é reduzida quando a nutrição nitrogenada é inadequada. Como estes fitohormônios promovem crescimento vigoroso e manutenção da planta no estágio juvenil, a carência de citocininas pode resultar na senescência, de acordo com Wagner & Michael citados por MENGEL & KIRKBY (83). 211

Os sintomas de deficiências de N nos citros são os seguintes: diminuição e, em casos extremos, paralização do crescimento, redução do número e tamanho das folhas; amarelecimento geral da folhagem incluindo também as nervuras das folhas, sendo estes sintomas mais acentuados nos ramos com frutos; redução da pro 4H

dução causada pelo menor número e menor tamanho dos frutos; fruto com casca fina, verde pálido e de amadurecimento precoce; segundo MALAVOLTA (73) e RODRIGUEZ (105).

O excesso de N causa um crescimento exuberante da planta com folhas verdes escuras, grandes e grossas; maior succulência nos tecidos e maior susceptibilidade a doenças; frutos menores com casca grossa e de menor valor comercial; diluição dos demais elementos no tecido vegetal, particularmente do Cu, acompanhado de morte das folhas e de ramos novos, segundo MALAVOLTA (73) e RODRIGUEZ (103). Excesso de adubação nitrogenada tem sido relatado como possível causa de deficiência de Zn em plantas cítricas e outras culturas, segundo vários autores, citados por OLSEN (94).

## 2.2. Fósforo

### 2.2.1. Fósforo no solo

Nos solos o P ocorre quase exclusivamente na forma de ortofosfato, sendo que o conteúdo total varia de 200 ppm a 1500 ppm de P, MENGEL & KIRKBY (82). Uma grande quantidade deste P está associada a matéria orgânica do solo e, segundo estes autores citando Williams, em solos minerais a proporção de P orgânico pode variar de 20 a 80% do P total.

Segundo LOPES (66), uma das características mais mar-

cantes da grande maioria dos solos de Minas Gerais, notadamente da área sob vegetação de cerrado é a baixa disponibilidade natural de P, aliada à alta capacidade de fixação deste nutriente.

Considerando apenas sob o ponto de vista de nutrição da planta o P no solo pode ser dividido em três frações ou formas, as quais se encontram em equilíbrio, quais sejam: P na solução do solo; P na forma lábil e P na forma não lábil. A primeira fração é definida como o fosfato dissolvido na solução do solo e a segunda fração é o fosfato sólido que está adsorvido às superfícies do solo de modo que entra em rápido equilíbrio com o fosfato na solução do solo. O P lábil pode ser determinado por meio de extratores químicos. A terceira fração representa o fosfato insolúvel, que pode ser liberado apenas muito lentamente para a forma lábil. Na maioria dos solos as apatitas são os mais importantes fosfatos inorgânicos da forma não lábil. Alguns fosfatos de ferro e alumínio bem como P orgânico do solo são capazes de liberar ions fosfato apenas muito lentamente e portanto são classificados como forma não lábil, MENGEL & KIRKBY (82), SANCHEZ (108).

O fenômeno da fixação de P pelos solos afeta sobre maneira a disponibilidade deste nutriente na solução do solo para as plantas. Esta fixação consiste na passagem do P das formas solúvel e lábil para forma não lábil. No entanto esta fixação não é um processo irreversível e o processo inverso deve ser considerado a longo prazo principalmente no caso de cultivos sucessivos ou de culturas perenes, MENGEL & KIRKBY (82), SANCHEZ (108), LO-

PES (66).

Entre os fatores que afetam a disponibilidade de fósforo no solo, TISDALE & NELSON (122) e POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (97) destacam os seguintes: nível de P no solo, tipo e teor de argila, teor de argila e de hidróxidos de ferro e alumínio, teor de matéria orgânica, pH do solo e teor de alumínio trocável, temperatura e umidade do solo, aeração e compactação do solo, quantidade, época e modo de aplicação de fertilizantes fosfatados, aplicação de outros nutrientes.

As formas mais importantes de P disponível no solo são as de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{--}$ , sendo que quanto maior concentração de ions  $\text{H}^+$  na solução (menor pH) maior será a proporção da forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  em relação à forma  $\text{HPO}_4^{--}$ . A valores de pH menor que 6,0 há predominância da forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , para pH de 6,0 a 8,0 ambas as formas são igualmente disponíveis e a valores de pH acima de 8,0 a forma  $\text{HPO}_4^{--}$  ocorre em maior proporção, MENGEL & KIRKBY (82).

Os íons fosfato podem chegar até a superfície das raízes principalmente através do movimento por difusão, MALAVOLTA (71), sendo este movimento dependente principalmente da concentração do íon na solução do solo, da umidade e temperatura do solo, LOPES (66).

O método de diagnose mais utilizado para avaliação da disponibilidade de P nos solos do Estado de Minas Gerais, é a determinação do P solúvel em  $\text{HCl}$  0,05N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N (extrator de

Mehlich) mais conhecido como método da Carolina do Norte, implantado em Minas Gerais por VETTORI (125).

O critério de interpretação de P, de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23) é o seguinte: para solo de textura média e arenosa 0-10 ppm (baixo), 11-20 ppm (médio) e mais que 20 ppm (alto); para solo de textura argilosa 0-5 ppm (baixo), 5-10 ppm (médio) e mais que 10 ppm (alto).

#### 2.2.2. Absorção e translocação

O P é absorvido ativamente pelas raízes das plantas na forma de ânions fosfatos  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{--}$ . De acordo com MALAVOLTA et alii (74) o fósforo é absorvido preferencialmente na forma de íons  $H_2PO_4^-$ . Possivelmente isto seja devido a natureza normalmente ácida dos solos que favorecem a uma maior concentração de íons  $H_2PO_4^-$  em relação aos de  $HPO_4^{--}$ , de acordo com MENGEL & KIRKBY (82) e MALAVOLTA (71).

A absorção de fosfato é dependente do pH. Segundo JONES (51) o P é mais disponível a valores de pH entre 6,0 e 6,5. Quando o pH está acima de 6,5 os íons fosfato são precipitados pelo Ca e Mg, enquanto que os valores de pH ao redor de 5,0 os íons fosfato são precipitados pelo alumínio e ferro.

Os íons fosfatos absorvidos pelas células das raízes rapidamente são envolvidos em processos metabólicos, MENGEL & KIRK

BY (82). Assim, JACKSON & RAGEN (47), relatam que após um período de apenas dez minutos, após a absorção, 80% do fosfato absorvido foi incorporado em compostos orgânicos. Os fosfatos orgânicos formados neste curto período de tempo consistiam principalmente de hexoses fosfato e uridina difosfato. O fosfato é prontamente móvel na planta e pode ser translocado para baixo e para cima. As folhas jovens e meristemas são supridos não somente pelo fosfato absorvido pelas raízes, mas também pelo fosfato vindo das folhas mais velhas, BOUMA (12).

Segundo MALAVOLTA (73), o frio do inverno reduz muito a absorção do P, de modo que no surto primaveril há uma considerável redistribuição do P em direção aos novos tecidos e órgãos da planta, em formação.

### 2.2.3. Função na planta

O P desempenha um papel vital para as plantas uma vez que forma ligações ricas em energia, tais como nos compostos adenosina trifosfato (ATP), uridina trifosfato (UTP), citidina trifosfato (CTP) e guanosina trifosfato (GTP). A energia absorvida durante a fotossíntese ou liberada durante a respiração ou degradação anaeróbica dos carboidratos é utilizada para a síntese de ATP e, desta forma, a energia pode ser armazenada e convertida para diversos processos endergônicos, tais como absorção ativa de íons e síntese de vários compostos orgânicos. Todos estes nucleotídeos trifosfato (ATP, UTP, GTP e CTP) estão envolvidos na sín

tese de ácidos nucleicos (RNA e DNA) sendo que radicais fosfato são constituintes da molécula desses ácidos, MENGEL & KIRKBY (82).

O P é um constituinte das coenzimas NAD e NADP as quais são importantes nas reações de oxidação e de redução, nas quais ocorre a transferência de hidrogênio. Processos como a fotossíntese, glicólise, respiração, síntese de ácidos graxos, entre outros, dependem da ação destas coenzimas, DEVLIN (25).

O P participa também da molécula da lecitina e da fosfatidil etanolamina, que são componentes essenciais das membranas celulares, MENGEL & KIRKBY (82) e MALAVOLTA (73).

Outro composto fosfatado orgânico é a fitina, que ocorre principalmente na semente. Durante a germinação das sementes o P ligado a fitina é mobilizado e convertido a outras formas de fosfato necessárias ao metabolismo das plantas jovens, ERGLE & GUINN (34).

Por causa das muitas funções exercidas pelo P no metabolismo vegetal vários processos metabólicos podem ser afetados, tais como: fotossíntese, degradação de carboidratos, divisão celular, síntese de aminoácidos e proteínas, transmissão de caracteres hereditários, absorção ativa de nutrientes, estimulação do crescimento e desenvolvimento inicial das raízes, frutificação e formação de sementes, (37, 51, 58, 75, 82, 100).

#### 2.2.4. Teor na planta

As plantas cítricas necessitam de pequenas quantidades de P em relação às de Ca, N e K, MALAVOLTA et alii (75) e MALAVOLTA (73). De acordo com dados apresentados por Kampfer & Uexkull, citados por MALAVOLTA (73) o teor médio de P nas folhas, ramos e troncos é cerca de 0,18%, 0,17% e 0,07%, respectivamente.

O teor de P em folhas de citros relacionado com deficiência está em torno de 0,08% da m.s., sendo raramente encontrados teores maiores que 0,20% em condição de campo, MALAVOLTA et alii (75). Segundo esses autores citando Chapman & Rayner, Chapman & Fullmer, Reuther & Smith, Anônimo e Reuther et alii, os teores foliares de P que indicam deficiência, bom estado nutricional e excesso são 0,08%, 0,12 - 0,16% e 0,30%, respectivamente.

De acordo com os padrões estabelecidos por SMITH (114) e RIVERO (100) para folhas de citros do surto primaveril com 4 a 7 meses de idade, de ramos não frutíferos, os teores de P na m.s. das folhas são assim classificados: deficiente ( $< 0,09\%$ ), baixo ( $0,09 - 0,11\%$ ), ótimo ( $0,12 - 0,16\%$ ), alto ( $0,17 - 0,29\%$ ) e excessivo ( $> 0,30\%$ ).

No sul do Estado de Minas Gerais, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores de P nas folhas com 4 a 7 meses de idade, de ramos do surto primaveril sem frutos, de 0,15 e 0,14%; 0,13 e 0,13%; 0,16 e 0,14%; 0,15 e 0,13%; 0,15 e 0,11%, respectivamente, para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murco-

te.

#### 2.2.5. Sintomas de deficiência e excesso

O principal efeito da deficiência de P é a redução ou a paralização do crescimento vegetativo, uma vez que, o suprimento inadequado de P resulta em uma redução na síntese de RNA, que por sua vez reduz a síntese de proteínas, MENGEL & KIRKBY (82). / 24

No caso específico das plantas cítricas, além da paralização do crescimento da planta outros sintomas característicos são mencionados na literatura tais como: as folhas adquirem uma coloração verde sem brilho e depois bronzeadas e, em casos mais avançados apresentam áreas necróticas nos bordos; nas extremidades ou no interior do limbo; queda prematura das folhas durante e após a floração; redução do tamanho e número das folhas; em ca sos extremos pode haver secamento e morte dos ramos; redução no florescimento; redução na produção; os frutos adquirem coloração mais intensa e são maiores que o normal; a casca do fruto é mais espessa e os segmentos se separam do eixo central e entre si; o fruto se deforma e produz menos suco, o teor de açúcares, a acidez e o teor de vitamina C aumentam, de acordo com RODRIGUEZ (105) e vários autores citados por MALAVOLTA et alii (75) e MALAVOLTA (73).

O excesso de P diminui o tamanho dos frutos e a cor do suco é mais clara, a casca é mais fina, o sumo e a acidez aumen-

tam e o conteúdo de vitamina C diminui, os frutos são também mais firmes, de acordo com Chapman & Rayner, citados por RIVERO (100).

O excesso de P normalmente está associado à deficiência de micronutrientes, principalmente de Zn e Cu, de acordo com BINGHAN & MARTIN (9) e vários autores citados por SMITH (113).

## 2.3. Potássio

### 2.3.1. Potássio no solo

A principal fonte de K para as plantas sob as condições naturais é constituída pelos minerais primários e secundários contendo K na sua estrutura. Entre eles, podem ser citados os seguintes: feldspatos potássicos, micas (muscovitas, biotita e ilita) e minerais de argila (vermiculita, clorita e montmorilonita), (52, 67, 84).

Goedert, citado por LOPES (67), classifica o K total do solo em três formas: K estrutural (90 a 98%);  $K^+$  trocável nas diferentes formas, que contribui com 2 a 8% do K total e K na solução do solo com valores de 0,1 a 0,2% do K total. Além destas formas NOGUEIRA et alii (92) ainda consideram a forma de K contida na matéria orgânica do solo.

Segundo estes autores a forma de K solúvel é a quantidade de K extraída por um determinado volume de água em um dado momento. O  $K^+$  trocável representa a quantidade do elemento que

é extraída com uma solução de acetato de amônio 1N pH 7,0. O K estrutural é aquele integrante da estrutura de minerais primários e secundários existentes no solo.

Para a determinação do K disponível para as plantas nas análises de rotina utiliza-se um extrator químico que retira uma determinada quantidade de K sem especificar a forma deste no solo. Este extrator deve retirar, predominantemente as formas de  $K^+$  trocável e o  $K^+$  na solução do solo. No Brasil utiliza-se o extrator denominado Carolina do Norte (HCl 0,05N e  $H_2SO_4$  0,025N), NOGUEIRA et alii (92).

Em Minas Gerais, para fins de interpretação das análises de solo, distinguem-se três níveis de disponibilidade de K: baixo (0 a 30 ppm), médio (31 a 60 ppm) e alto (> 60 ppm), segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23).

### 2.3.2. Absorção e translocação

As raízes das plantas ocupam normalmente menos que 1 a 2% do volume do solo. Portanto, elas não podem entrar em contato com mais de 1 a 2% do K disponível no solo. A maior parte do K de que a planta necessita, chega às raízes através dos mecanismos de fluxo de massa e difusão, BARBER (8). Vários fatores podem afetar a absorção de K pelas plantas tais como: concentração de  $K^+$  na solução do solo, temperatura e umidade do solo, es-

pécies e cultivares, idade da planta, morfologia radicular e transpiração, BARBER (8).

O K é absorvido ativamente pelas plantas na forma de íons  $K^+$  e é muito móvel na planta. Seu transporte na planta é principalmente em direção aos tecidos meristemáticos. Frequentemente o  $K^+$  das partes mais velhas das plantas é redistribuído para os tecidos mais jovens, MENGEL & KIRKBY (84).

Segundo MALAVOLTA (73), citando Smith, a absorção máxima de  $K^+$  ocorre na primavera e no verão, quase cessando no inverno. Há uma grande redução no teor foliar (até 60%) durante a maturação dos frutos, provavelmente devido à redistribuição do elemento das folhas para os frutos e também para os tecidos lenhosos. Ainda segundo esse autor o efeito do porta-enxerto na absorção de K é conhecido: o limoeiro ('Rugoso', a tangerineira 'Cleópatra' e a laranjeira 'Azeda' têm comportamento muito semelhante; as laranjeiras doces e os pomeleiros absorvem mais K; o limoeiro 'Trifoliata' absorve menos que os anteriores.

### 2.3.3. Função na planta

Entre as funções do K na planta, inclui-se o seu papel na mobilidade e equilíbrio iônico, viscosidade citoplasmática, atividade enzimática, configuração molecular e atividade dos cloroplastos na fosforilação. Assim, o potássio está associado com: crescimento radicular e resistência a seca, síntese de celulose

e redução do acamamento, ativação enzimática, respiração da planta, fotossíntese, translocação de carboidratos, síntese de amidos, síntese de proteínas, regulação estomática e controle de água e resistência às doenças. Portanto, as interações que envolvem o K tornam-se especialmente significativas, podendo influenciar a disponibilidade de nutrientes, alterar processos fisiológicos vitais e finalmente provocar mudanças na qualidade e produção das culturas, USHERWOOD (124), JONES (52) e MENGEL & KIRKBY (84).

Segundo RODRIGUEZ (101), no caso das plantas cítricas a função do K não é bem conhecida. Parece ser uma grande fonte de energia para as plantas, exercendo funções reguladoras e catalíticas. Ele é encontrado em abundância basicamente na forma de sais inorgânicos solúveis em todos os tecidos de crescimento das plantas, o que faz supor que seja de grande importância para a divisão celular de tecidos jovens (botões florais, folhas novas e pontas de raízes). Nas sementes e em tecidos maduros a concentração de K é menor. O K intervém na formação de carboidratos bem como na redução de nitratos que é a primeira fase de produção de proteínas e de óleos nas plantas. É admitido ter influência marcante na absorção de água pelas plantas, havendo maiores problemas na resistência a seca quando está em falta, por aumentar a respiração, Chapman citado por RODRIGUEZ (101) e KOO (59). Segundo este último autor o K afeta, embora em menor escala que o N, a produção e a qualidade dos frutos cítricos.

