

RELAÇÃO Ca:Mg:K NO DESENVOLVIMENTO, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO MINERAL E DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS COM O CÁLCIO EM TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum*, Mill.)

HIDEAKI WILSON TAKAHASHI

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1989

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Takahashi, Hideaki Wilson

Relação Ca:Mg:K no desenvolvimento, produção, composição mineral e distúrbios fisiológicos relacionados com o cálcio em tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). Piracicaba, 1989.

167p.

Tese - ESALQ

Bibliografia.

1. Cálcio em tomate 2. Magnésio em tomate 3. Podridão apical em tomate 4. Potássio em tomate 5. Tomate - Distúrbio fisiológico 6. Tomate - Nutrição I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 635.642

RELAÇÃO Ca:Mg:K NO DESENVOLVIMENTO, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO MINE-
RAL E DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS COM O CÁLCIO EM
TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum*, Mill.)

Hideaki Wilson Takahashi

Aprovada em: 19/12/1989

Comissão julgadora:

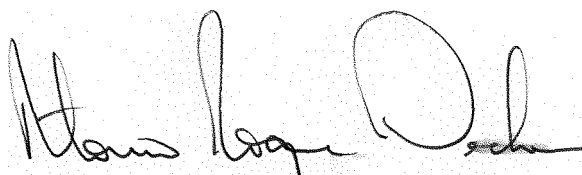
Prof. Dr. Henrique Paulo Haag ESALQ/USP

Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen ESALQ/USP

Prof. Dr. Keigo Minami ESALQ/USP

Profª Drª Nilva Terezinha Teixeira Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Manoel Carlos Gonçalves - Fundação
Pinhalense de Ensino



Prof.Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Orientador

- Ao Prof.Dr. Antonio Roque Dechen, pela orientação segura, apoio e amiza de oferecido em todos os momentos, minha profunda gratidão;
- Ao Prof.Dr. Henrique Paulo Haag do Departamento de Química da ESALQ, pelo incentivo;
- Ao Prof. Quirino Augusto Camargo Carmelo do Departamento de Química da ESALQ;
- Ao Prof. José Carlos Vieira de Almeida da UEL;
- À Lúcia Helena Pavan Forte do Departamento de Química da ESALQ;
- Aos Funcionários da Seção de Pós-Graduação da ESALQ;
- Aos Amigos do Departamento de Agronomia da UEL;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo;
- À Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade;
- Ao Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia - CONCITEC
- Aos meus familiares e amigos,

meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	iv
SUMMARY	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Papel do cálcio na planta	3
2.2. Respostas à cálcio do substrato	10
2.3. Alguns fatores relacionados com a nutrição cálcica	16
2.4. Efeitos da concentração catiônica do substrato na composição mineral, produção e distúrbios fisiológicos	27
2.5. Nutrição potássica	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1. Aspectos gerais	59
4.2. Caules	64
4.2.1. Matéria seca	64
4.2.2. Nitrogênio	66
4.2.3. Fósforo	68
4.2.4. Potássio	68
4.2.5. Cálcio	70
4.2.6. Magnésio	72
4.2.7. Enxofre	74
4.3. Folhas	90
4.3.1. Matéria seca	90
4.3.2. Nitrogênio	91
4.3.3. Fósforo	92
4.3.4. Potássio	93
4.3.5. Cálcio	96
4.3.6. Magnésio	99
4.3.7. Enxofre	101
4.4. Frutos	118
4.4.1. Produção de frutos	118
4.4.2. Nitrogênio	121

4.4.3. Fósforo	122
4.4.4. Potássio	122
4.4.5. Cálcio	125
4.4.6. Magnésio	129
4.4.7. Enxofre	130
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.	152
6. CONCLUSÕES.....	155
LITERATURA CITADA.....	157

RELAÇÃO Ca:Mg:K NO DESENVOLVIMENTO, PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO MINERAL E DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS COM O CÁLCIO EM TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum*, Mill.)