#### 2.3.4. Teor na planta

De acordo com os resultados apresentados por KAMPFER & UEXKULL (58), o K ocupa o terceiro lugar em quantidade absorvida pelas plantas cítricas como um todo, perdendo apenas para o Ca e o N.

— O K, no entanto, é o nutriente carregado em maior quantidade pela colheita de frutos, RODRIGUEZ (101). Segundo este autor citando Chapman & KELLEY, Smith & Reuther, Labanauskas & Hardy e Bataglia et alii, uma tonelada de frutas cítricas pode remover do solo de 1,18 a 1,90 kg de N, 0,15 a 0,25 kg de P, 1,50 a 2,03 kg de K, 0,45 a 0,95 kg de Ca, 0,13 a 0,19 kg de Mg e 0,11 a 0,14 kg de S.

— As folhas de citros contêm cerca de 20% do K da planta, ficando o restante entre raízes, ramos, tronco e frutos, RODRIGUEZ (101).

Segundo este último autor as ações do K e do N se complementam nas plantas, devendo manter um certo equilíbrio. O excesso de K interfere negativamente na absorção de Ca, Mg, P, S, Cl e Na, ao passo que a falta de K induz um maior acúmulo de N, Mg, Ca, B na planta.

De acordo com os padrões estabelecidos por SMITH (113) e RIVERO (100), para folhas de citros do surto primaveril, com 4 a 7 meses de idade, de ramos não frutíferos, os teores de K na

m.s. das folhas são classificados em: deficiente (menor que 0,7%); baixo (0,7 a 1,1%); ótimo (1,2 a 1,7%); alto (1,8 a 2,3%) e excessivo (maior que 2,4%).

SANTOS (109) e OGATA (93), trabalhando no sul do Estado de Minas Gerais, encontraram teores de K nas folhas com 4 a 7 meses de idade de ramos de surto primaveril sem frutos, de 1,14 e 1,19%; 1,13 e 1,13%; 1,04 e 1,10%; 1,82 e 1,79%; 1,45 e 1,22% para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, respectivamente.

#### 2.3.5. Sintomas de deficiência e excesso

Devido ao fato do K absorvido ser diretamente translocado para os tecidos jovens em crescimento e da redistribuição de K das folhas velhas para os tecidos jovens, a deficiência de K normalmente se manifesta primeiro nas folhas mais velhas, ULRICH & OHKI (123).

No caso específico dos citros a falta de K induz sintomas característicos em folhas, ramos, flores e frutos. Em estágio avançado de deficiência as folhas das extremidades dos ramos apresentam menor tamanho, lâmina ondulada e mais grossa com a ponta encurvada e coloração amarelo-bronzeada, mais tarde aparecem manchas pardo-amareladas com áreas necróticas. Em casos mais severos ocorre o desfolhamento dos ramos com a queda de folhas que se esgotam com a migração do potássio para os frutos. Com a que

44

da das folhas nos casos mais severos de deficiência os ramos mur  
cham, soltam os frutos e secam, (73, 101, 105).

O florescimento das plantas é normalmente reduzido de acordo com o grau de deficiência de K, PURCINO (99).

Os frutos são os órgãos que apresentam os sintomas de carência mais visíveis. Ocorre grande redução no tamanho dos fru  
tos que apresentam casca fina e lisa. É comum iniciar-se um ama  
relecimento na região peduncular em vez da região estilar. Os fru  
tos tomam a cor amarelada mesmo pequenos e caem abundantemente nos casos mais severos, alguns permanecem presos ao pedúnculo se  
co, (73, 101, 105).

O problema de "creasing" (depressões na casca dos fru  
tos e trincas correspondentes no albedo) tem sido correlacionado com a deficiência de K, RODRIGUEZ (101, 105).

Os frutos apresentam menor resistência ao transporte e armazenamento e apresentam pior qualidade, MALAVOLTA (73) e RODRIGUEZ (101).

Quanto a qualidade do suco, segundo RODRIGUEZ (99), à medida que se aumenta o teor de K na planta diminui o teor de su  
co e de sólidos solúveis, diminui a relação sólidos solúveis aci  
dez pelo aumento da acidez e o teor de vitamina C. Segundo Smith citado por RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA (73), o K tem mais efeito na qualidade dos frutos do que outro nutriente.

A deficiência de K nas plantas pode fazer aumentar os teores foliares de Ca, Mg, N, B, enquanto que o excesso pode induzir deficiências de Mg, Ca, Mn e Zn, causando prejuízos na qualidade dos frutos; eles tornam-se rugosos, de casca grossa, mais ácidos, mais pobres em suco e açúcares, CHAPMAN (19) e ULRICH & OHKI (123). A maturação dos frutos pode também ser retardada a exemplo do que acontece com o excesso de N ou P, RODRIGUEZ (105).

## 2.4. Cálcio

### 2.4.1. Cálcio no solo

O Ca no solo ocorre em vários minerais primários, incluindo o cálcio ligado aos feldspatos (anortita e albita), piroxenos e anfíboles, Ca ligado à fosfatos e carbonatos. Estes últimos são particularmente importantes em solos calcários e estão normalmente presentes como calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) ou dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). As várias formas de apatita presentes nos solos incluem a maioria das formas de Ca ligado à fosfato, CHAPMAN (18) e MENDEL & KIRKBY (79).

O conteúdo de Ca em diferentes tipos de solos varia amplamente dependendo principalmente do material de origem e do grau de intemperização e lixiviação que influenciaram no desenvolvimento do solo. Solos não calcários apresentam teores de Ca variando de 0,086% a mais de 2,00%, enquanto que nos solos calcários pode variar de menos de 1,0% a mais de 25%. Solos extrema-

mente arenosos de regiões úmidas e solos turfosos fortemente ácidos são frequentemente pobres em cálcio, MENGEL & KIRKBY (79) e CHAPMAN (18). Estreita relação entre acidez do solo e seu conteúdo de Ca tem sido apontada na literatura. De um modo geral os solos ácidos são mais pobres em Ca do que os solos neutros e alcalinos, mas existem diferenças entre solos com valores comparáveis de pH. Daí, a calagem de solos ácidos ser uma prática tradicional por todo o mundo, CHAPMAN (18).

Além dos minerais primários que contêm Ca em substancial quantidade, o  $\text{Ca}^{++}$  está adsorvido aos colóides orgânicos e inorgânicos do solo. Este  $\text{Ca}^{++}$  trocável é de particular importância para a estrutura do solo, promovendo a coagulação dos colóides do solo e, portanto, melhorando a estrutura e a estabilidade das partículas do solo. Os íons  $\text{Ca}^{++}$  são fortemente adsorvidos pelas cargas negativas de diferentes tipos de minerais de argila do solo. A adsorção do  $\text{Ca}^{++}$  aos colóides orgânicos se dá principalmente com os ácidos húmicos, com a formação de humatos de Ca, CHAPMAN (18) e MENGEL & KIRKBY (79).

O Ca adsorvido aos colóides do solo ( $\text{Ca}^{++}$  trocável) tende a equilibrar com o  $\text{Ca}^{++}$  da solução do solo e, segundo NEMETH et alii (90), em um grande número de tipos de solos, existe uma relação linear entre o  $\text{Ca}^{++}$  trocável e o  $\text{Ca}^{++}$  da solução do solo sob condições de equilíbrio.

No Estado de Minas Gerais a disponibilidade de Ca no solo para as plantas é avaliada através da determinação do  $\text{Ca}^{++}$  tro

cável, extraído por uma solução de KCl 1N e titulado com EDTA 0,025N. Para fins de interpretação dos resultados, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23), os teores de  $\text{Ca}^{++}$  trocável (em e.mg/100 cc de solo) são classificados em baixo (0 - 1,5), médio (1,6 - 4,0) e alto (maior que 4,0).

#### 2.4.2. Absorção e translocação

O Ca é absorvido pelas plantas na forma iônica  $\text{Ca}^{++}$ , no entanto, não está ainda bem claro se isto ocorre por processo ativo ou passivo, MENGEL & KIRKBY (79). De acordo com experimentos conduzidos por Mâas citado por MENGEL & KIRKBY (79), a absorção de Ca por raízes de milho foi metabolicamente controlada quando a concentração de Ca no meio era baixa, enquanto que em altas concentrações de Ca a difusão foi o principal processo responsável pela absorção de Ca. Por sua vez, Clarkson et alii citados por MENGEL & KIRKBY (79), encontraram evidências experimentais de que a absorção do  $\text{Ca}^{++}$  parece ser principalmente um processo passivo.

Segundo estes últimos autores o mesmo acontece com a translocação do  $\text{Ca}^{++}$  dentro da planta. O  $\text{Ca}^{++}$  é translocado via xilema para as partes superiores da planta com a corrente transpiratória. Portanto, a intensidade da transpiração controla em grande parte a absorção e translocação de  $\text{Ca}^{++}$ .

O movimento de  $\text{Ca}^{++}$  nos vasos do xilema contudo, não po



de ser explicado simplesmente pelo fluxo de massa, uma vez que os íons  $\text{Ca}^{++}$  são adsorvidos por células adjacentes e também por âni-  
ons indifundíveis nas paredes do xilema. Outros fatores além da  
adsorção e fluxo de massa parecem estar envolvidos no movimento  
do  $\text{Ca}^{++}$ . Em plantas jovens há evidências de que o  $\text{Ca}^{++}$  seja trans-  
locado preferencialmente em direção ao ápice dos ramos e que es-  
te movimento seja induzido pela auxina ácido indol acético (IAA),  
que é sintetizada neste local, MENGEL & KIRKBY (79).

A taxa de translocação basípeta de  $\text{Ca}^{++}$  é muito baixa  
devido ao fato de que o  $\text{Ca}^{++}$  quase não é transportado via floema.  
Uma vez depositado nas folhas velhas o  $\text{Ca}^{++}$  não pode ser mobili-  
zado para os tecidos meristemáticos, mesmo quando há deficiência  
de cálcio nestes tecidos, JONES (48) e MENGEL & KIRKBY (79).

#### 2.4.3. Função na planta

O Ca ocorre nos tecidos da planta na forma de íons  $\text{Ca}^{++}$   
livres ou adsorvidos a íons indifundíveis tais como: grupos hi-  
droxílicos de radicais carboxílicos, fosfóricos e fenólicos. Es-  
tá também presente nas formas de oxalato, carbonato e fosfato de  
Ca, ocorrendo freqüentemente como depósitos nos vacúolos das cé-  
lulas. Nas sementes o Ca está predominantemente na forma de sal  
do ácido inositol hexafosfórico (ácido fítico). Nas células da  
parede celular a maior proporção do Ca está ligada a pectatos  
que estruturam a parede celular, MENGEL & KIRKBY (79).

Em resumo as funções do Ca na planta são as seguintes:

é um constituinte da parede celular; promove a formação e crescimento do sistema radicular; é requerido para a divisão e alongamento celular; exerce um papel essencial na permeabilidade das membranas celulares; as membranas de células radiculares, em particular, se rompem na ausência de Ca exudando sais inorgânicos e compostos orgânicos para o seu exterior; o Ca parece desempenhar um papel na inibição da abscisão e retarda a senescência foliar; neutraliza venenos metabólicos produzidos na planta; desempenha papel de ativador enzimático, embora comparativamente menor que outros cátions, (25, 48, 79, 121).

#### 2.4.4. Teor na planta

Segundo MALAVOLTA et alii (74), citando vários autores, o Ca é o elemento mais abundante nas partes vegetativas dos citros, seguido pelo N, K e P. O teor percentual médio de Ca nas folhas, ramos, troncos e raízes da laranjeira são da ordem de 4,20; 1,82; 0,51; 0,10; respectivamente. Nos frutos, no entanto, o Ca ocupa o terceiro lugar em abundância, perdendo para o K e o N.

O teor de Ca na folha de citros cresce durante toda a vida da mesma, o que está coerente com o fato segundo o qual a absorção de Ca é pouco afetada pelo abaixamento da temperatura, MALAVOLTA (73).

De acordo com os padrões estabelecidos por SMITH (114) para folhas de citros de surto primaveril com 4 a 7 meses de idade, de ramos não frutíferos, o teor de Ca na m.s. das folhas é assim classificado: deficiente (menor que 1,5%), baixo (1,5 a 2,9%), ótimo (3,0 a 4,5%), alto (4,6 a 6,0%) e excessivo (maior que 7,0%).

Trabalhando com as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, cultivadas no sul do Estado de Minas Gerais, SANTOS (109) e OGATA (93), encontraram teores de Ca nas folhas de ramos do surto primaveril, sem frutos e com 4 a 7 meses de idade, de: 3,47 e 2,10%; 3,06 e 2,38%; 3,68 e 2,22%; 2,47 e 1,68%; 3,16 e 1,79%, respectivamente para cultivares.

#### 2.4.5. Sintomas de deficiências e excesso

Devido a não translocação do Ca das partes mais velhas para as mais novas, os sintomas de deficiência de cálcio se manifestam nos tecidos jovens em crescimento, TING (121). Devido a ser um constituinte da lamela média das células, a divisão celular não pode ocorrer na sua ausência, daí provocando a morte dos tecidos meristemáticos.

Segundo MALAVOLTA (73) e RODRIGUEZ (105) os sintomas de carência de Ca nos citros são assim descritos: sistema radicular mal desenvolvido; redução no crescimento das plantas; clorose na margem das folhas maduras e ao longo da nervura principal; em casos severos há necrose das extremidades das folhas como se

houvesse toxidez de sais; queda prematura de folhas, seguindo-se a morte dos ramos; os frutos são pequenos, deformados e sem suco.

O excesso de Ca em solos pobres em potássio, como pode ocorrer no caso de calagens, aumenta a deficiência de K, com problemas sérios de frutos de tamanho reduzido, queda de frutos e de folhas e secamento das extremidades dos ramos, RODRIGUEZ (105).

## 2.5. Magnésio

### 2.5.1. Magnésio no solo

O conteúdo de Mg na maioria dos solos geralmente se encontra na faixa entre 0,05% para solos arenosos e 0,5% para solos argilosos. Níveis mais altos são encontrados em solos argilosos por causa do magnésio presente em minerais ferromagnesianos facilmente intemperizáveis, tais como biotita, serpentina, hornblenda e olivina. O Mg também ocorre em minerais secundários de argila, incluindo a clorita, vermiculita, illita e montmorilonita. Alguns solos contêm magnésio na forma de  $MgCO_3$  ou dolomita ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ). Solos de regiões áridas ou semi-áridas podem conter grandes quantidades de Mg na forma de  $MgSO_4$ , MENGEL & KIRKBY (80).

As formas de Mg no solo podem ser divididas em Mg não trocável,  $Mg^{++}$  trocável e  $Mg^{++}$  solúvel em água, as quais estão em

equilíbrio. A forma de Mg não trocável inclui todo o Mg presente nos minerais primários e a maioria do Mg nos minerais secundários de argila. O  $Mg^{++}$  trocável é normalmente da ordem de 5% do Mg total e esta fração juntamente com o  $Mg^{++}$  solúvel em água são de grande importância para o suprimento das plantas. O Mg ocorre no solo também em associação com a matéria orgânica, mas esta fração é normalmente menor que 1% do Mg total do solo. O teor de Mg no solo depende principalmente do material de origem e do grau de intemperização e lixiviação do solo, MENGEL & KIRKBY (80).

No Estado de Minas Gerais o  $Mg^{++}$  disponível no solo para as plantas é avaliado através da determinação do  $Mg^{++}$  trocável, extraído por uma solução de KCl 1N e titulado com EDTA 0,025 N. Para fins de interpretação dos resultados, a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23) classifica os teores de  $Mg^{++}$  trocável (e.mg/100 cc de solo) em: baixo (0 - 0,5); médio (0,6 - 1,0) e alto (maior que 1,0).

#### 2.5.2. Absorção e translocação

O Mg é absorvido pelas plantas na forma de íons  $Mg^{++}$  e em menor quantidade do que o  $Ca^{++}$  e  $K^+$ . A competição catiônica por  $NH_4^+$  e  $K^+$  quando estes estão em altas concentrações no solo, pode reduzir a absorção de  $Mg^{++}$  pelas plantas, MENGEL & KIRKBY (80).

A disponibilidade do Mg diminui com o aumento do pH,

principalmente e Mg na forma de carbonato ( $MgCO_3$ ) em pH maior que 6,0. Neste caso deve-se utilizar a forma de sulfato de magnésio, RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA et alii (75).

Segundo Malavolta citado por ANDRADE (2) os íons  $Mg^{++}$  chegam até as raízes das plantas principalmente pelo mecanismo de fluxo de massa.

A maior absorção de Mg se dá no verão, caindo bastante com a seca e o frio, o que é normal para a maioria dos nutrientes, (73, 75, 105).

O transporte de  $Mg^{++}$  na planta é semelhante ao do  $Ca^{++}$ , porquanto ambos se movem para as partes superiores da planta através da corrente transpiratória. Em contraste ao  $Ca^{++}$ , no entanto, o  $Mg^{++}$  é móvel no floema, podendo ser redistribuído na planta, das folhas velhas para as folhas novas e frutos, (73, 75, 80, 105).

### 2.5.3. Função na planta

Normalmente, mais de 70% do Mg presente nos tecidos das plantas está na forma difundível e associado a ânions inorgânicos e ânions de ácidos orgânicos tais como malato e citrato. O Mg está também associado à ânions indifundíveis incluindo oxalato e pectato; este último como constituinte da parede celular. Sementes de cereais contêm Mg na forma de sal do ácido inositol hexafosfórico (ácido fítico), MENGEL & KIRKBY (80).

A função principal do Mg no metabolismo vegetal está relacionada com o seu papel nos processos de fotossíntese e metabolismo dos carboidratos. O Mg é um constituinte da molécula de clorofila sem a qual a fotossíntese não ocorre. Muitas das enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos requerem Mg como a t i v a d a d o r e geralmente o ATP está envolvido nestas reações. O Mg é também um ativador de enzimas envolvidas na síntese de ácidos nucleicos (DNA, RNA) a partir de nucleotídeopolifosfatos. Estas reações requerem Mg e estão envolvidas com a transferência de fosfato. Em muitos casos Mn pode parcialmente substituir o Mg como, ativador nos referidos sistemas enzimáticos, DEVLIN (25).

#### 2.5.4. Teor da planta

Em virtude de fazer parte da molécula de clorofila, tam b ê m nas plantas cítricas o Mg se concentra mais nas folhas e nos ramos, com teores de 0,25 e 0,28%, respectivamente, segundo MALA V O L T A (75) citando Anônimo. No entanto para laranjeiras em frutificação a maior parte do Mg contido na planta se concentra nas folhas e frutos, de acordo com dados obtidos por MARCHAL & LACOEUILHE (76).

Segundo os padrões estabelecidos por SMITH (113) para folhas de citros do surto primaveril, com 4 a 7 meses de idade e de ramos não frutíferos, o teor de Mg na m.s. das folhas é classificado em: deficiente (menor que 0,20%), baixo (0,20 a 0,29%), ótimo (0,30 a 0,49%), alto (0,50 a 0,70%) e excessivo (maior que

0,80%).

Trabalhando com laranjeiras de dois anos de idade, ANDRADE (2) encontrou teor de Mg de 0,18% na m.s. das folhas de brotações do surto primaveril, cujos ramos originais apresentavam acentuados sintomas de deficiência de magnésio. Nas brotações primaveris oriundas de ramos com sintomas leves de deficiência de Mg, esse autor encontrou teor foliar de Mg de 0,27%.

Para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores de Mg nas folhas de ramos do surto primaveril, sem frutos e 4 a 7 meses de idade, de: 0,24 e 0,24%; 0,19 e 0,25%; 0,21 e 0,21%; 0,18 e 0,19%; 0,24 e 0,21%, respectivamente para as cultivares e autores.

Segundo MALAVOLTA et alii (75) observa-se com frequência um pequeno efeito depressivo de altas concentrações de Mg sobre os teores de potássio e cálcio nas folhas. Entretanto, elevadas concentrações de potássio reduzem drasticamente os teores de Mg.

#### 2.5.5. Sintomas de deficiência e excesso

Devido a redistribuição do Mg das folhas maduras para as folhas novas e frutos em desenvolvimento os sintomas de carência deste nutriente ocorrem primeiro nas folhas velhas e principalmente em plantas ou ramos com alta produção.

Por ser um constituinte da molécula de clorofila, na falta de Mg aparecem cloroses entre as nervuras secundárias e ao lado da nervura principal das folhas. Em estágio adiantado de deficiência o remanescente da clorofila foram um "V" verde, invertido em relação ao pecíolo. Com o progresso da migração do Mg as folhas ficam cada vez mais amareladas, caindo prematuramente. A desfolha pode causar secamento de ramos. As variedades com sementes e os ramos com mais frutos apresentam sintomas mais acentuados de carência de Mg. O depauperamento das plantas com a queda de folhas, ocasiona a redução da produção e a alternância de safras. O tamanho dos frutos é reduzido e a acidez e o teor de vitamina C são menores nas plantas deficientes, (73, 75, 105, 113).

## 2.6. Enxofre

### 2.6.1. Enxofre no solo

O S ocorre no solo nas formas inorgânica e orgânica. Esta última, como componente da matéria orgânica, chega a constituir 75% do enxofre existente no solo, SANTOS et alii (110). Segundo JONES (53) o S orgânico constitui de 70 a 90% do enxofre total do solo.

O conteúdo de S no solo está positivamente correlacionado com seu conteúdo em matéria orgânica e negativamente correlacionado com o grau de intemperização, SANCHEZ (108). De acordo

com Olson & Englestad, citados por esse autor, o teor total de S na região temperada é da ordem de 500 ppm para Molisols, 400 ppm para Alfisols e 200 ppm para Ultisols. Ainda segundo esses autores o teor total de S em solos tropicais é da ordem de 100 ppm.

Nos solos minerais bem arejados as formas de S inorgânico consistem principalmente de sulfatos ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Solos de regiões áridas podem acumular grandes quantidades de sais como  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Sob condições úmidas, entretanto,  $\text{SO}_4^{--}$  está presente na solução do solo ou adsorvido às cargas positivas dos coloides do solo. O  $\text{SO}_4^{--}$  na solução do solo está em equilíbrio com as formas presentes na fase sólida. Sob condições de solo inundado, o S inorgânico ocorre nas formas reduzidas de  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$  (Pirita) e  $\text{H}_2\text{S}$ , MENGEL & KIRKBY (85) e SANTOS et alii (110).

Segundo SANCHEZ (108), o S orgânico é mineralizado similarmente ao N orgânico e existe uma grande semelhança entre os ciclos desses dois elementos na natureza. Ainda segundo esse autor além da mineralização do S orgânico, os íons  $\text{SO}_4^{--}$  podem ser adicionados ao solo por meio da água de chuva, fertilizantes, pesticidas, água de irrigação e gases de erupções vulcânicas.

A adsorção de  $\text{SO}_4^{--}$  aos coloides do solo aumenta à medida que o pH decresce e é maior no caso de sistema oxídico ou silicatado do tipo 1:1 do que 2:1. No entanto a adsorção de sulfatos é muito mais fraca do que a de fosfatos, implicando em sua maior disponibilidade para as plantas, SANCHEZ (108) e MENGEL & KIRKBY (85).

A disponibilidade de S nos solos para as plantas tem sido avaliada e correlacionada com a quantidade de  $\text{SO}_4^{--}$  extraída por diferentes soluções extratoras. No Hawaii, Hasan et alii citados por SANCHEZ (108) determinaram um nível crítico de 8 a 10 ppm de  $\text{SO}_4^{--}$  extraído por uma solução de fosfato de cálcio. No Brasil FREIRE et alii (39), trabalhando com milho em solos de baixada do Vale do Sapucaí (MG) encontraram níveis críticos de 3 a 5 ppm de  $\text{SO}_4^{--}$  extraído por solução de acetato de amônio. Trabalhando com sorgo granífero em 12 latossolos do Estado de Minas Gerais, Fontes et alii citados por SANTOS et alii (110), determinaram como melhor extrator o  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{HO-AC}$  e os níveis críticos de  $\text{SO}_4^{--}$  no solo variaram de 6 a 12 ppm.

#### 2.6.2. Absorção e translocação

As plantas absorvem S principalmente na forma iônica  $\text{SO}_4^{--}$ , podendo também absorvê-lo, em parte, na forma gasosa  $\text{SO}_2$ , através das folhas, via estômatos, (85, 110, 121).

O verdadeiro mecanismo de absorção de S não está totalmente entendido. De acordo com investigações de Ansari & Bowling citados por MENGEL & KIRKBY (85) o  $\text{SO}_4^{--}$  é absorvido e translocado, em plantas de girassol, contra um gradiente eletroquímico, o que sugere que a absorção de  $\text{SO}_4^{--}$  seja um processo ativo.

A assimilação do sulfato pelas plantas assemelha-se à do nitrato, embora o mecanismo detalhado não esteja totalmente en-

tendido. O sulfato absorvido pelas células da planta deve ser primeiramente reduzido à formas possíveis de incorporação em compostos orgânicos, MENGEL & KIRKBY (85) e TING (127). De acordo com esse último autor, o sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ) é reduzido a sulfito ( $\text{SO}_3^{--}$ ) e posteriormente a sulfeto ( $\text{S}^{--}$ ), que é então incorporado, na forma orgânica, à molécula de L-serina formando o aminoácido cisteína, a partir do qual podem ser sintetizados outros dois aminoácidos cistina e metionina. Estes aminoácidos podem finalmente tomar parte na estrutura de proteínas.

Na faixa de pH à qual as raízes estão normalmente expostas a absorção não é muito afetada pelo pH. No entanto, Hendrix citado por MENGEL & KIRKBY (85) encontrou uma maior taxa de absorção de S por plantas de feijão a pH 6,5. Outros nutrientes de plantas parecem não afetar a absorção de  $\text{SO}_4^{--}$  pelas plantas.

O sulfato é principalmente translocado para cima (acropetalmente) a favor da corrente transpiratória e, sua translocação basípeta nas plantas superiores é muito reduzida, (85). Segundo SANTOS et alii (110) e TING (121) o enxofre apresenta pouca mobilidade no interior das plantas.

### 2.6.3. Função na planta

O S é um constituinte da molécula de aminoácidos, tais como: cistina, cisteína e metionina, os quais podem ocorrer nas plantas na forma de ácidos livres ou como unidades constituintes

de proteínas. Uma das principais funções do S nas proteínas é na formação de "ligações dissulfetos" entre cadeias polipeptídicas, contribuindo para a formação e estabilização de proteínas. Outra essencial função dos grupos SH no metabolismo está relacionada com sua participação como sítios ativos de reação com muitas enzimas. Como coenzima A (CoA-SH), está envolvido em reações energéticas, juntamente com o APS (adenosina fosfosulfato) e o PAPS (fosfoadenosina fosfosulfato), que são formas de sulfato ativado semelhantes ao ATP, TING (121) e MENGEL & KIRKBY (85). Segundo este último autor e DEVLIN (25), além destas funções, o S participa ainda da composição das vitaminas biotina e tiamina e suas respectivas atividades metabólicas.

#### 2.6.4. Teor na planta

O requerimento de S pelas plantas tem sido relatado como similar ao de fósforo, sendo ambos os teores de P e S totais nos tecidos vegetais na faixa de 0,1 a 0,3% da m.s., SANCHEZ (108). Segundo MENGEL & KIRKBY (85), o teor de S total nos tecidos vegetais é da ordem de 0,2 a 0,5% da m.s.

De acordo com SMITH (113), o porta enxerto tem mais influência na acumulação de S na parte aérea do que os níveis fornecidos; o pomeleiro promove uma absorção muito maior que o limoeiro 'Rugoso' e a tangerineira 'Cleópatra'.

Segundo os padrões de SMITH (114) os teores de S na m.

s. das folhas de citros, de ramos do surto primaveril sem frutos e com 4 a 7 meses de idade, são classificados em deficientes (menores que 0,14%); baixos (0,14 a 0,19%); ótimos (0,20 a 0,39%); altos (0,40 a 0,60%); excessivos (maiores que 0,60%).

Para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, SANTOS (109) e OGATA (93), encontraram teores de S na m.s. de folhas de ramos do surto primaveril, sem frutos e com 4 a 7 meses de idade, de: 0,21 e 0,17%; 0,20 e 0,14%; 0,26 e 0,17%; 0,17 e 0,13%; 0,21 e 0,16%, respectivamente para as cultivares e autores.

#### 2.6.5. Sintomas de deficiência e excesso

Não tem sido comum a ocorrência de deficiência de S na maioria das plantas cultivadas. Segundo SANTOS et alii (108) as aplicações de fertilizantes que contêm enxofre na sua composição, tais como sulfato de amônio e superfosfato simples, provavelmente são as principais responsáveis pela ausência de resposta a este nutriente na maioria das culturas. Além do mais, a matéria orgânica do solo, as águas de chuvas e a aplicação de alguns pesticidas que contêm S, podem ser suficientes para suprir os requerimentos de enxofre pelas plantas, MALAVOLTA (73) e MALAVOLTA et alii (75).

No caso dos citros, não foram ainda verificados sintomas de deficiências de S em plantas em condição de campo, EMBLE

TON et alii (31), MALAVOLTA (73), MALAVOLTA et alii (75) e SMITH (114). Sintomas de deficiência de S em plantas cítricas foram verificados somente em experimentos com soluções nutritivas, RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA (73) e com solos em vasos, SMITH (114) e EMBLETON et alii (31).

Devido à pouca mobilidade o S não é redistribuído na planta das folhas velhas para as novas, daí os sintomas de deficiência desse elemento ocorrerem primeiramente nas folhas novas, MALAVOLTA et alii (75), SANTOS et alii (110), TING (121).

Os sintomas de deficiência de S em citros se caracterizam principalmente por uma clorose ou amarelecimento uniforme do limbo das folhas novas, permanecendo verdes e normais as folhas velhas, MALAVOLTA (73).

Por meio de estudos com solução nutritiva conduzidos por Anônimo, citado por MALAVOLTA et alii (75) foram observados, além desse sintoma, os seguintes: redução do tamanho das folhas novas, definhamento dos ramos novos, frutos pequenos, pouco coloridos e pouco suculentos.

Segundo SMITH (114), em estudos com plantas cítricas cultivadas em solos (em vasos) as folhas de plantas deficientes em S apresentaram teores muito altos de N, P e K. Por outro lado, plantas com alto teor de S indicam uma acumulação de sais de sulfato solúveis no solo, que pode diminuir a absorção de nitratos, fosfatos, boratos e molibdatos.

## 2.7. Manganês

### 2.7.1. Manganês no solo

O Mn ocorre nos solos em várias rochas primárias e particularmente nas ferromagnesianas. O Mn liberado pela intemperização dessas rochas forma um número de minerais secundários, sendo os mais importantes a pirolusita ( $MnO_2$ ) e manganita  $MnO(OH)$ . Óxidos de Mn e Fe frequentemente ocorrem juntos em nódulos e concreções, MENGEL & KIRKBY (81) e KRAUSKOPF (61). De acordo com esse último autor o teor de Mn total do solo pode variar de menos de 20 ppm a mais de 6000 ppm. No entanto, segundo o primeiro autor os teores de Mn mais comumente se encontram na faixa de 200 a 3000 ppm.

As mais importantes frações do Mn no solo são  $Mn^{++}$  e óxidos de Mn (na forma trivalente ou tetravalente). O  $Mn^{++}$  é adsorvido à minerais de argila e matéria orgânica constitui a mais importante forma de Mn na solução do solo, principalmente para fins de nutrição de plantas. O Mn facilmente redutível também contribui para o suprimento das plantas, e juntamente com o  $Mn^{++}$  constituem o "Mn ativo". O nível de  $Mn^{++}$  no solo depende das reações de oxidação e redução, sendo portanto influenciado pelo pH do solo, teor de matéria orgânica, atividade microbiana, e umidade e textura do solo, MENGEL & KIRKBY (81), JONES (49), LABANAUSKAS (63) e KRAUSKOPF (61). Com a elevação do pH a solubilidade do Mn decresce, tornando-se pouco disponível a valores de

pH acima de 6,5. Baixa disponibilidade de Mn e sintomas de deficiências deste elemento normalmente ocorrem em solos salinos ou calcários, ou em solos ácidos que tenham recebido super calagens. Com o aumento da matéria orgânica e da atividade microbiana e em solos ácidos e de textura mais arenosa pode ocorrer lixiviação do  $Mn^{++}$ , reduzindo sua disponibilidade para as plantas. Sob condições anaeróbicas (solos inundados ou com excesso de umidade) ocorre intensa redução do Mn promovendo alto nível de  $Mn^{++}$  disponível, que pode ser tóxico às plantas.

Segundo LOPES (69) o nível crítico de 5 ppm de Mn solúvel em HCl 0,05N +  $H_2SO_4$  0,025N tem sido usado na interpretação de dados de análise de solo. Este nível foi sugerido por COX & KAMPRATH (24) para uma cultura sensível como a soja, a pH 6,0. Uma vez que a maioria dos Latossolos e Podzólicos apresenta pH 4,8 a 5,2, este valor do nível crítico de Mn será certamente menor, LOPES (69).

#### 2.7.2. Absorção e translocação

Segundo MOORE (87) citando vários autores a maioria dos experimentos evidencia que a absorção do  $Mn^{++}$  é controlada metabolicamente, à semelhança do que ocorre para a maioria dos cátions estudados. De modo semelhante a outros cátions divalentes, o  $Mn^{++}$  participa da competição catiônica, sendo particularmente reduzida a sua absorção pelo Mg, de acordo com Leöhms e Maas et alii citados por MENGEL & KIRKBY (81). Segundo esse autor a ca-

lagem também reduz a absorção de Mn, não somente pelo efeito direto do  $\text{Ca}^{++}$  na solução do solo, mas também como um resultado do aumento do pH, Maas citado por MOORE (87) encontrou que o  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{++}$  reduziram a absorção de Mn por raízes de cevada. Por outro lado, Somers & Shive citados por MENGEL & KIRKBY (81) encontraram que o aumento do suprimento de Mn reduziu o conteúdo de Fe no feijoeiro.