Hideaki Wilson Takahashi

Orientador: Prof.Dr. Antonio Roque Dechen

RESUMO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), variedade Santa Adélia, de crescimento determinado, foi cultivado em soluções nutritivas contendo 3 níveis de cálcio (50, 200 e 350 ppm), 3 níveis de magnésio (12, 48 e 84 ppm) e 3 níveis de potássio (58, 234 e 410 ppm) arranjadas no esquema fatorial para atender os seguintes objetivos: (a) testar a hipótese de que o "coração preto" seria uma podridão apical manifestada em menor intensidade de tal forma que atinge somente os tecidos internos da parte apical do fruto; (b) determinar o nível crítico de cálcio, magnésio e potássio nos frutos; (c) estudar as condições em que aparecem os sintomas de carência dos cátions cálcio, magnésio e potássio; (d) estudar os efeitos das diversas relações catiônicas na solução nutritiva na produção, incidência de podridão apical e composição mineral da parte aérea e (e) estudar as correlações entre os teores de cátions na solução nutritiva e composição de nutrientes nos diversos órgãos da parte aérea.

Os resultados mostraram que:

- não foi possível comprovar a hipótese de que o distúrbio denominado "coração preto" seria uma espécie de podridão apical em menor grau de severidade;

- os teores críticos de potássio, cálcio e magnésio no fruto, determinado pelo método de Cate e Nelson foram 2,88%, 0,10% e 0,14%,

respectivamente;

- o teor médio de cálcio nas folhas entre todos os tratamentos foi 3,57% e em teores superiores a 2,39% não foi observada a ocorrência de podridão apical;

- a distribuição de matéria seca entre os órgãos da parte aérea da planta de tomateiro foi 9%, 19% e 72% para caules, folhas e frutos, e a distribuição de cálcio foi 12%, 79% e 9%, respectivamente;

- a soma de cátions, dado em mg/100 g de matéria seca de folha, foi muito sensível a modificação individual da concentração dos cátions na solução nutritiva, portanto não se verificou a constância da soma de cátions devido a compensação de absorção entre cátions;

- em todos os tratamentos em que a dose de cálcio era 50 ppm, sempre houve incidência de podridão apical;

- o aumento da dose de magnésio na solução nutritiva nas combinações em que o cálcio era 50 ppm, provocou maior incidência de frutos com podridão apical;

- o cátion potássio representou 80% do total de cátions acumulados nos frutos;

- a variação do teor de cálcio nos frutos em função das diversas combinações de concentrações catiônicas na solução nutritiva foi de 0,01 a 0,26%, e os maiores teores foram encontrados nos tratamentos com concentrações altas de cálcio;

- o primeiro sintoma de deficiência de cálcio foi a paralisação completa de crescimento dos brotos laterais nos tratamentos na dose de 50 ppm de cálcio, e quando associada com a dose de 410 ppm de potássio, essa paralisação evoluiu para necrose dos mesmos;

Também foram realizados estudos de regressão entre diversos parâmetros, análise dos efeitos de interação entre tratamentos e descrição dos sintomas de carência dos cátions estudados.

EFFECT OF THE CONCENTRATION RATIO OF Ca:Mg:K ON THE GROWTH, YIELD, MINERAL COMPOSITION AND PHYSIOLOGICAL DISTURBS RELATED TO CALCIUM NUTRITION IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum*, Mill.)

Hideaki Wilson Takahashi

Adviser: Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

SUMMARY

The cultivar Santa Adélia of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill), with determinated growth was grown in nutritive solution containing three levels of calcium (50, 200 and 350 ppm), three levels of magnesium (12, 48 and 84 ppm) and three levels of potash (58, 234 and 410 ppm), with the following objectives: a) checking the hypothesis that "coração preto" would be a blossom end rot manifested in less intensity in a way that affect only the internal tissues of the terminal end of the fruit; b) determinating the critical level of calcium, magnesium and potash in the fruits; c) studying the conditions in which the deficiency symptoms of calcium, magnesium and potash appear; d) studying the effects of various cationic relations in nutritive solution in relation to yield, incidence of blossom end rot, and mineral composition of the aerial part and e) studying the correlations between the cationic levels in the nutritive solution and the nutrient composition in the various organs of the aerial parts.

The results showed that:

- it was not possible to confirm the hypothesis that the disturbance called "coração preto" would be some kind of blossom end rot in a low degree of severity;

- the critical levels of potash, calcium, magnesium in the fruit, determinated by the method of Cate e Nelson were 2,88%, 0,10% and

0,14% respectively;

- the average level of calcium in the leaves between all treatments was 3,57% and in levels above 2,39% it was not observed the incidence of blossom end rot;

- the distribution of dry matter among the aerial part organs of the tomato plant was 9%, 19% and 72% for shoots, leaves and fruit, and the distribution of calcium was 12%, 79% and 9%, respectively;

- the cation sum, in me/100g of dry matter of leaves, was very sensible in relations to the individual modification of cation concentration in the nutritive solution, so it was not verified the theory of cation sum constancy;

- in all treatments in which the calcium level was below 50 ppm, it occurred blossom end rot;

- the increasing of magnesium level in the nutritive solution in the combinations in which calcium level was 50 ppm, showed a great incidence of blossom end rot;

- the cation potash represented 80% of the total of accumulated cations in the fruit;

- the variation of calcium level in the fruit according to the various cationic concentration in the nutritive solution was from 0,01 to 0,26%, and the highest levels were found in the treatments with high levels of calcium;

- the first symptom of calcium deficiency was the growing paralysation of lateral branches in the doses of 50 ppm, and when it was associated with 410 ppm of potash, the symptom was necrosis.

It was also made regression studies among the various parameters, interaction effects among them, and description of cation deficiency symptoms.

1. INTRODUÇÃO

O tomate é atualmente uma das hortaliças que ocupa posição de destaque em quantidade consumida. A sua versatilidade de emprego na arte culinária de diversos povos, a grande facilidade no armazenamento de polpas industrializadas e principalmente a facilidade e a rapidez no preparo de saladas explica o seu grande consumo. No Brasil, a cultura do tomate cumpre uma função social muito importante, empregando grande volume de mão de obra desde a sua implantação, tratos culturais e a colheita, passando pela comercialização de produtos ao natural, bem como no processo industrial.

No campo, os problemas inerentes a sua produção são inúmeros, dentre eles os distúrbios nutricionais provocados pelo desequilíbrio entre cátions no solo. Esse desequilíbrio catiônico tem sido uma das causas do aparecimento do distúrbio fisiológico denominado podridão apical.

A podridão apical, no Brasil, vem causando enormes prejuízos, pois os frutos com esse distúrbio torna-se imprestáveis para consumo ao natural e para a indústria tem significado um gasto adicional de mão de obra, uma vez que torna-se necessário a separação manual dos frutos doentes.

Os objetivos do presente trabalho foram:

- testar a hipótese de que o "coração preto" seria uma podridão apical manifestada em menor intensidade de tal forma que atinge somente os tecidos internos da parte apical do fruto;

- determinar o nível crítico de cálcio, magnésio e potássio nos frutos;

- estudar as condições em que aparecem os sintomas de carência dos cátions cálcio, magnésio e potássio;

- estudar os efeitos das diversas relações catiônicas na solução nutritiva na produção, incidência de podridão apical e composição mineral da parte aérea;

- estudar as correlações entre os teores de cátions na solução nutritiva e nos diversos órgãos da parte aérea.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Papel do cálcio na planta

As funções do cálcio na planta são consideradas muito complexas e o mecanismo envolvido no desenvolvimento das células meristemáticas com a participação do cálcio não estão ainda claramente explicadas. HANSTEEN (1910) citado por SOROKIN e SOMMER (1929) relatou que não são as células meristemáticas afetadas na ausência de cálcio, mas sim aquelas células situadas na região de crescimento intensivo. As injúrias resultantes da ausência de cálcio são a completa dissolução das paredes celulares. Células individuais e fileiras inteiras de células separam-se e os protoplastos expostos se transformam em uma massa mucilaginosa sem estrutura.