De acordo com MENGEL & KIRKBY (81) citando vários autores o Mn é preferencialmente translocado via xilema para os tecidos meristemáticos, provavelmente na forma de  $\text{Mn}^{++}$ , de modo que, os tecidos jovens em crescimento são geralmente ricos em Mn. O Mn é relativamente imóvel na planta não estando ainda bem claro se ele pode ser translocado via floema.

### 2.7.3. Função na planta

O principal local de ação do Mn nas plantas é nos cloroplastos, atuando na fotossíntese, mais especificamente na reação de Hill (fotólise da água), TING (121), PRINCE et alii (98), MENGEL & KIRKBY (81) e DEVLIN (25).

O Mn atua também como ativador de diversas enzimas tais como: descarboxilases e dehidrogenases do ciclo dos ácidos tricarbônicos, oxidases do ácido indol acético e fosfoenolpiruvato carboxilase. No entanto, sua essencialidade como co-fator enzimático não está totalmente clara, uma vez que outros cátions

divalentes tais como:  $Mg^{++}$ ,  $Co^{++}$ ,  $Ni^{++}$ ,  $Zn^{++}$ , podem substituir o  $Mn^{++}$ , TING (121), PRINCE et alii (98). De acordo com esse último autor, nas suas funções bioquímicas o  $Mn^{++}$  assemelha-se ao  $Mg^{++}$  e ambos os íons podem fazer ligações ou pontes entre o ATP e complexos enzimáticos tais como: fosfocinases e fosfotransferases.

O Mn pode também funcionar como um contra-íon de grupos aniônicos e no balanço iônico geral da planta, TING (121).

#### 2.7.4. Teor na planta

De acordo com numerosos dados apresentados por LABANAUSKAS (63) para uma grande variedade de plantas, os sintomas de deficiência de Mn estão associados a teores foliares menores que 20 ppm na m.s. A suficiência do Mn ocorre numa faixa bastante ampla, variando de 20 a 500 ppm. Embora exista, menos informação a respeito de nível excessivo, de um modo geral, ele se encontra acima de 1000 ppm.

Para as plantas cítricas segundo os padrões de SMITH (114) estabelecidos para folhas de ramos não frutíferos do surto primaveril com 4 a 7 meses de idade, os teores de Mn na m.s. podem ser classificados como: deficientes (menores que 18 ppm); baixos (18 a 24 ppm); ótimos (25 a 49 ppm); altos 50 a 500 ppm); e excessivos (maiores que 1000 ppm).

Trabalhando com as cultivares Valência, Natal, Pera Rio,

Baianinha e Murcote, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores de Mn na m.s. de folhas do tipo anteriormente descrito, da ordem de: 23,00 e 29,33 ppm; 21,50 e 28,00 ppm; 16,00 e 28,00 ppm; 22,00 e 30,67 ppm; 23,00 e 36,00 ppm, respectivamente para cultivares e autores.

#### 2.7.5. Sintomas de deficiência e excesso

Entre as plantas especialmente sensíveis a carência de Mn (planta indicadora), Chapman et alii e Wallace citados por LA BANAUSKAS (63), apontam as seguintes: macieira, cerejeira, citros, aveia, framboeseira e beterraba.

Os sintomas de deficiência de Mn no citros se manifestam nas folhas novas e se caracterizam pelo desenvolvimento de uma coloração verde mais clara entre as nervuras, permanecendo estas e regiões vizinhas verdes e normais. Em casos severos quase toda a folha toma uma coloração verde amarelada. As folhas jovens não possuem o brilho normal e à medida que atingem a maturidade tornam-se foscas e caem prematuramente, MALAVOLTA et alii (75) e LABANAUSKAS (63). Segundo RODRIGUEZ (103) os sintomas foliares de deficiência de Mn assemelham-se a uma leve deficiência de Zn, porém sem provocar redução do tamanho da folha. De acordo com LABANAUSKAS (63) o crescimento dos ramos é reduzido na maio  
ria das espécies de plantas frutíferas.

## 2.8. Zinco

### 2.8.1. Zinco no solo

O teor de Zn total nos solos normalmente varia de 10 a 300 ppm, dependendo do tipo de solo e seu material de origem. So los originários de rochas ígneas básicas apresentam alto teor de Zn, enquanto que os solos derivados de materiais silicosos (arenosos) apresentam teores baixos, MENGEL & KIRKBY (86) e LOPES (69). Devido a similaridade de raio iônico o  $Zn^{++}$  pode substituir o  $Fe^{++}$  e  $Mg^{++}$  na estrutura de minerais, particularmente nos ferromagnesianos, algita, hornblenda e biotita. Esses minerais constituem a principal fonte de Zn em muitos solos. O Zn também ocorre na forma de sais incluindo ZnS, esfalerita  $(ZnFe)S$ , zin-cita  $ZnO$ , e smithsonita  $ZnCO_3$ . Dois silicatos de zinco,  $ZnSiO_3$  e  $Zn_2SiO_4$  (Willemita), também podem ocorrer em alguns solos, MEN GEL & KIRKBY (86).

O Zn pode ser encontrado adsorvido aos minerais de ar-gila e matéria orgânica ou à superfícies sólidas. A adsorção po de ocorrer na forma de  $Zn^{++}$ ,  $Zn(OH)^+$  ou  $ZnCl^+$ . Interagindo com a matéria orgânica do solo o Zn pode formar complexos orgânicos so lúveis e insolúveis, MENGEL & KIRKBY (86). Segundo Hodgson et alii citados por este autor em média, 60% de Zn solúvel no solo ocorre na forma de complexos orgânicos solúveis. De acordo com STEVESON & HARDAKANI (119) os complexos orgânicos solúveis de Zn estão associados principalmente com aminoácidos, e ácidos orgâni

cos e fúlvicos, enquanto que, os complexos orgânicos insolúveis são derivados de ácidos húmicos. Devido à capacidade de adsorção do Zn pelos coloides a sua mobilidade é muito reduzida em solos com altos teores de argila e matéria orgânica.

A solubilidade de Zn e sua conseqüente disponibilidade para as plantas decresce com o aumento do pH, sendo especialmente baixa em solos com pH alto (maior que 6,5) e particularmente, em solos calcários, onde  $\text{CaCO}_3$  está presente, MENGEL & KIRKBY (86), JONES (49), LINDSAY (65) e RODRIGUEZ (103). Segundo este último autor em solos com pH igual ou menor que 5,0 o Zn se solubiliza no solo e pode ser lixiviado pelas águas de chuva ou de irrigação.

O movimento do Zn na solução do solo até a superfície das raízes ocorre predominantemente através do mecanismo de difusão, segundo ELGAWHARY et alii (28).

Algumas práticas de manejo de solo ou de adubação podem agravar ou reduzir a deficiência de Zn: a) excesso de fósforo no solo pode acarretar uma menor disponibilidade de Zn; b) superfósforos em solos ácidos podem induzir deficiência de Zn; c) adubações nitrogenadas aumentam com frequência a deficiência de Zn, o que deve ser mais devido à mudança do pH do que ao elemento N; d) a adição de matéria orgânica ou o uso de adubos verdes no solo, reduz a sintomatologia de deficiência de Zn nos citros, RODRIGUEZ (103).

Segundo LOPES (69) a maioria dos estudos de adubação com Zn para diferentes culturas no Brasil não permite calibrar graus de resposta aos fertilizantes contendo Zn e aos níveis deste nutriente no solo, devido a falta de análises químicas do solo para níveis de Zn solúvel ou disponível. Nos poucos casos em que esses dados são disponíveis, respostas acentuadas ocorrem em solos que apresentam menos de 1,0 ppm de Zn solúvel em HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N, sugerindo este valor como um possível nível crítico para interpretação de análise de Zn disponível em Latossolos e Podzólicos. Entretanto, de acordo com JONES (49) os dados indicam que o pH e o teor de P do solo são fatores tão determinantes da necessidade de Zn quanto o teor de Zn do solo, praticamente em todos os casos.

#### 2.8.2. Absorção e translocação

Há uma considerável discordância na literatura quanto a absorção do Zn pelas plantas ser um processo ativo ou passivo. Segundo MOORE (87) citando vários autores a maioria das evidências experimentais indicam que a absorção de Zn é metabolicamente controlada.

Segundo MENGEL & KIRKBY (86) a forma na qual o Zn é translocado das raízes para as partes superiores da planta não é conhecida, havendo apenas a referência de sua natureza catiônica em exudatos de plantas de tomateiro e evidências experimentais de que o Zn não se encontra ligado a compostos estáveis na planta co

mo acontece com o  $\text{Cu}^{++}$  e  $\text{Fe}^{+++}$ . O Zn é pouco móvel na planta, acumulando nas raízes principalmente quando o seu suprimento é alto no meio. Nas folhas velhas o Zn torna-se imóvel, praticamente não sendo translocado para as folhas novas.

### 2.8.3. Função na planta

Até poucos anos atrás a única enzima especificamente ativada pelo  $\text{Zn}^{++}$  era a anidrase carbônica, a qual cataliza a reação reversível do  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  para a formação  $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ . Pela sua função em muitos sistemas enzimáticos o  $\text{Zn}^{++}$  assemelha-se ao  $\text{Mn}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  promovendo a ligação e conformação entre enzimas e substratos. Nos últimos anos outras metaloenzimas foram identificadas, entre as quais podem ser citadas: desidrogenase do ácido glutâmico, desidrogenase do ácido lático, álcool desidrogenase, proteinases, peptidases e aldolases, PRINCE et alii (98) e MENGEL & KIRKBY (86).

O Zn está também intimamente envolvido no metabolismo do N na planta, MENGEL & KIRKBY (86). Segundo PRINCE et alii (98) citando vários autores, a primeira consequência possível da deficiência de Zn na planta é uma marcada redução dos níveis de RNA e da estabilidade dos ribossomos. A redução da síntese de RNA induz conseqüentemente uma inibição da síntese de proteína.

Uma das principais funções do Zn na planta está relacionada com o seu requerimento para síntese de triptofano que é

um precursor do ácido indol acético (hormônio do crescimento vegetal), MENGEL & KIRKBY (86).

Segundo RODRIGUEZ (103) a carência de Zn provoca uma diminuição acentuada da clorofila o que leva a pensar que ele interfere na sua produção.

#### 2.8.4. Teor na planta

De acordo com numerosos dados compilados por CHAPMAN (20), para uma grande variedade de plantas, a deficiência de Zn normalmente está associada com teores foliares abaixo de 20 a 25 ppm na m.s. A suficiência de Zn normalmente está associada com teores foliares numa faixa bem ampla de 25 a 150 ppm. Embora os casos de níveis excessivos de Zn na planta sejam raros, as evidências indicam como excessivos os teores foliares acima de 400 ppm.

Para os citros, segundo SMITH (113) os teores de Zn na m.s. de folhas de ramos não frutíferos, do surto primaveril, com 4 a 7 meses de idade podem ser classificados em: deficiente (menor que 18 ppm); baixo (18 a 24 ppm); ótimo (25 a 49 ppm); alto (50 a 200 ppm); e excessivo (maior que 200 ppm).

Trabalhando com laranjeiras de dois anos de idade, cultivadas em Podzólico Vermelho Amarelo e analisando as brotações primaveris oriundas de ramos normais, com deficiência leve e forte de Zn, ANDRADE (2) encontrou teores foliares de Zn de 17,75

ppm, 12,60 ppm e 11,17 ppm, respectivamente. Nas brotações originas os teores foliares de Zn eral de 15,37 ppm, 10,08 ppm e 8,23 ppm, respectivamente para ramos normais, com deficiência leve e forte. Nas brotações primaveris oriundas de ramos com deficiência forte de Zn, persistiram os sintomas mesmo com a aplicação de  $ZnSO_4$  foliar.

Para as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores de Zn nas folhas de ramos não frutíferos do surto primaveril com 4 a 7 meses de idade de: 38,50 e 22,22 ppm; 45,00 e 18,04 ppm; 15,75 e 18,76 ppm; 34,75 e 15,91 ppm; 22,75 e 31,60 ppm; respectivamente.

#### 2.8.5. Sintomas de deficiência e excesso

A deficiência de Zn ocorre praticamente em todas as áreas de cultivo de citros e é provavelmente a mais frequentemente encontrada, SMITH (113) e RODRIGUEZ (105).

Os sintomas de deficiência de Zn em citros se manifestam por uma redução do tamanho das brotações e das folhas novas. Ocorre uma clorose ou amarelecimento acentuado do limbo foliar em faixas entre as nervuras. Em casos agudos aparece o aspecto de folhas "zebradas" ou "mottle leaf" ou "frenching", os internódios são curtos, as folhas são pequenas, alongadas, pontiagudas e erectas. Quando a deficiência é mais grave ainda ocorre o super-

brotamento da planta com formação de ramos finos e curtos que suportam folhas pequenas e que depois morrem (formação de tufos de folhinhas). Há redução de botões florais ocorrendo pequena produção de frutos que são de tamanho reduzido, de casca lisa, pálidos e com pouco suco, MALAVOLTA et alii (75), RODRIGUEZ (103, 105).

Sintomas de deficiência de Zn podem também ser induzidos por excesso de adubações fosfatadas e nitrogenadas ou de calagem, MALAVOLTA et alii (75), RODRIGUEZ (103), CHAPMAN (20), OLSEN (94) e JONES (49). Com aplicação de P, na fase de crescimento da laranjeira 'Pera Rio', SOUZA (117) obteve teores menores de Zn na m.s. das folhas de ramos terminais sem frutos do surto primaveril. Resultados semelhantes foram obtidos por SILVA (112) e NICOLI (91), nestes casos com base no peso da m.s. total do limoeiro 'Cravo' seis meses pós-semeados.

Segundo CHAPMAN (20), citando vários autores, e OLSEN (92) o excesso de Zn comumente produz cloroses nas plantas devido a induzir deficiência de ferro. Deficiências de cobre também podem ser induzidas por excesso de Zn, de acordo com este último autor.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no pomar de plantas candidatas a matrizes de citros, do setor de Fruticultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL). Pomar este que compõe o Projeto MATRIZ financiado pela FINEP. A cidade de Lavras está localizada no Estado de Minas Gerais, a 918 metros de altitude, a 21°14'6" de latitude sul e a 45° de longitude W.Gr.

#### 3.1. Material

##### 3.1.1. Planta

Foram utilizadas amostras de folhas de cinco cultivares de citros. As laranjeiras (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Valência, Natal e Pera Rio. A tangerineira (*Citrus reticulata* Blanco) 'Pon Kan'. O tangor (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Citrus reticulata* Blanco) 'Murcote', exploradas na região sul do Estado de Minas Gerais, segundo OGATA (93). São clones nucelares enxertados sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) sendo que a Pera Rio é também pré-imunizada com vírus atenuado da "Tristeza".

As plantas de todas as cultivares encontravam-se dispostas no espaçamento de 6,5 m x 5,5 m e com aproximadamente um ano de idade pós-plantadas.

### 3.1.2. Solo

O solo onde foi conduzido o experimento pertence ao grande grupo Podzólico Vermelho-Amarelo, de acordo com FERREIRA (36).

### 3.1.3. Amostra experimental

Foram tomadas amostras de material superficial do solo em pontos próximos ao limite da projeção ortogonal da copa da planta constituinte da parcela e também nas <sup>L</sup>entrilhas de cada cultivar, às profundidades de 0-20 e de 20-40 cm.

A amostra foliar foi constituída de 50 folhas, para as cultivares Valência, Natal e Pera Rio e de 80 folhas para a 'Murcote' e 'Pon Kan'. As folhas utilizadas eram de tamanho normal, isentas de danos causados por doenças e pragas e foram retiradas com pecíolo, da parte mediana de ramos terminais sem frutos, do surto primaveril, e com aproximadamente cinco meses de idade.

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos (cinco cultivares) e vinte repetições. A parcela foi constituída de apenas uma planta amostrada ao acaso da população existente de cada uma das cinco cultivares em estudo.

### 3.2.2. Caracterização do estágio de crescimento das plantas

Esta caracterização foi feita por meio das mensurações do diâmetro do caule e da altura das plantas, relacionadas à idade das mesmas. A altura foi medida desde o colmo da planta até a sua extremidade mais alta, enquanto que o diâmetro do caule foi medido dez centímetros acima do ponto de enxertia, utilizando-se um paquímetro.

### 3.2.3. Avaliação do estado nutricional das plantas

#### 3.2.3.1. Avaliação visual

A avaliação visual do estado nutricional das plantas amostradas foi feita para cada nutriente, atribuindo-lhe apenas o aspecto "normal" ou "deficiente", conforme sintomatologia descrita

ta por RODRIGUEZ (105), MALAVOLTA (73) e SMITH (113). A partir desta avaliação em 20 plantas de cada cultivar, determinou-se a percentagem de plantas com sintomas de deficiência para cada nutriente.