SOROKIN e SOMMER (1929) com o intuito de observar os efeitos da ausência de cálcio sobre as células e tecidos, cultivaram plantas de *Pisum sativum* na ausência de cálcio e na presença e omissão de boro e magnésio. As plantas cultivadas em solução designada como "controle" foram subdivididas em quatro grupos: a) sem cálcio; b) sem cálcio e boro; c) sem cálcio e magnésio e d) sem cálcio, magnésio e boro. O propósito desta divisão foi para determinar se houve algum efeito visível de antagonismo entre cálcio e magnésio nas concentrações empregadas e se o efeito da ausência de boro foi pronunciado. Obtiveram os seguintes resultados: i) as plantas de *Pisum sativum* cultivadas em solução nutritiva sem cálcio morre

ram dentro de duas a três semanas; a morte das plantas estava associada com a degeneração do protoplasma das células do meristema da ponta da raiz; ii) o primeiro feito visível da ausência de cálcio foi possível de ser detectado pela diminuição do citoplasma e aparecimento de vacúolos grandes nas células meristemáticas assemelhando células velhas; iii) com a perda gradual de cálcio nas células da região meristemática da raiz, o processo de divisão mitótica sofreu distúrbios com estágios de transição de mitose interrompido e irregular para pseudoamitose e até amitose; iv) na ausência de cálcio ocorreu citocinese seguido de pseudoamitose; v) as células que resultaram da divisão pseudomitótica do núcleo formaram tecidos em que faltaram as propriedades do tecido embrionico e com o processo de degeneração do protoplasto das células, não foi capaz de diferenciar - -se em tecidos de um órgão adulto; vi) a degeneração do tecido doente foi apressado pela invasão de microorganismos; vii) na ausência de magnésio, microorganismos que aceleram a desintegração dos tecidos foram eliminados e houve melhor desenvolvimento dos tecidos doentes, que apresentaram uma lenta dissolução em relação aos tecidos com a presença de microorganismos; viii) nas plantas privadas de cálcio, a parede celular não foi afetada na porção apical da raiz e nem na região de alongação, com exceção de alguns casos de células binucleadas; ix) verificou-se que o efeito da ausência de cálcio nas células meristemáticas é devido à sua necessidade como constituinte químico do protoplasto e como consequência ocorre o distúrbio na divisão mitótica ou sua ausência afeta a condição física do sistema coloidal.

SOROKIN e SOMMER (1940) cultivaram plântulas de *Pisum sativum* em vaso de "pyrex" contendo solução nutritiva preparada com água redestilada e sais repurificados. Foram estudados os efeitos da ausência de cálcio e das baixas concentrações de 0,05; 0,125 e 0,25 ppm sobre o desenvolvimento de parte aérea e raízes, das mudanças nos tecidos e células do sistema radicular. Não verificaram nenhuma diferença apreciável no desenvolvimento de afilhos das plantas cultivadas na ausência de cálcio e nas soluções contendo traços deste elemento. Em todas as concentrações estudadas, os afilhos morreram após três semanas. As raízes responderam a pequenas quantidades de cálcio. Na ausência de cálcio o processo de divisão mi