### 3.2.3.2. Diagnose foliar

A diagnose foliar foi feita com base nos teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn na m.s. das folhas, utilizando-se para comparação os teores padrões estabelecidos por SMITH (114). Por comparação como os teores foliares considerados ótimos por esse autor, obteve-se também a percentagem de plantas por cultivar, com teor foliar abaixo do ótimo para cada nutriente.

As folhas foram coletadas à meia altura da copa das plantas, nos quatro pontos cardiais e em proporções iguais, utilizando-se apenas um amostrador treinado e seguindo-se a mesma metodologia utilizada por JONES et alii (57), JONES & EMBLETON (56), LABANAUSKA & BITTERS (64), KOO & YOUNG (60).

As amostras foliares foram colocadas em sacos de polietileno, etiquetadas e acondicionadas em caixas de isopor durante o transporte até o laboratório conforme metodologia utilizada por OGATA (92). No laboratório as amostras foliares foram preparadas para a determinação dos nutrientes de acordo com CHAPMAN & PRATT (22) e SARRUGE & HAAG (111).

#### 3.2.4. Avaliação da fertilidade do solo

A avaliação da fertilidade do solo foi feita com base nas análises das amostras de material de solo coletadas nas entrelinhas e nas covas de plantio às profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Foram analisados e classificados os teores de P, K, Mn e Zn disponíveis, os teores de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Al}^{+++}$  trocáveis e o pH em água, de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23), LOPES (69) e COX & KAMPRATH (24).

Para as determinações do P, K, Mn e Zn disponíveis utilizou-se como extrator uma solução de  $\text{HCl}$  0,05N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N. O P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro, o K em fotômetro de chama e o Mn e Zn em espectrofotômetro de absorção atômica.

Para as determinações de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Al}^{+++}$  trocáveis, utilizou-se como extrator o  $\text{KCl}$  1N, sendo o  $\text{Ca}^{++}$  e o  $\text{Mg}^{++}$  determinados por titulação com EDTA e o  $\text{Al}^{+++}$  por titulação com  $\text{NaOH}$ .

O pH em água foi determinado em pHmetro utilizando-se uma relação 1:2,5 de solo:água.

#### 3.2.5. Análise estatística

Para a comparação entre as cultivares com relação aos teores de nutrientes nas folhas e aos dados de crescimento, efetuou-se um estudo de análise de variância, segundo o delineamen-

to experimental utilizado, de acordo com GOMES (43) e STEEL & TORRIE (120). Para o teste de significância foi utilizado o teste "F", aos níveis de 5% e 1% de probabilidade. Nos casos de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.2.6. Práticas culturais

Além das demais práticas tradicionais de controle de plantas daninhas e de pragas, desbrota abaixo das pernas e debastes de frutinhos novos, especial distinção deve ser dada a adubação feita nas plantas até a época desta avaliação. Na cova de plantio (janeiro/82) foram aplicados 1 kg de fosfato de Araxá, 200 g de superfosfato simples e 10 litros de esterco de galinha. Foram feitas ainda três adubações em cobertura: em outubro/82 (5 g de sulfato de amônio/planta), em novembro/82 (10 g de sulfato de amônio/planta) e em dezembro/82 (15 g de nitrocálcio/planta).



Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

Additional faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Caracterização do estágio de crescimento

Conforme mostra o Quadro 1, através da análise de variância constatou-se diferenças de crescimento altamente significativas pelo teste F, entre as cultivares estudadas com relação aos dados de altura da planta e diâmetro do caule.

QUADRO 1 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule e altura de planta de cinco cultivares de citros um ano após o plantio - ESAL, Lavras - MG, 1985

Fontes de variação	G.L.	Altura da planta	Diâmetro do caule
Cultivares	4	0,2422**	5,7726**
Erro	95	0,0278	0,1561
CV (%)	-	12,19	15,23

\*\* Significativo pelo teste de F ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se no Quadro 2 que as cultivares Valência, Natal e Pera Rio não diferem entre si quanto à altura da planta e diâmetro do caule. De um modo geral, estas cultivares apresentaram maior crescimento que as cultivares Murcote e Pon Kan, principalmente em diâmetro do caule. Todavia, a cultivar Murcote foi a que apresentou maior altura da planta. Entre todas as cultivares a Pon Kan apresentou o menor crescimento.

QUADRO 2 - Altura da planta e diâmetro do caule a 10 cm do calo do enxerto, de cinco cultivares de citros, um ano após o plantio - ESAL, Lavras - MG, 1985

Cultivares	Dados de crescimento	
	Altura da planta (m)	Diâmetro do caule (cm)
Valência	1,370	2,92
Natal	1,450	3,06
Pera Rio	1,30	2,94
Murcote	1,500	2,21
Pon Kan	1,22	1,84
DMS (5%)	0,15	0,35

o DMS > nas apresentou altura

#### 4.2. Avaliação do estado nutricional das plantas

##### 4.2.1. Avaliação visual

Através da avaliação visual do estado nutricional das

plantas, constatou-se sintomas de deficiências somente para os nutrientes Mg e Zn. Os dados referentes à porcentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência de Mg e Zn, para cada cultivar, são mostrados no Quadro 3.

QUADRO 3 - Porcentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência de Mg e Zn em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985

Cultivares	Nutrientes	
	Mg	Zn
Valência	0	0
Natal	0	20
Pera Rio	10	25
Murcote	70	30
Pon Kan	20	15

Observa-se neste Quadro 3, que as cultivares Valência e Natal encontravam-se isentas de sintomas de deficiências de Mg, enquanto que as demais cultivares mostravam sintomas de deficiência neste nutriente. Com relação aos sintomas de deficiências de Zn observa-se que a cultivar Valência, ao contrário das demais, encontrava-se sem sintomas. A cultivar Murcote destacou-se em relação as demais, apresentando 70% das plantas amostradas com sintomas de deficiência de Mg e 30% com sintomas de Zn.

#### 4.2.2. Diagnose foliar

De acordo com o Quadro 4, a análise de variância mostrou diferenças altamente significativas pelo teste F entre as cultivares estudadas, quanto ao teor foliar dos nutrientes N, P, Ca, Mn e Zn. No entanto não foram constatadas diferenças significativas entre as cultivares com relação aos teores foliares de K, Mg e S.

Os teores médios dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn na m.s. das folhas de cada cultivar, estão apresentadas no Quadro 5, juntamente com as respectivas DMS (Tukey 5%) para fins de comparação das médias.

Complementando os resultados da avaliação visual e os teores médios foliares apresentados no Quadro 5, são mostrados no Quadro 6, os dados referentes à porcentagem de plantas por cultivar, com teor de nutriente na folha abaixo do ótimo, segundo os padrões de SMITH (114).

##### 4.2.2.1. Nitrogênio

Verifica-se no Quadro 5 que as cultivares Natal, Pera Rio e Pon Kan apresentaram teores significativamente mais elevados de nitrogênio nas folhas do que as cultivares Valência e Murcote. Entretanto, observa-se no Quadro 6 que todas as cultivares apresentavam-se isentas de plantas com teor de nitrogênio abaixo do ótimo.

QUADRO 4 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn e Mn nas folhas de cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985

*uro*

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios							
		N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn
Cultivares	4	0,3761**	0,0018**	0,1427	3,7661**	0,0003	0,0008	3,765,8360**	177,8107**
Erro	95	0,0436	0,0003	0,0640	0,1327	0,0011	0,0012	239,6284	20,1223
C.V. (%)	6,46	11,39	14,67	12,00	18,42	23,64	29,09	25,53	

\*\* Valores significativos pelo teste de F ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 5 - Teores médios de nutrientes na matéria seca das folhas de cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985

*Wald*

Cultivares	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Valência	3,09 E*	0,15 O*	1,69 O	3,50 O	0,18 D*	0,15 B*	62,17 A*	17,59 D
Natal	3,32 E	0,16 O	1,78 A	3,18 O	0,18 D	0,14 B	48,60 O	15,66 D
Pera Rio	3,23 E	0,16 O	1,79 A	3,27 O	0,18 D	0,14 B	70,20 A	22,63 B
Murcote	3,12 E	0,14 O	1,59 O	2,39 B	0,18 D	0,15 B	34,32 O	15,17 D
Pon Kan	3,41 E	0,17 A	1,78 A	2,83 B	0,19 D	0,14 B	50,75 A	16,80 D
DMS Tukey	0,18	0,02	-	0,32	-	-	13,65	3,96

\* Classificação segundo padrões de SMITH (114):

- E - teor excessivo
- A - teor alto
- O - teor ótimo
- B - teor baixo
- D - teor deficiente.

QUADRO 6 - Percentagem de plantas por cultivar, com teores de nutrientes nas folhas abaixo do ótimo, segundo os padrões de SMITH (114) - ESAL, Lavras - MG, 1985

Cultivares	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn
Valência	0	0	0	10	100	75	0	100
Natal	0	0	0	40	100	100	0	100
Pera Rio	0	0	0	30	100	85	0	100
Murcote	0	0	0	95	100	95	0	100
Pon Kan	0	0	0	60	100	95	0	100

#### 4.2.2.2. Fósforo

Quanto ao teor de P nas folhas, as cultivares Valência, Natal, Pera Rio e Pon Kan não diferiram significativamente entre si e apresentaram valores significativamente mais altos do que a cultivar Murcote, conforme o Quadro 5. Com relação à percentagem de plantas com teor foliar de P abaixo do ótimo observa-se no Quadro 6 que as cultivares estudadas não apresentavam plantas com teor abaixo do ótimo.

#### 4.2.2.3. Potássio n.s.

Pelos resultados apresentados nos Quadros 4 e 5, observa-se que as cultivares estudadas não diferiram significativamen

te entre si com relação ao teor de K na folha. Quanto à percentagem de plantas com teor de K na folha abaixo do ótimo, verifica-se no Quadro 6, que todas as cultivares não apresentavam plantas com teor de K abaixo do ótimo.

#### 4.2.2.4. Cálcio

As cultivares de laranjeira Valência, Natal e Pera Rio apresentaram teores de Ca nas folhas significativamente superiores aos apresentados pelas cultivares Murcote e Pon Kan. Observa-se no Quadro 5, que a cultivar Valência destaca-se com maior teor de Ca nas folhas, enquanto que a cultivar Murcote apresenta menor teor de Ca.

Pelos resultados apresentados no Quadro 6 verifica-se que as cultivares Valência, Natal e Pera Rio apresentaram menor percentagem de plantas com teor foliar de Ca abaixo do ótimo do que as cultivares Murcote e Pon Kan. Constata-se também que as cultivares Valência e Murcote destacam-se, respectivamente, com menor e maior percentagem de plantas com teor de Ca abaixo do ótimo.

#### 4.2.2.5. Magnésio n-S

O teor de Mg na folha não variou significativamente entre as cultivares estudadas, como pode-se observar nos Quadros 4 e 5. Pelos resultados apresentados no Quadro 6, constatou-se que

100% das plantas amostradas de todas as cultivares apresentavam teores foliares de Mg abaixo do ótimo.

#### 4.2.2.6. Enxôfre NS

Semelhantemente ao K e ao Mg, não se observou diferenças significativas entre as cultivares, quanto ao teor de S nas folhas, conforme mostram os Quadros 4 e 5.

De acordo com o Quadro 6, todas as cultivares apresentaram altas percentagens de plantas com teor foliar de S abaixo do ótimo, variando os valores observados de 75 a 100%.

#### 4.2.2.7. Manganês

O teor de Mn na folha foi significativamente mais elevado nas cultivares Valência e Pera Rio. Por outro lado, a cultivar Murcote apresentou menor teor de Mn na folha, conforme mostra o Quadro 5. Entretanto, observa-se no Quadro 6 que nenhuma das cultivares apresentou teor foliar de Mn abaixo do ótimo.

#### 4.2.2.8. Zinco

O teor de Zn na folha variou significativamente entre as cultivares, sendo que significativamente superior na cultivar Pera Rio em relação as demais, como pode-se observar nos Quadros 4 e 5. Por sua vez, as cultivares Valência, Natal, Murcote e Pon

Kan não diferiram significativamente entre si. Pelos resultados apresentados no Quadro 6, verifica-se que todas as cultivares es tudadas apresentaram 100% das plantas amostradas com teor de Zn abaixo do ótimo.

#### 4.3. Avaliação da fertilidade do solo

Nos Quadros 7 e 8 são apresentados, respectivamente, os resultados das análises químicas do solo referentes às amostras coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, nas entrelinhas e nas covas de plantio das áreas plantadas com cada cul tivar.

Pelos resultados apresentados nos Quadros 7 e 8, observa-se que o nível de fertilidade do solo não variou significa tivamente entre as áreas plantadas com cada cultivar. De um modo geral, segundo a classificação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO NO ESTADO DE MINAS GERAIS (23) a análise do solo revelou te or baixo de P e Al trocável, teor baixo a médio de Mg e Ca, teor médio a alto de K e acidez média. Os teores de Zn e Mn podem ser classificados como baixos e altos respectivamente, em relação aos teores dos micronutrientes e em relação à quantidade que é reque rida pelas plantas.

Com relação à influência do local e profundidade de amostragem pode-se destacar nos Quadros 7 e 8 os seguintes resul tados: a) Nas amostras coletadas nas entrelinhas os teores de

P, K, Ca, Mg, Zn e Mn são ligeiramente superiores na camada de 0-20 cm em relação à camada de 20-40 cm; b) nas amostras coletadas nas covas de plantio, entretanto, observa-se geralmente uma tendência para maiores teores de P e K na camada de 20-40 cm do que na de 0-20 cm; c) os teores de Al trocável e os valores de pH permaneceram praticamente inalterados independente do local e profundidade de amostragem do solo.

QUADRO 7 - Resultados das análises químicas de amostra do solo da camada de 0-20 cm, coletados nas entrelinhas (EL) e na cova de plantio (CP) em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985

Cultivares	Local de amostragem	P	K	Mn	Zn	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	pH(H <sub>2</sub> O)
		(ppm)				(m.e/100 g)			
Valência	EL	4 B*	80 A*	42	3	2,5 M*	0,7 M	0,1 B	5,7 AcM*
	CP	7 M	62 A	34	2	2,3 M	0,6 M	0,1 B	5,6 AcM
Natal	EL	3 B	123 A	78	2	2,5 M	0,8 M	0,1 B	5,1 AcM
	CP	3 B	55 M	66	2	2,3 M	0,3 B	0,2 B	5,4 AcM
Pera Rio	EL	6 M	150 A	48	2	2,4 M	0,7 M	0,1 B	6,6 AcF*
	CP	6 M	44 M	36	2	1,9 M	0,4 B	0,3 B	5,5 AcM
Murcote	EL	1 B	43 M	20	1	1,7 M	0,6 M	0,1 B	5,1 AcM
	CP	4 B	62 A	20	1	1,6 M	0,7 M	0,1 B	5,8 AcM
Pon Kan	EL	2 B	37 M	76	1	1,9 M	0,3 B	0,1 B	5,9 AcM
	CP	3 B	53 M	24	1	0,9 B	0,5 B	0,3 B	5,7 AcM

\* Os valores encontrados foram classificados conforme a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23) em:

B - Teor baixo  
M - Teor médio  
A - Teor alto

AcM - Acidez média  
AcF - Acidez fraca

QUADRO 8 - Resultados das análises químicas de amostras de solo da camada de 20-40 cm, coletadas nas entrelinhas (EL) e nas covas de plantio (CP), em cinco cultivares de citros - ESAL, Lavras - MG, 1985

Cultivares	Local de amostragem	P	K	Mn	Zn	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	pH(H <sub>2</sub> O)
		(ppm)				(m.e/100 g)			
Valência	EL	2 B*	41 M*	16	1	1,3 B	0,6 M	0,1 B	5,2 AcM*
	CP	8 M	75 A*	29	1	2,4 M	0,5 B	0,1 B	5,7 AcM
Natal	EL	2 B	95 A	50	1	2,3 M	0,8 M	0,1 B	5,1 AcM
	CP	8 M	64 A	65	1	2,4 M	0,3 B	0,1 B	5,1 AcM
Pera Rio	EL	4 B	97 A	69	3	1,2 B	0,6 M	0,1 B	6,7 AcF*
	CP	19 M	56 M	37	2	2,3 M	0,4 B	0,2 B	5,3 AcM
Murcote	EL	1 B	20 B	11	1	1,7 M	0,5 B	0,1 B	4,7 AcE*
	CP	46 A	61 A	23	2	2,3 M	0,6 M	0,1 B	5,8 AcM
Pon Kan	EL	1 B	33 M	56	1	1,4 B	0,3 B	0,2 B	5,1 AcM
	CP	9 M	59 M	28	1	1,3 B	0,6 M	0,3 B	5,5 AcM

\* Os valores encontrados foram classificados conforme a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23) em:

B - Teor baixo

AcM - Acidez média

M - Teor médio

AcF - Acidez fraca

A - Teor alto

AcE - Acidez elevada

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Crescimento das plantas

O fato das cultivares de laranjeira Valência, Natal e Pera Rio terem apresentado de um modo geral um maior crescimento, principalmente em diâmetro do caule, em relação a tangerineira Pon Kan e ao tangor Murcote, deve-se provavelmente as características inerentes determinantes do crescimento das cultivares. Segundo FIGUEIREDO (38) estas cultivares de laranjeira apresentam geralmente um porte mais elevado em relação à tangerineira 'Pon Kan' e ao tangor 'Murcote'. A maior altura apresentada pela Murcote pode ser explicada pelo seu hábito de crescimento, com ramos e copas erectos.

Outro fator que pode ter contribuído para um menor crescimento das cultivares Murcote e Pon Kan pode ser a sensibilidade dessas cultivares a baixos níveis de Mg e Zn, uma vez que nas mesmas condições de solo e adubação apresentaram maior percentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência desses nutrientes, ANDRADE (2), trabalhando com laranjeiras normais e defici

entes em Mg e Zn encontrou ramos mais curtos e com menor número de folhas nas plantas com sintomas de deficiência desses nutrientes.

À parte das diferenças entre as cultivares observa-se pelos dados apresentados no Quadro 2, que todas elas apresentaram um crescimento compatível à idade das mesmas.

## 5.2. Avaliação do estado nutricional das plantas

### 5.2.1. Avaliação visual

Os resultados da avaliação visual do estado nutricional Quadro 3, expressos em percentagem de plantas com sintomas de deficiências de nutrientes, mostraram deficiências somente de Mg e Zn e também um comportamento diferenciado entre as cultivares estudadas. Estes resultados, quando comparados aqueles apresentados nos Quadros 5, 6, 7 e 8, permitem inferir a respeito de uma provável maior tolerância das cultivares Valência e Natal a baixo nível de Mg e da 'Valência' a baixo nível de Zn no solo e nas folhas, em relação às demais cultivares, uma vez que nas mesmas condições de clima, solo e adubação não haviam apresentado sintomas de deficiência desses nutrientes e cresciam exuberantemente. Dentro deste contexto, por outro lado, a 'Murcote' poderia ser destacada como muito sensível a baixos níveis de Mg e Zn, chegando a apresentar sintomas de deficiência de Mg em 70% das plantas e sintomas de deficiência de Zn em 30% das plantas, para um teor foli

ar praticamente igual ao apresentado pelas demais cultivares.

### 5.2.2. Diagnose foliar

#### 5.2.2.1. Nitrogênio

Trabalhando com as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, OGATA (93) encontrou teores mais baixos de N nas folhas das duas últimas cultivares. No presente trabalho o mesmo fato se repetiu para a 'Murcote', que juntamente com a 'Valência' apresentou teor foliar de N mais baixo, em relação à 'Natal', 'Pera Rio' e 'Pon Kan' (Quadro 5). Por sua vez, SANTOS (109) não encontrou diferenças entre os teores foliares de N para as mesmas cultivares estudadas por OGATA (93).

No presente estudo (Quadro 5), mais importante do que as diferenças entre as cultivares é o fato de que todas elas apresentavam teores excessivos de N nas folhas, quando comparados com os padrões de SMITH (114). Verifica-se, portanto, que os resultados da análise foliar expressos nos Quadros 5 e 6 confirmam os resultados da avaliação visual em que não se observou qualquer sintoma de deficiência de N, mas sim um crescimento exuberante das plantas e com verde intenso.

Os teores excessivos de N na folha são principalmente devido às adubações com esterco de galinha na cova de plantio e com fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura, cujas do-

ses podem provavelmente ser reduzidas. A redução da quantidade de adubos, além de representar uma economia de gastos na formação do pomar, pode evitar o aparecimento de desbalanço nutricional induzido.

#### 5.2.2.2. Fósforo

Quanto ao teor de P na folha, observou-se diferenças altamente significativas entre as cultivares (Quadro 4). No entanto, a diferença foi significativa somente entre as cultivares Pon Kan e Murcote, que apresentaram os maiores e menores teores foliares de P, respectivamente. Segundo os padrões de SMITH (114) a Pon Kan apresentou um teor alto de P na folha, enquanto que a Murcote apresentou um teor classificado como ótimo. As cultivares de laranjeira Valência, Natal e Pera Rio apresentaram teores intermediários de P na folha, não diferentes significativamente daqueles apresentados pela 'Pon Kan' e 'Murcote' e também classificados como ótimo.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por OGATA (93), que constatou um menor teor de P na folha da cultivar Murcote em relação ao das cultivares Valência, Natal e Pera Rio. No entanto, SANTOS (109) trabalhando com as mesmas cultivares encontrou teores semelhantes entre 'Valência' e a 'Murcote'. Em sua avaliação a 'Pera Rio' apresentou os teores mais altos, enquanto que a 'Natal' os mais baixos.

Confirmando os resultados ora discutidos e aqueles da

avaliação visual, verifica-se para todas as cultivares (Quadro 6), que nenhuma planta, dentre as amostradas, apresentou teor de P na folha abaixo do ótimo, segundo os padrões de SMITH (114).

Os níveis ótimos a altos de P na folha das cultivares estudadas são devidos à pesada adubação fosfatada química e orgânica aplicada na cova de plantio, uma vez que o solo apresentava naturalmente um teor baixo de P disponível.

Como pode-se constatar nos Quadros 7 e 8, os teores de P disponível pelo extrator HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N, determinadas nas amostras das entrelinhas (EL), são classificados como baixos (< 5 ppm) segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23).

#### 5.2.2.3. Potássio

OGATA (93) não encontrou diferenças significativas no teor foliar de K entre as cultivares Valência, Natal, Pera Rio e Murcote. Para a cultivar Baianinha, entretanto, esse autor encontrou um teor foliar de K bem mais elevado e classificado como alto, segundo os padrões de SMITH (114). Por outro lado, para essas mesmas cultivares SANTOS (109) encontrou teores foliares de K semelhantes apenas entre as cultivares Valência, Natal e Pera Rio. Em sua avaliação a 'Murcote' apresentou teores de K mais elevados que estas três laranjeiras, porém, bem menor do que aquele observado na 'Baianinha'.

Resultados semelhantes aos de OGATA (93) foram obtidos neste trabalho. O teor de K na folha variou muito pouco entre as cultivares estudadas, sendo as diferenças não significativas (Quadros 4 e 5). Por comparação com os padrões de SMITH (114) verifica-se que os teores de K situaram-se próximos ao limite superior da faixa ótima para o elemento na folha, de modo que mesmo não havendo diferença significativa as cultivares Valência e Murcote apresentaram teores altos enquanto que a 'Natal', a 'Pera Rio' e a 'Pon Kan' apresentaram teores ótimos.

Por comparação com os padrões de SMITH (114) observa-se no Quadro 6 que em todas as cultivares estudadas nenhuma planta, dentre as amostradas, apresentou teor de K abaixo do ótimo, confirmando uma vez mais os resultados da avaliação visual.

Os níveis ótimos a altos de K na folha das cultivares, devem-se à reserva natural desse nutriente no solo estudado e a adição de matéria orgânica na cova de plantio. Os resultados das análises químicas do solo (Quadros 7 e 8) mostram níveis altos de K disponível, tanto nas covas de plantio como nas entrelinhas, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23).

#### 5.2.2.4. Cálcio

Trabalhando com diferentes cultivares de citros OGATA (93) encontrou teores semelhantes de Ca na folha das cultivares

Valência, Natal e Pera Rio, os quais foram muito superiores aos encontrados nas cultivares Baianinha e Murcote. Entre estas últimas a 'Baianinha' apresentou teor mais baixo de Ca porém, a diferença não foi significativa. Entretanto, em estudos realizados por SANTOS (109) com as mesmas cultivares obteve-se resultados um pouco diferentes. A 'Baianinha' apresentou também, o menor teor de Ca na folha, porém a 'Murcote' apresentou teores mais elevados e semelhantes aos da 'Valência' e 'Natal'. A 'Pera Rio' destacou-se entre as demais, apresentando teor de Ca significativamente mais elevado.

Neste trabalho os teores de Ca, na folha variaram significativamente entre as cultivares (Quadro 4) e com tendência semelhante à observada por OGATA (93). As cultivares de laranjeira Valência, Natal e Pera Rio apresentaram teores de Ca que não variaram significativamente entre si, mas que foram marcadamente superiores àqueles apresentados pela tangerineira 'Pon Kan' e pelo tangor 'Murcote'. A 'Murcote' apresentou teor de Ca significativamente inferior ao da 'Pon Kan'.

De acordo com SMITH (114) as cultivares Valência, Natal e Pera Rio apresentaram teores médios de cálcio na folha classificados como ótimos, enquanto que a 'Murcote' e a 'Pon Kan' apresentaram teores baixos.

As cultivares Murcote e Pon Kan, cujos teores médios de Ca na folha foram classificados como baixo, apresentaram respectivamente 95% e 60% das plantas com teor de Ca abaixo do ótimo se

gundo padrões de SMITH (114).

As cultivares Valência, Natal e Pera Rio, que foram classificadas com teor ótimo de Ca na folha, apresentaram respectivamente nesta avaliação 10%, 40% e 30% das plantas com teor de Ca abaixo do ótimo.

Esta discrepância entre as avaliações ocorre principalmente quando o teor médio a ser comparado situa-se próximo aos limites inferiores ou superiores da faixa estabelecida como padrão. Isto se deve também ao fato da média ser uma medida muito influenciada por valores extremos.

Embora os teores de Ca na folha fossem baixos em muitos casos, eles não estavam associados a sintomas visuais de deficiências como relatado na avaliação visual e não chegaram a prejudicar sensivelmente o crescimento das plantas, que era compatível à idade das mesmas. Entretanto, em concordância com o conceito de "fome oculta", admite-se que os teores baixos de Ca nas folhas das cultivares Murcote e Pon Kan tenham também contribuído para um menor crescimento das mesmas em relação as laranjeiras 'Valência', 'Natal' e 'Pera Rio'.

O suprimento de Ca suficiente para manter o crescimento normal das laranjeiras, deve-se provavelmente a Ca aplicado na cova de plantio nas formas de fosfato de araxá (42 a 45% de CaO) e superfosfato simples (25 a 28% de CaO), e à reserva do solo, que apresentava naturalmente um teor médio de  $Ca^{++}$  trocável, pe-

lo extrator KCl 1N, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23), (Quadros 7 e 8).

#### 5.2.2.5. Magnésio

Para as laranjeiras 'Valência', 'Natal' e 'Pera Rio' ANDRADE (2) encontrou nas brotações velhas do surto de verão um teor de Mg de 0,057% nas folhas de ramos com deficiência forte de Mg, a 0,077% nas folhas de ramos com deficiência leve e de 0,169% nas folhas de ramos normais. Nas brotações do surto primaveril, foram encontrados teores de Mg de 0,177% nas folhas das brotações oriundas de ramos com deficiência forte de Mg, 0,268% nas folhas de brotações surgidas em ramos com deficiência leve e de 0,247% nas folhas de brotações de ramos normais. Segundo esse autor, mesmo apresentando esses teores de deficientes a baixo de Mg, não foram observados sintomas de deficiência desse nutriente nas brotações primaveris, exceto pela redução do comprimento das brotações e do seu número de folhas.

Resultados semelhantes foram também obtidos por SANTOS (109) e OGATA (93), trabalhando com essas três cultivares de laranjeira, mais a 'Baianinha' o tangor 'Murcote'. De um modo geral os teores foliares de Mg determinados em ramos frutíferos do surto primaveril e com 4 a 7 meses de idade podem ser classificadados como baixos, de acordo com os padrões de SMITH (114).

No presente trabalho foram obtidos resultados, em par-

te, semelhantes aos de ANDRADE (2), SANTOS (109) e OGATA (93). Observa-se no Quadro 5 que todas as cultivares estudadas apresentaram teores foliares médios de Mg, aproximadamente iguais e classificados como deficientes segundo os padrões de SMITH (114).

Embora 100% das plantas amostradas de todas as cultivares apresentassem teor foliar de Mg abaixo do ótimo (Quadro 6), não se observou sintomas visuais de deficiência desse elemento nas cultivares Valência e Natal. Na 'Pera Rio' apenas 10% das plantas mostraram sintomas de deficiência de Mg.

Malavolta citado por ANDRADE (2), denomina de "fome oculta" este estado em que o teor do nutriente na planta é baixo, mas esta ainda não apresenta sintomas visuais da deficiência.

Comparando-se os teores foliares de Mg (Quadro 5) com a avaliação visual para esse nutriente (Quadro 4) e com o crescimento das plantas (Quadro 2), verifica-se que as cultivares de laranjeira, principalmente a 'Valência' e a 'Natal' apresentavam - se com crescimento aparentemente normal e sem sintomas de deficiência de Mg, mesmo com teores foliares considerados deficientes para esse nutriente. No entanto, em concordância com o conceito de "fome oculta" torna-se coerente admitir que essas cultivares teriam apresentado um maior crescimento se os teores foliares de Mg tivessem sido mantidos em nível ótimo. Em caso contrário poderia admitir-se a inadequação dos padrões de Mg utilizados para comparar estas cultivares.

Os teores deficientes de Mg nas folhas de todas as cultivares e os sintomas de deficiência observados nas plantas, são consequência do teor médio a baixo do nutriente no solo, da não inclusão de fertilizantes magnesianos na adubação das plantas e provavelmente do teor alto de K no solo e na folha.

Como pode-se observar nos Quadros 7 e 8 o solo apresentava naturalmente com teor médio a baixo de  $Mg^{++}$  trocável, pelo extrator KCl 1N, segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (23).

Segundo CHAPMAN (19) e ULRICH & OHKI (119) o excesso de K pode induzir deficiências de Mg, Ca, Mn e Zn.

#### 5.2.2.6. Enxofre

De acordo com pesquisa realizada por SANTOS (110) a cultivar Baianinha apresentou um teor foliar de S considerado baixo em relação aos padrões de SMITH (114) e que foi significativamente inferior aos das cultivares Murcote, Valência, Natal e Pera Rio. Embora essas cultivares tenham apresentado um teor ótimo de S na folha a 'Pera Rio' apresentou um teor significativamente superior em relação as demais.

Estudando estas mesmas cultivares OGATA (93) encontrou teores baixos de S na folha para todas elas, segundo os padrões de SMITH (114).

Comportamento semelhante foi obtido para a cultivar Bai aninha, que apresentou teores foliares de S significativamente in feriores em relação às demais cultivares. Entre as cultivares Val ência, Natal, Pera Rio e Murcote, esse autor não encontrou dife re nças significativas para o teor de S na folha.

Neste trabalho não houve variação significativa nos te ores foliares de S entre as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Murcote e Pon Kan (Quadro 5), os quais são classificados como bai x os por comparação com os padrões de SMITH (114). Como se obser va, estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por OGA TA (93). O teor baixo de S nas folhas de todas as cultivares po de ser atribuído ao efeito da competição aniônica na absorção de íons sulfato pelos íons nitrato e fosfato, os quais foram forne ci dos em maiores proporções por meio de adubações química e orgâ ni ca.

Embora as diferentes cultivares tenham apresentado um teor baixo de S na folha e 100% das plantas amostradas com teor foliar de S abaixo do ótimo (Quadros 5 e 6), não se observou na avaliação visual qualquer sintoma de deficiência desse nutriente. Segundo EMBLETON et alii (31), MALAVOLTA (73), MALAVOLTA et alii (75) e SMITH (114), sintomas de deficiências de S em citros não têm sido verificados em condição de campo.

Neste caso, o S contido na fração orgânica do solo, mais aquele contido no esterco de galinha, superfosfato simples e sulfato de amônio que foram aplicados às plantas, foram sufici en tes.

entes para suprir as necessidades das mesmas, se não a um nível ótimo mas a um nível de suficiência.

#### 5.2.2.7. Manganês

Trabalhando com as cultivares Valência, Natal, Pera Rio, Baianinha e Murcote, cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro, OGATA (93) encontrou teores ótimos de Mn nas folhas de todas as cultivares, segundo os padrões de SMITH (114). O teor de Mn na folha não variou significativamente entre as cultivares. Por outro lado, SANTOS (109) trabalhando com as mesmas cultivares e o mesmo tipo de solo encontrou teores baixos de Mn nas folhas das cultivares Valência, Natal, Baianinha e Murcote e teores deficientes na 'Pera Rio'. O teor foliar de Mn na 'Pera Rio' foi significativamente inferior aos das demais cultivares.

Neste estudo, conduzido em Podzólico Vermelho Amarelo, as cultivares Valência, Pera Rio e Pon Kan apresentaram teores altos de Mn nas folhas, enquanto que a 'Natal' e a 'Murcote' apresentaram teores ótimos, quando comparados aos padrões de SMITH (110), (Quadro 5).

Confirmando esses resultados e também a capacidade do solo estudado em fornecer Mn às plantas verifica-se no Quadro 6 que nenhuma planta, dentre as amostradas, apresentou teor foliar de Mn abaixo do ótimo. Confirmando também a capacidade do referido solo em fornecer Mn às plantas verifica-se pelos resultados

das análises químicas (Quadros 7 e 8) que os valores de Mn solúvel em HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N situam-se muito acima do nível crítico de 5 ppm sugerido por COX & KAMPRATH (24).