tótica normal sofreu distúrbio e núcleos poliplóides, células binucleadas e estágio de divisão amitótica foram observados. Os tecidos tornaram-se susceptíveis à infecção pelos microorganismos, os quais penetraram dentro das células e aceleraram a desintegração do protoplasto. Nas raízes das séries contendo 0,05 ppm de cálcio, divisões normais da célula estavam presentes após sete dias de tratamento, mas após quinze dias a condição das células foram similares daquelas cultivadas sem o cálcio. Nas séries contendo 0,125 ppm de cálcio, ocorreram divisões normais após quinze dias, mas após vinte dias, tipos aberrantes estavam presentes. No tratamento contendo 0,25 ppm de cálcio foram observadas divisões mitóticas normais até o final do experimento. A falta de desenvolvimento normal das plantas com 0,25 ppm de cálcio pode ser atribuída às funções do cálcio não relacionadas com as mudanças das células. A complexa reação de células e tecidos à falta de cálcio pode ser dividida em dois tipos de fenômenos: o que pode ser induzido por outros agentes e aquele peculiar à deficiência de cálcio. Poliploidia, formação de células binucleadas e desenvolvimento prematuro de elemento traqueal e primórdio de raiz lateral são anormalidades que ocorrem após o tratamento do tecido com agentes que efetuam mudanças na viscosidade, tensão superficial e permeabilidade, e portanto tais mudanças na solução deficiente em cálcio pode ser atribuída a propriedades similares do íon cálcio. A supressão do processo mitótico na ausência de cálcio e o gradual aparecimento de tipos aberrantes de divisão, quando traços de cálcio são removidos da solução, sugere que uma pequena quantidade de cálcio pode ser requerida como constituinte químico do protoplasto.

BURSTROM (1954) através de um estudo detalhado e extenso indicou a mais complexa relação entre rigidez celular, alongação e cálcio, concluindo que o crescimento das células ocorre em dois estágios: a) com um incremento na plasticidade e elasticidade da parede celular; b) com a biosíntese e deposição de materiais na nova parede celular.

A hipótese de pectato de cálcio agir como agente cimentante na parede celular de plantas originou durante o último século e tem encontrado aceitação geral nos textos de fisiologia vegetal. Porém, a tentati-

va feita por BENNET-CLARK (1956) para o papel do cálcio como ponte iônica para ação da auxina tem sido objeto de considerável censura. Foi proposto que a rigidez da parede celular depende das moléculas de pectina ligada pelo íon cálcio e a auxina teria o papel de remover o cálcio e consequentemente afrouxando a ligação e aumentando a extensibilidade da parede celular, e ocorreria a elongação da célula pela absorção de água. De qualquer modo, nem CLELAND (1960), nem BURLING e JACKSON (1965) detectaram alguma liberação ou redistribuição de cálcio durante o crescimento dos coleóptilos estimulados pelo IAA, como deveria ser esperado da hipótese de ponte de cálcio (JONES e LUNT, 1968).

Nenhuma reação bioquímica ou enzimática requer necessariamente a participação de cálcio como um ativador específico e até na alfa amilase que possui normalmente o cálcio pode ser substituído pelo magnésio e estrôncio (HEWITT, 1958).

JACOBSON et alii (1961) pesquisando a influência do cálcio sobre a seletividade do processo de absorção iônica relataram que vários cátions polivalentes afetam a absorção similarmente ao cálcio, com exceção do magnésio. Isso sugere que o mecanismo envolvido não é específico para cálcio ou que os cátions polivalentes agem via uma interação com o cálcio. Foi encontrado que o cálcio tem a propriedade de alterar drasticamente a relação de absorção de sódio e potássio da mistura dos dois. Em pregando soluções de lítio e sódio + potássio foi demonstrado que o sistema de absorção foi extremamente sensível para pequenas concentrações de cálcio. Tão baixo quanto $10^{-6}M$ de cálcio foi suficiente para causar uma mudança na taxa de absorção. O efeito do cálcio é aumentado nas misturas de sódio e potássio comparado a soluções simples. Essencialmente, a constante total de absorções de sódio e potássio, apesar de extensa mudança na taxa de sódio e potássio causada pela presença de cálcio, sugere um carregador metabólico comum. O comportamento controlador do cálcio foi encontrado nas raízes de seis diferentes espécies de plantas e isto pode indicar uma ocorrência comum. Na presença de diferentes quantidades de cálcio a soma de absorção de sódio e potássio permaneceu constante em aproximadamente 6%, embora a relação de absorção dos dois íons variarem de 1,33

a 3,0. Este é um tipo de comportamento esperado se um carregador comum estiver envolvido. Verificaram também que a influência do cálcio sobre a absorção de íons monovalentes é dependente de pH. A absorção do potássio é rapidamente inibida pelo aumento de hidrogênio e o cálcio é capaz de neutralizar esse efeito. A perda rápida de íon pelas raízes destacadas à baixo pH é também minimizado pelo íon Ca^{++} .

MARINOS (1962) estudando aspectos submicroscópicos de tecidos deficientes em cálcio relatou que a parte apical do ápice de rebento de cevada, ou outros cereais, é adequada para estudo de mudanças citológicas submicroscópicas induzida pela deficiência mineral específica, por causa da disponibilidade de muitas células uniformes. Também, os estádios muito bem definidos de desenvolvimento do ápice inteiro torna possível, em muitos casos, a correlação entre respostas de crescimento e mudanças na estrutura celular. A ultraestrutura das células do meristema do ápice do rebento após fixação com KMnO_4 é fundamentalmente similar ao meristema de raiz. Os efeitos da deficiência de cálcio sobre a ultraestrutura celular aparece rapidamente e não tem sido possível revelar a sequência inicial de eventos. Os primeiros sinais de anormalidade estrutural aparecem quando o envelope nuclear e as membranas vacuolares e plasmáticas rompem e áreas sem estrutura aparecem nas células, seguido pela desorganização de outras estruturas como o mitocôndrio e o aparelho de Golgi, enquanto os plastídios são mais persistentes, embora eventualmente eles também desintegram. Com o progresso da deficiência de cálcio, a parede celular fica com uma mancha escura e feridas podem aparecer, indicando um enfraquecimento da sua estrutura. Sua evidência sugere que o cálcio é essencial para a manutenção e provavelmente para a formação do sistema de membrana celular a qual a integridade funcional do metabolismo celular é dependente; os efeitos do cálcio sobre a parede celular são provavelmente secundários.

BURSTROM (1968) em extensa revisão sobre o cálcio e o crescimento da planta fez as seguintes observações: a) o cálcio como nutriente de planta é caracterizado pelo conteúdo alto na planta e como uma necessidade fisiológica relativamente baixa e uma ocor-

rência excessivamente irregular nos solos, além disso, as dificuldades em definir suas ações são acentuadas pela fraca atividade bioquímica, no entanto, em condições ecológicas as consequências secundárias da variação no conteúdo podem ser mais notáveis do que as diretas; b) os estudos com microscopia eletrônica tem revelado que o cálcio é necessário para a formação e manutenção do sistema lamelar em organela celular, um efeito que deve ser suficiente para explicar sua indispensabilidade para o crescimento meristemático; c) o cálcio é necessário para a alongação nos meristemas de crescimento da parte aérea e raízes, sendo que a habitual colocação de que inibe a alongação do meristema da parte aérea é certamente atribuído ao fornecimento de cálcio acima da necessidade; d) deve ser assumido para interpretação racional de alongação celular que o mecanismo fundamental é o mesmo em raízes e brotos, e uma ação que pode ser atribuída para o cálcio é uma estabilização da parede celular com um aumento na rigidez, um efeito que, com fornecimento acima do ótimo, pode levar a inibição de crescimento; e) a função é, entretanto, necessária para a organização normal da parede celular e ela não apresenta nenhum efeito significativo sobre a síntese de componentes da parede celular mas parece agir sobre sua própria incorporação na parede celular; f) o ativo crescimento devido ao cálcio pode estar relacionado não somente às pectinas mas também às proteínas e nucleoproteínas em estreito contato com a parede celular; g) a suposição de que o cálcio interage diretamente com a auxina na parede celular não tem sido verificado e não parece muito provável, e há razões para acreditar que os locais de ação do cálcio e auxina na parede difere, a auxina induzindo o crescimento pelo afrouxamento da parede e o cálcio estabilizando novas partes da parede; h) para órgãos submergidos pode ser necessário considerar um efeito indireto do cálcio sobre o crescimento pela regulação da permeabilidade citoplasmática e portanto afetando a exsudação de componentes ativos de crescimento; i) o problema ecológico é caracterizar "calcífugas" de "calcículas", a inibição de crescimento em solos ácidos depende do envenenamento pelo Al^{+3} e Mn^{+2} , e as opiniões diferem como e em que extensão pode ser antagonizado pelo cálcio, sendo que a clorose induzida pela calagem em plantas "calcífugas" depende da deficiência de ferro ou inativação de ferro na planta; j) plantas "cal