É importante ressaltar ainda que, discordando dos resultados obtidos por SANTOS (109) e OGATA (93), as cultivares Pera Rio e Valência apresentaram teores foliares de Mn significativamente superiores às 'Pon Kan' e 'Natal', que por sua vez, apresentaram teores significativamente superiores aos da 'Murcote'.

#### 5.2.2.8. Zinco

Para as laranjeiras 'Valência', 'Natal' e 'Pera Rio', ANDRADE (2) encontrou nas brotações velhas do surto de verão um teor de Zn de 12,36 ppm nas folhas de ramos com deficiência forte de Zn, 12,40 ppm nas deficiências leves de Zn, 15,37 ppm nas folhas de ramos normais. Nas brotações do surto primaveril foram encontrados teores de Zn de 17,42 ppm nas folhas de brotações oriundas de ramos com deficiência forte de Zn, 14,35 ppm nas folhas de brotações surgidas em ramos com deficiência leve e 17,75 ppm nas folhas de brotações de ramos normais. Segundo esse autor, nas brotações primaveris, foram observados sintomas foliares de deficiência de Zn somente naqueles oriundos de ramos com deficiência forte de Zn. Foi observado também uma redução significativa do comprimento das brotações e ramos deficientes em Zn.

Trabalhando com as cultivares Valência, Natal, Pera Rio,

Baianinha e Murcote, cultivadas em Latossolo Vermelho Escuro, SANTOS (109) e OGATA (93) encontraram teores foliares de Zn variando de deficiente a ótimo, segundo padrões de SMITH (114), em função das cultivares. Assim, o primeiro autor encontrou teores ótimos de Zn nas folhas das cultivares Valência, Natal e Baianinha, teores baixos para a 'Murcote' e deficientes para a 'Pera Rio'. Entretanto, o segundo autor encontrou resultados diferentes para as cultivares nas mesmas condições de clima e solo. A 'Murcote' apresentou teor ótimo de Zn na folha e significativamente superior as demais cultivares, que apresentaram teor baixo de Zn nas folhas e não diferiram entre si.

No presente trabalho os teores de Zn nas folhas de diferentes cultivares diferiram muito pouco daqueles encontrados por OGATA (109) e ANDRADE (2). Exceção deve ser feita para a cultivar Murcote que segundo OGATA (93) apresentou teor ótimo de Zn nas folhas, enquanto que neste trabalho apresentou um teor deficiente, segundo os padrões de SMITH (114). Como se observa no Quadro 5, todas as cultivares apresentaram teores deficientes de Zn nas folhas, exceto a 'Pera Rio' cujo teor foi baixo.

Estes resultados são confirmados por aqueles apresentados no Quadro 6, onde se observa que 100% das plantas amostradas de todas as cultivares apresentaram teor de Zn na folha abaixo do ótimo, segundo os padrões de SMITH (114).

Os teores deficientes de Zn nas folhas foram também confirmados através da avaliação visual (Quadro 3). Foram observa-

dos sintomas foliares de deficiência de Zn em plantas de todas as cultivares, exceto da Valência.

Os níveis deficientes de Zn nas folhas das diferentes cultivares pode ser devido a quatro causas: a) a baixa disponibilidade do nutriente no solo; b) excesso na adubação nitrogenada; c) excesso da adubação fosfatada e d) não inclusão de fertilizantes contendo Zn nas adubações das plantas.

A baixa disponibilidade do nutriente no solo pode ser comprovada pelos baixos teores de Zn solúvel em HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N (Quadros 7 e 8), comparados ao nível crítico de 1 ppm sugerido por LOPES (69) para Latossolos e Podzólicos.

Segundo vários autores citados por OLSEN (94), o excesso de adubação nitrogenada tem sido relatado como uma possível causa de deficiência de Zn em plantas cítricas e em outras culturas. As adubações com esterco de galinha na cova de plantio e fertilizantes nitrogenados em cobertura, conforme descrito no item 3 são apontados como causa dos teores excessivos de N na folha de diferentes cultivares (Quadro 5).

O excesso de P, segundo BINGHAN & MARTIN (9) e vários autores citados por SMITH (113), normalmente está associado à deficiência de micronutrientes, principalmente de Zn e Cu. Neste trabalho, a pesada adubação fosfatada aplicada na cova de plantio, conforme descrita no item 3, é apontada como a principal causa dos teores ótimos a altos de P nas folhas das cultivares (Qua

dro 5).

Os possíveis mecanismos envolvidos nas interações entre micronutrientes são discutidos detalhadamente por OLSEN (94).

### 5.3. Avaliação da fertilidade do solo

Além dos pontos já discutidos no item anterior para cada nutriente, alguns outros merecem consideração.

O fato de não ter-se encontrado diferenças acentuadas no nível de fertilidade do solo entre as áreas ocupadas pelas culturas, pode ser explicado pelo mesmo tipo de solo, classe textural e topografia e também por se tratar de uma área experimental relativamente pequena, com aproximadamente dois hectares.

Os teores de P disponível nas amostras coletadas na cova de plantio deveriam ter sido altos devido às adubações fosfatadas, química e orgânica. Porém o superfosfato simples e o fosfato de araxá foram aplicados principalmente no fundo da cova que possuía dimensões de 60 cm x 60 cm x 60 cm, daí não ser geralmente incluída nas amostras coletadas com o trado até a profundidade de 40 cm. Os teores baixos a médios de P encontrados nas covas de plantio podem estar relacionados com a baixa eficiência do extrator ( $\text{HCl } 0,05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025\text{N}$ ) em extrair P proveniente da matéria orgânica que estava contido na amostra coletada.

A inversão dos valores observados para P e K disponí-

veis nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm entre as amostras coletadas nas entrelinhas e nas covas de plantio deve-se provavelmente a inversão das camadas de solo durante o reenchimento das covas, colocando a camada superficial do solo no fundo da cova e por cima desta, o solo retirado do fundo da cova. SOUZA (117) trabalhando em Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado encontrou teores de P e K mais elevados na camada de 0-20 cm do que na de 20-40 cm. Tal fato foi constatado neste trabalho apenas para as amostras coletadas fora do local de plantio (nas entrelinhas).

Os valores de  $Al^{+++}$  trocável são baixos e os valores de pH do solo encontram-se na faixa ótima para a cultura do citros segundo RODRIGUEZ (105) e MALAVOLTA (73).

No presente caso, considerando as cultivares estudadas como plantas indicadoras da fertilidade do solo, verifica-se que o mesmo apresenta suprimentos de K e Mn suficientemente altos para sustentar o crescimento normal das plantas. Por outro lado, os suprimentos de Mg e Zn parecem estar abaixo do necessário, tendo em vista os níveis deficientes desses nutrientes nas folhas de todas as cultivares e os sintomas de deficiência observados em condições de campo.

Com relação aos demais nutrientes torna-se difícil fazer tal inferência, uma vez que, além da reserva natural do solo foram adicionados fertilizantes.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e para as condições em que foi conduzido este trabalho pôde-se tirar as seguintes conclusões:

- 1) Ocorreram variações para os teores foliares de N, P, Ca, Mn e Zn, entre as cultivares. Em relação as demais cultivares, a Murcote apresentou teores foliares desses nutrientes inferiores em cerca de 4,3%, 12,5%, 25,1%, 40,8% e 16,5%, respectivamente.
- 2) Todas as cultivares apresentaram um nível de nutrição de ótimo a alto em P, K e Mn, excessivo em N, baixo em S e deficiente em Mg e Zn. Com relação ao Ca, as três cultivares de laranja apresentaram nível ótimo de nutrição, enquanto a tangerineira 'Pon Kan' e o tangor 'Murcote' apresentaram nível baixo. Um mesmo padrão não se prestou para avaliar todas as cultivares de citros, quanto aos teores dos nutrientes de P e Mn.
- 3) Pela avaliação visual foram constatados sintomas foliares de

deficiência somente de Mg e Zn, os quais estavam em nível deficiente na m.s. das folhas de todas as cultivares. A avaliação visual da 'Murcote' e 'Pon Kan', para Mg e Zn foi consubstanciada pela determinação dos mesmos na m.s. das folhas.

- 4) O tangor 'Murcote' mostrou-se altamente sensível a baixos níveis de Mg e Zn, apresentando alta percentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência desses nutrientes em relação às demais cultivares estudadas. Por outro lado a 'Valência' e a 'Natal' mostraram-se aparentemente mais tolerantes a baixos níveis de Mg e Zn.
- 5) O Mn disponível no solo foi suficiente para manter nível ótimo a alto de nutrição desse elemento nas plantas de todas as cultivares sem a adição de fertilizantes. Os níveis ótimos a altos de P e excessivos de N foram devidos à adição de fertilizantes, que poderão ser reduzidos numa situação similar.
- 6) O teor médio de  $Mg^{++}$  trocável e o teor de Zn disponível próximo ao nível crítico desse elemento no solo não foram suficientes para nutrir as plantas das diferentes cultivares em nível adequado.
- 7) Os teores foliares baixos de S e deficientes de Mg e Zn foram devidos ao esquema de adubação utilizado, que visou principalmente os elementos N, P, K e Ca.

- 8) A análise foliar mostrou-se válida para detectar níveis baixos ou deficientes de nutrientes nas folhas antes do aparecimento dos sintomas.



## 7. RESUMO

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE CULTIVARES DE CITROS NO  
ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Este trabalho foi conduzido no pomar de plantas cítricas da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), no sul do Estado de Minas Gerais.

O principal objetivo do trabalho foi o de avaliar o estado nutricional das cinco cultivares de citros, mais exploradas na região, no estágio de desenvolvimento das mesmas.

Foram estudadas as cultivares de laranjeira Valência, Natal, Pera Rio, a tangerineira 'Pon Kan' e o tangor 'Murcote', cultivadas em Podzólico Vermelho-Amarelo de textura argilosa.

Um ano após o plantio das mudas no campo foram feitas as seguintes avaliações: a) crescimento das plantas, em diâmetro do caule e altura; b) avaliação visual dos sintomas de deficiências minerais, por planta e por cultivar; c) determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn, na m.s. das folhas; d) a-

valiação da fertilidade do solo através da determinação dos teores de P, K, Mn e Zn disponíveis,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Al}^{++}$  trocáveis e pH em água.

Pelos resultados obtidos observou-se que as cultivares Valência, Natal e Pera Rio apresentaram geralmente um crescimento superior ao da 'Pon Kan' e da 'Murcote', principalmente em diâmetro do caule. No entanto, todas as cultivares apresentaram um crescimento normal em relação à idade das mesmas.

Ocorreram variações para os teores foliares de N, P, Ca, Mn e Zn, entre as cultivares. Em relação as demais cultivares, a Murcote apresentou teores foliares desses nutrientes inferiores em cerca de 4,3%, 12,5%, 25,1%, 40,8% e 16,5%, respectivamente.

Todas as cultivares apresentaram um nível de nutrição de ótimo a alto em P, K e Mn, excessivo em N, baixo em S e deficiente em Mg e Zn. Com relação ao Ca, as laranjeiras 'Valência', 'Natal' e 'Pera Rio' apresentaram nível ótimo de nutrição enquanto que a tangerineira 'Pon Kan' e o tangor 'Murcote' apresentaram nível baixo. Os níveis deficientes de Mg e Zn nas folhas estavam associados a sintomas visuais de deficiência em todas as cultivares, exceto nas 'Valência' e 'Natal' para o Mg e na 'Valência' para o Zn, as quais mostraram-se aparentemente mais tolerantes a baixos níveis foliares desses nutrientes. A 'Murcote' mostrou-se a mais sensível a baixos níveis de Mg e Zn, apresentando alta percentagem de plantas com sintomas visuais de deficiência.

O Mn disponível no solo foi suficiente para manter nível ótimo a alto de nutrição desse elemento nas plantas de todas as cultivares sem a adição de fertilizantes. Os níveis ótimos a altos de P e excessivos de N foram devidos à adição de fertilizantes. O teor médio de  $Mg^{++}$  trocável e o teor de Zn disponível próximo ao nível crítico desse elemento no solo não foram suficientes para nutrir as plantas das diferentes cultivares em nível adequado. Os teores foliares baixos de S e deficientes de Mg e Zn foram devidos ao esquema de adubação utilizado, que visou principalmente os elementos N, P, K e Ca.

## 8. SUMMARY

### EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF CITRUS CULTIVARS, DURING THE INITIAL GROWTH STAGE

This work was carried out in the new *Citrus* orchard of the Escola Superior de Agricultura de Lavras, in the South of Minas Gerais State.

The main objective of this work was to evaluate the nutritional status of the five more widely planted *Citrus* cultivars in that region, during their initial growth stage.

Three orange cultivars were studied, namely Valência, Natal and Pera Rio. The tangerine cv. Pon Kan and the tangor cv. Murcott were also included in the study. All the cultivars were growing in Red Yellow Podzolic.

One year after the field planting the following evaluations were made: a) plant growth in stem diameter and plant height; b) visual evaluation of deficiency symptoms for each nutrient; c) leaf analysis for N, P, K, Ca, Mg, S, Mn and

Zn in the dry matter; and d) soil fertility based on the levels of available P, K, Mn, Zn and exchangeable  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Al}^{++}$ , and water pH values.

The results showed that the cultivars Valência, Natal and Pera Rio displayed a higher growth rate, mainly in stem diameter, than that of the 'Pon Kan' and 'Murcott'. However the growth pattern was that expected as normal for each cultivar.

Significant differences were observed in the leaf levels of N, P, Ca, Mn, and Zn, among the cultivars. In a general way the 'Murcott' presented the lowest leaf levels for all the nutrients analysed.

All the cultivars presented excessive levels of N nutrition, optimum to high levels of P, K, and Mn, low levels of S and deficient levels Mg and Zn. In relation to Ca nutrition, however, the orange cultivars Valência, Natal and Pera Rio presented optimum Ca leaf levels whereas both the tangerine 'Pon Kan' and the tangor 'Murcott' presented low levels.

The deficient Mg and Zn leaf levels were associated with visual deficiency symptoms for all the cultivars, except for 'Valencia' and 'Natal' in Mg and for only 'Valencia' in Zn.

The 'Murcott' was the most sensitive cultivar to low levels of Mg and Zn, showing high percentage of plants with visual deficiency symptoms of these nutrients.

The available soil Mn was enough to maintain optimum the high nutrition levels of this nutrient in all the cultivars, without any addition of Mn fertilizer. The optimum to high levels of P and excessive levels of N were due to P and N fertilizers applications. The medium content of exchangeable soil  $Mg^{++}$  and the available soil Zn content close to its critical level, were both not enough to maintain Mg and Zn nutrition to a suitable level. The low S and the deficient Mg and Zn leaf contents were due to the adopted manuring scheme, which aimed mainly the nutrients N, P, K and Ca.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARENGA, L.R. de & NOGUEIRA, D.J.P. Citricultura em Minas Gerais. In: RODRIGUEZ, O. & VIEGAS, F.C.P., coords. Citricultura brasileira. Campinas, Fundação Cargil, 1980. v.1, p.73-125.
2. ANDRADE, J.M.B. de. Avaliação das brotações de ramos com deficiência de magnésio e de zinco em laranjeiras (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Lavras, ESAL, 1984. 68p. (Tese Mestrado).
3. ARNON, D.I. & STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special referece to copper. Plant Physiology, Baltimore, 14:371-5, 1939.
4. ASO, J.P. & DANTUR, N.C. Variaciones estacionales de la concentracion de macronutrients en hojas de naranjos Valencia. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, Tucumán, 46(1):35-46, 1969.

5. AS ROUPAS DO LAR. Informação semanal Cacex, Rio de Janeiro, 20(936):26-7, 1985.
- 12  
6. BAR-AKIVA, A. Estimation des nitrates dans feuilles d'agrumes: une méthode d'évaluation des besoins en engrais azotés des agrumes. Fruits, Paris, 30(2):119-26, fév. 1975.
- 13  
7. \_\_\_\_\_; HILLER, V. & PATT, J. Effects of rootstocks, old clone nucelar scions on the mineral composition of citrus leaves. The Journal of Horticultural Science, London, 47:73-9, 1971.
8. BARBER, S.A. Mecanismos de absorção do potássio por plantas no solo. In: YAMADA, T., ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.213-26.
9. BINGHAM, F.T. & MARTIN, J.P. Effects of phosphorus fertilization on the minor element nutrition of citrus. Citrus leaves, Los Angeles, 35(6):8-9, 28, 1955.
10. BITCOVER, E.H. & WANDER, I.W. Some observations on nitrite formation of by citrus. Plant Physiology, Baltimore, 25:461-8, 1950.
11. BLACK, C.A. Soil-plant relations. 2ed. New York, J. Willey, 1968. 792p.