"cífugas" apresentam um nível ótimo de cálcio para crescimento relativamente baixo e mostra inibição de crescimento nas altas concentrações, já as plantas "calcículas" apresentam um nível alto de cálcio para ótimo crescimento, e várias tentativas foram feitas para explicar as diferenças na absorção de cálcio e usualmente na absorção salina são tentativas somente, e dados relevantes ainda estão faltando.

RASMUSSEN (1967) através de exame microscópico de folhas de fumo picadas e curadas revelou que folhas normais rompem em linha reta ao longo das células, enquanto uma folha "tender" rompe de maneira irregular entre as células. Isto sugere alteração da pectina como provável causa do "tender" em fumo. Exame histológico indicou que em folhas normais, as camadas epidérmicas superior e inferior estavam intactas e distintas do parenquima. As epidermes de folhas com "tender" não eram uniformes e frequentemente não foram distintas do tecido parenquimático interno. Os componentes da parede celular (pectina, hemicelulose, celulose e polissacarídeos) aparentaram a mesma para folhas normais e com "tender". A notável diferença entre fumo normal e com "tender" foi no conteúdo de cálcio, onde aproximadamente dez vezes mais de cálcio foi localizado na parede celular e lamela média de folhas normais do que nas folhas com sintoma.

CAROLUS (1975) relata que a concentração de cálcio das culturas varia com a espécie, a idade fisiológica, o tecido amostrado e o solo, desde menos de 0,1% até mais de 10%. O cálcio é frequentemente acumulado como oxalato insolúvel e imóvel em folhas senescentes bem como nos frutos e raízes em desenvolvimento e ele está presente na lamela média como pectato de cálcio que estabiliza células do tecido em algumas culturas melhora a qualidade do produto, em outros resulta em uma dureza indesejável. Falta de adequado nível de cálcio, atribuído a sua precipitação em tecidos em desenvolvimento rápido, resulta em seu colapso em muitas espécies. Variedades resistentes estão sendo desenvolvidas, pulverização de cálcio tem eliminado o problema e em algumas culturas a adubação com redução de nitrogênio e potássio ou redução no estresse hídrico do solo tem prevenido a anormalidade. O cálcio está ligado com estabilidade estrutural e fisiológica das plantas juntamente com o potássio e em menor extensão com

outros íons, regula quimicamente a permeabilidade da membrana e acumulação de nutrientes.

GOOR (1974) mediu a permeabilidade de íons através de pedaços de tecidos de frutos de tomate verde; todos os resultados obtidos apresentaram a tendência de que com baixo conteúdo de cálcio a permeabilidade dos tecidos para íons torna-se maior e que isto pode ser uma das causas da doença; a podridão apical aparece nos frutos com baixo conteúdo de cálcio, isto provavelmente é uma causa direta da desordem, mais do que a competição pela água como preconizado por outros. Pesquisa preliminar com microscópio eletrônico revelou um aumento da desorganização das membranas e organelas seguido de uma diminuição no nível de cálcio e o aparecimento de podridão apical nos tecidos.