12. BOUMA, D. Nutrient uptake and distribution in subterranean clover during recovery from nutritional stresses. I. Experiments with phosphorus. Australian Journal Biological Science, East Melbourne, 20:613-21, 1967.
13. BRADY, N.C. The nature and properties of soils. 8.ed. New York, MacMillan, 1974. 639p.
14. BRAGA, J.M. Estado nutricional de um pomar cítrico e influência de fatores ambientais no teor de elementos na folha. Revista Ceres, Viçosa, 17(91):61-75, 1970.
15. BUCKMAN, M.O. & BRADY, C.N. Natureza e propriedades dos solos. 4.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974. 594p.
16. BUENO, D.M. Efeito do superfosfato triplo no crescimento inicial de porta-enxertos de citros, em diferentes tipos de solos. Lavras, ESAL, 1984. 176p. (Tese Mestrado).
17. CARPENA, O.; LLORENTE, S. & ALCARAZ, C. Influência de la variedade de citros em la evolucion foliar NPK. Anales de Edafologia Y Agrobiologia, Murcia, 18(9/10):725-34, 1969.
18. CHAPMAN, H.D. Calcium. In: \_\_\_\_\_, ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1965. p.65-92.
19. \_\_\_\_\_. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D. & WEBBER, H.J., eds. The citrus industry. Berkeley, University of California, 1965. p.212-27.

20. CHAPMAN, H.D. Zinc. In: \_\_\_\_\_ . ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1965. p.484-99.
21. \_\_\_\_\_; & PARKER, E.R. Weekey absorption of nitrate by young, bearing orange trees growing out of doors in solution cultures. Plant Physiology. Baltimore, 17:366-76, 1942.
22. \_\_\_\_\_; & PRATT, P.F. Metodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México, Trillas, 1973. 195p.
23. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3a. aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
24. COX, F.R. & KAMPRATH, E.J. Micronutrients soil tests. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America Incorporation, 1972. p.289-317.
25. DEVLIN, R. Functions of the essential mineral elements and symptoms of mineral deficiency. In: \_\_\_\_\_. Plant Physiology. 3.ed. New York, D. Van Nostrand, 1975. p. 353-71.
26. DOCE LIDERANÇA. Informação semanal Cacex, Rio de Janeiro, 19(902):2-9, 1984.

27. EATON, F.M. Sulfur. In: CHAPMAN, H.D. ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1965. p.
28. ELGAWARY, S.M.; LINDSAY, W.L. & KEMPER, W.D. Effects of complexing agent and acids on the diffusion of zinc a simulated root. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34:211-4, 1970.
29. EMBLETON, T.W.; JONES, A.C. & WEBBER, J.C. Plant nutrition and citrus crop quality and yield. Hortscience, St. Joseph, 10(1):48-50, Feb. 1975.
30. \_\_\_\_\_; KIRKPATRICK, J.D. & PARKER, E.R. Visible response of phosphorus deficient orange trees to phosphatic fertilizers, and seasonal changes in mineral constituents of leaves. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 60:55-64, 1952.
31. \_\_\_\_\_; REITZ, H.J. & JONES, W.W. Citrus fertilization. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L.D. & WEBBER, H.J., eds. The citrus industry. Berkeley, University of California, 1968. v.2., p.122-82.
32. EMMERT, F.H. Chemical analysis of tissue as a means determining nutrient requirements of deciduous fruit plants. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 73:521-47, 1959.

33. EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
34. ERGLE, D.R. & GUINN, G. Phosphorus compounds of cotton embryos and their changes during germination. Plant Physiology, Baltimore, 34:476-82, 1959.
35. FAWUSY, M.O.A. & ORMROD, D.P. Temperature effects on the growth and zinc nutrition of sweet orange. Horticulture Research, Edinburg, 15:1-8, 1971.
36. FERREIRA, F.R. Influência da borbulhia sobre e entre gemas, no vingamento e crescimento inicial de cultivares de videira. Lavras, ESAL, 1977. 44p. (Tese Mestrado).
37. FERRI, M.G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EDUSP, 1979. v. 1, 331p.
38. FIGUEIREDO, J.O. Variedades - copa de valor comercial. In: RODRIGUEZ, O. & VIÉGAS, F., coords. Citricultura Brasileira. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.2, p.241-78.
39. FREIRE, J.C.; MATTOS, R.; SOUZA, J.J. de & BAHIA, F.G.T. de C. Resposta a níveis de enxofre em solos de baixada do Vale do Sapucaí - Minas Gerais. Agros, Lavras, 4(1):30-44, 1974.

40. GALLO, J.R. A análise foliar aplicada as culturas econômicas do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomico, 1961. 15p.
41. \_\_\_\_\_; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O. & FRAGA JR., C.G. Influência da variedade e do porta-enxerto, na composição mineral das folhas de citros. Bragantia, Campinas, 19 (20):307-18, abr. 1960.
42. GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. & WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(1):1-17, jan. 1980.
43. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 6.ed. São Paulo, Nobel, 1976. 430p.
44. GONZALES-SICÍLIA, E. & GUARDIOLA, J.L. Análises foliar en el género Citrus L. III. Composición minerales de las hojas. Anales do Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, Madrid, 16:255-67, 1967.
45. HIROCE, R. Alguns métodos para perfeita adubação dos solos. O Estado de São Paulo, São Paulo, set. 1979. Suplemento Agrícola, (1265):5-19.
46. INFORME AGROPECUÁRIO. Belo Horizonte, EPAMIG, v.5, n.52, maio 1979.

47. JACKSON, P.C. & HAGEN, C.E. Products of orthophosphate absorption by barley roots. Plant Physiology, Baltimore, 35:236-332, 1960.
48. JONES, U.S. Calcium, magnesium and finely ground limestone. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p.215-44.
49. \_\_\_\_\_. Micronutrientes - for healthy plant growth. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p.37-82.
50. \_\_\_\_\_. Nitrogen - the Keystone of protein. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p.37-82.
51. \_\_\_\_\_. Phosphorus - the key to life. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p.37-82.
52. \_\_\_\_\_. Potassium. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p. 198-214.
53. \_\_\_\_\_. Sulfur. In: \_\_\_\_\_. Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston Publishing, 1982. p.83 -109.

54. JONES, U.S. The soil-plant growth situation. In: \_\_\_\_\_ .  
Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston, Reston  
Publishing, 1982. p.1-19.
55. JONES, W.W. Nitrogen. In: CHAPMAN, H.D., ed. Diagnostic  
criteria for plants and soils. Riverside, University of  
California, 1965. p.310-23.
56. \_\_\_\_\_ & EMBLETON, T.W. Development and current status of  
citrus leaf analysis as a guide to fertilization in  
California. In: INTERNATIONAL CITRUS SIMPOSIUM, 1.,  
Riverside. Proceedings... California, University of  
California, 1969. v.3, p.1669-71.
57. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; FOOT, J.H. & PLATT, R.G. Response of  
young lemon trees to potassium and zinc application, yield  
and fruit quality. Journal of the American Society for  
Horticultural Science, Riverside, 98(4):414-6, July, 1973.
58. KAMPFER, M. & UEXKULL, H.R. von. Nuevos conocimientos sobre  
la fertilization de citricos. 3.ed. Hannover, Verlags  
Gesellschaft fur Ackerbon, 1966. 104p. (Boletim Verde,  
1).
59. KOO, R.C.J. Nutrição e adubação dos citros. In: YAMADA, T.,  
ed. Nutrição mineral e adubação dos citros. Piracicaba,  
Instituto da Potassa & Fosfato, 1979. p.99-122. (Bole -  
tim Técnico, 5).

60. KOO, R.C.J. & YOUNG, T.W. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, Riverside, 97:792-4, Nov. 1972.
61. KRAUSKOPF, B.K. Geochemistry os micronutrients. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science of American Incorporation, 1972. p.7-40.
62. KUPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba, 1981. p.27-54.
63. LABANAUSKAS, C.K. Manganese. In: CHAPMAN, H.D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1965. p.264-85.
64. \_\_\_\_\_ & BITTERS, W.P. The influence of rootstocks and interstocks on the nutrient concentration in 'Valencia' orange leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, Riverside, 99(1):32-3, Jan. 1974.
65. LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science Society of American Incorporation, 1972. p.41-57.

66. LOPES, A.S. Fósforo. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 7(81):34-46, set. 1981.
67. \_\_\_\_\_. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T. ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.51-65.
68. \_\_\_\_\_. Solos sob "Cerrado"; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
69. \_\_\_\_\_. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.347-82.
70. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. São Paulo, Ceres, 1970. 189p.
71. \_\_\_\_\_. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba, Pioneira, 1980. 251p.
72. \_\_\_\_\_. Manual de química agrícola. São Paulo, Ceres, 1967. 606p.
73. \_\_\_\_\_. Nutrição mineral e adubação dos citros. In: YAMADA, T., ed. Nutrição mineral e adubação dos citros. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1979. p.13-70. (Boletim Técnico, 5).



74. MALAVOLTA, E. & GOMES, F.P. Foliar diagnosis in Brazil. In: REUTHER, W., ed. Plant analysis and fertilizers problems. Washington, American Institute of Biology Science, 1960. p.180-9.
75. \_\_\_\_\_; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 727p.
76. MARCHAL, J. & LACOUILHE, J.J. Bilan mineral der mandarinier "Wiking". Fruits, Paris, 24(6):299-318, 1969.
77. MARTIN, P. Pathway of translocation of  $^{15}\text{N}$  from labelled nitrate or ammonium in Kidney bean plants. In: KIRKBY, E.A., ed., Nitrogen of the plant. England, the University of Leeds, 1970. p.104-12.
78. MARTINEZ GARCIA, J.L.; COTOLÍ, A. & PICÓ, F. Evolucion del contenido en macroelementos en hojas y frutos de Washington Navel y Valência late, a largo del ano. In: CONGRESSO MUNDIAL DE CITRICULTURA, 1., Murcia, 1973. Madrid, Ministério da Agricultura, 1974. v.1, p.177-83.
79. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Calcium. In: \_\_\_\_\_. Principles of plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash Institute, 1979. p.391-410.

80. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Magnesium. In: \_\_\_\_\_.  
Principles of plant nutrition. 2.ed., Berne, International  
Potash Institute, 1979. p.411-23.
81. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Manganese. In: \_\_\_\_\_. Principles  
of plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash  
Institute, 1979. p.441-50.
82. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Phosphorus. In: \_\_\_\_\_. Principles  
of plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash  
Institute, 1979. p.347-66.
83. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Plant nutrients. In: \_\_\_\_\_.  
Principles of plant nutrition. 2.ed., Berne, International  
Potash Institute, 1979. p.11-24.
84. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Potassium. In: \_\_\_\_\_. Principles  
of plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash  
Institute, 1979. p.367-83.
85. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Sulfur. In: \_\_\_\_\_. Principles of  
plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash  
Institute, 1979. p.329-46.
86. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Zinc. In: \_\_\_\_\_. Principles of  
plant nutrition. 2.ed., Berne, International Potash  
Institute, 1979. p.45-61.

87. MOORE, D.P. Mechanisms of micronutrients uptake by plants. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America Incorporation, 1972. p.171-98.
88. MUNSHI, S.K.; SING, R.; VIJ, V.K. & JAWANDA, J.S. Mineral composition of leaves in relation to degree of granulation in sweet orange. Scientia Horticulture, India, 9:357-67, June, 1978.
89. NAIME, U.J. Solos para citros. Informe agropecuário, Belo Horizonte, 5(2):13-5, abr. 1979.
90. NEMETH, K.; MENGEL, K. & GRIMME, H. The concentration of K, Ca, and Mg in the saturation extract in relation exchangeable K, Ca and Mg. Soil Science, Baltimore, 109: 179-85, 1970.
91. NICOLI, A.M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro 'Cravo' (Citrus limonia Osbeck) em vasos, até a repicagem. Lavras, ESAL, 1982. 103p. (Tese Mestrado).
92. NOGUEIRA, F.D.; VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L. & FRANÇA, G. E. O potássio na agricultura em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(81):47-52, set. 1981.
93. OGATA, T. Influência das cultivares, surtos vegetativos e tamanho das folhas nos teores de nutrientes foliares dos citros. Lavras, ESAL, 1980. 79p. (Tese Mestrado).

94. OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVERT, J. J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Soil Science of America Incorporation, 1972. p.243-64.
95. ORTUNO, A.; GARPENA, O. & ALCARAZ, C. Influência de la variedad en el balance nutrient de los citrus. I. Macronutrientes. Anales de Edafologia Y Agrobiologia. Murcia, 20(11/12):113-21, 1971.
96. PIZA-JUNIOR, C. de T. Adubação de citros. Piracicaba, ESALQ, 1934. 150p.
97. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. Soil fertility manual. Atlanta, Georgia, Potash & Phosphate Institute, Research and Education, 1979. 88p.
98. PRINCE, C.A.; CLARK, H.E. & FUNKHOUSER, E.A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America Incorporation, 1972. p.231-42.
99. PURCINO, A.A.C. Nitrogênio. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(81):16-27, set. 1981.
100. RIVERO, J.M. Del. Los estados de carência en los agríos. 2.ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1968. 150p.

101. RODRIGUEZ, O. A importância do potássio em citricultura. In: YAMADA, T., ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.507-13.
102. \_\_\_\_\_. Aspectos principais da nutrição e carências minerais dos citros. In: TEÓFILO SOBRINHO, J. Palestras e debates sobre citricultura; Cordeirópolis, 1977. p.37-57. (1º Ciclo de Palestras e Debates Sobre Citricultura).
103. \_\_\_\_\_. Micronutrientes essenciais aos citros. In: FUNDAÇÃO CARGILL, ed. Micronutrientes, Campinas, Fundação Cargill, 1982. p.107-23.
104. \_\_\_\_\_. Níveis de macro e micronutrientes na citricultura mundial. In: TEÓFILO SOBRINHO, J. et alii. Nutrição e adubação dos laranjais. Cordeirópolis, Instituto Agrônomo, 1978. p.67-75.
105. \_\_\_\_\_. Nutrição e adubação dos citros. In: RODRIGUEZ, O. & VIÉGAS, F.C.P., coords. Citricultura brasileira. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v.2, p.387-430.
106. \_\_\_\_\_ & GALLO, J.R. Levantamento do estado nutricional de pomares cítricos de São Paulo pela análise foliar. Bragantia, Campinas, 20(48):1183-202, dez. 1961.

107. ROY, W.R. & GARDNER, F.E. Seasonal absorption of nutrient ions by orange tree in sand culture. Proceedings American of Society Horticulture Science, Geneva, 47:107-81, 1946.
108. SANCHEZ, P.A. Phosphorus, silicon and sulfur. In: \_\_\_\_\_, Properties and management of soils in the tropics. Raleigh, John Wiley, 1976. p.
109. SANTOS, M.G.F.M. Influência da cultivar e do número de frutos nos teores de nutrientes foliares de citros. Lavras, ESAL, 1980. 77p. (Tese Mestrado).
110. SANTOS, H.L. dos; VASCONCELOS, C.A.; FRANÇA, G.E. de & NOGUEIRA, F.D. Enxofre. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(81):53-62, set. 1981.
111. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
112. SILVA, J.V.B. Efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em vasos, até a repicagem. Lavras, ESAL, 1981. 100p. (Tese Mestrado).
113. SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: GHILDERS, N.F., ed. Fruit nutrition. 3.ed. New Jersey, Somerset, 1966. p. 174-207.

114. SMITH, P.F. Leaf analysis of citrus. In: CHILDERS, N.F. Fruit nutrition. 3.ed. New Jersey, Somerset, 1966. p. 208-28.
115. \_\_\_\_\_. Mineral analysis of plant tissues. Annual Review Plant Physiology, Palo Alto, 13:81-108, 1962.
116. SOUZA, M. de. Adubação das plantas cítricas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(52):26-31, abr. 1979.
117. \_\_\_\_\_. Efeito do P, K e Ca no crescimento da laranjeira 'Pera Rio' (Citrus sinensis L. Osbeck) em Latossolo Vermelho-Escuro fase de cerrado. Piracicaba, ESALQ, 1976. 132p. (Tese Doutorado).
118. \_\_\_\_\_ & LIMA, P.C. Adubação da laranjeira 'Pera Rio' (*Citrus sinensis* Osb.) com P, K e Ca em Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado. II. Efeito no teor de macronutrientes foliares na fase de crescimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. Anais... Pelotas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. p. 535-46.
119. STEVENSON, F.J. & ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVERT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. Micronutrientes in Agriculture. Madison, Soil Science Society of American Incorporation, 1972. p.79-114.

120. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mac-Graw Hill, 1960. 320p.
121. TING, I.P. Plant mineral nutrition and ion uptake. In: \_\_\_\_\_ . Plant physiology. Reading, Addison Wesley Publishing, 1982. p.331-63.
122. TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3.ed. New York, MacMillan, 1975. 694p.
123. ULRICH, A. & OHKI, K. Potassium. In: CHAPMAN, H.D., ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1965. p.362-93.
124. USHERWOOD, N.R. Interação do potássio com outros ions. In: YAMADA, T., ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.227-47.
125. VETTORI, L. Métodos de análise do solo. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura - Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
126. VIEIRA, L.S. Manual da ciência do solo. São Paulo, Ceres, 1975. 464p.
127. WALLACE, A. Ammonium and nitrate N absorption by *Citrus*. Soil Science, Baltimore, 78:89-94, 1953.