2.2. Respostas à cálcio do substrato

Respostas à cálcio do substrato pelas plantas variam muito em função da espécie, das condições de cultivo e principalmente dos fatores que afetam a sua absorção.

NIGHTINGALE et alii (1931) conduziram séries de experimentos num esforço de determinar a relação de cálcio com metabolismo de carboidratos e compostos nitrogenados. Utilizaram plantas de tomate da variedade Marglobe com aproximadamente 30 cm de altura com aparência um pouco amarelecida e análise mostrando alto teor de carboidrato e baixo de nitrogênio. Constituiu-se quatro séries de solução, a primeira com solução completa e as três sem cálcio, nitrato ou ambos e de tempo em tempo as plantas eram mudadas de uma solução para outra e algumas plantas foram submetidas a um período de contínua escuridão com temperatura em torno de 23°C. Analisando os resultados, relataram que: a) as plantas de tomate deficientes em cálcio sob condições de luz sazonal na casa de vegetação foram praticamente incapazes de absorver ou assimilar nitrato, no entanto eles absorveram cálcio imediatamente; b) as plantas com deficiência de cálcio acumularam carboidrato em grande quantidade, aparentemente devido a absorção e assimilação de nitratos não ter ocorrido; c) a translocação de açu-

cares e a digestão de amido ocorreram livremente em plantas de tomate com teor extremamente baixo em cálcio; d) aproximadamente 100% de cálcio do tecido fresco de plantas deficientes em cálcio era insolúvel em água e a maioria estava localizado nos tecidos velhos de raízes e da parte aérea ; e) uma parte deste cálcio insolúvel estava presente como oxalato de cálcio, mas, a maioria estava em outra forma de cálcio combinado, que reagiu com ácido oxálico somente após tratamento com alcali; f) em plantas de tomate deficientes em cálcio a utilização de oxalato de cálcio é muito pequena, com morte de raízes e ponta de caule, enquanto nos tecidos mais velhos ocorrem grandes depósitos de oxalato de cálcio; g) quando ocorre formação de novas células há necessidade de cálcio não somente para formação da lamela média mas também há necessidade de cálcio disponível para combinar com materiais do protoplasto, caso contrário, acumulam inclusões proteínicas; h) as plantas de tomate deficientes em cálcio que sofreram sombreamento ou quando colocado em escuridão contínua por vários dias diminuíram o teor de carboidrato e associado com essa diminuição houve proteólise e um significativo incremento em cálcio livre e uma diminuição na concentração de cálcio combinado; i) acompanhando a proteólise e o incremento de cálcio não combinado, houve rápida formação de novos tecidos de caule e absorção de nitratos, até mesmo sem nenhum fornecimento de cálcio externo; j) em plantas deficientes em cálcio na presença de luz, foi fornecido um suprimento externo de sais solúveis de cálcio; poucas horas após houve absorção e assimilação de nitratos, e o crescimento foi retomado.

LYON e GARCIA (1944) observaram que um incremento no suprimento de cálcio aumentou o número de células e espessura da parede celular em colênquima de tomateiro. As células do periciclo diminuíram de tamanho mas aumentaram na espessura da parede.

MCILRATH (1950) notou que a podridão apical desenvolveu em frutas de plantas de tomateiro cultivadas em solução nutritiva com deficiência de cálcio. Ele mencionou que sinais de extrema deficiência de cálcio foram evidentes durante o estágio de rápido crescimento do fruto e que a porcentagem de peso seco em frutos deficientes em cálcio foi muito

maior do que o controle.

KALRA (1956) realizou três cultivos de tomateiro: um em areia com concentrações de cálcio de 0, 40, 80 e 160 ppm e outros dois com concentrações de cálcio de 0 e 160 ppm sendo um em areia e o outro em solução nutritiva. Nesse cultivo hidropônico algumas plantas foram transferidas após um determinado tempo do tratamento de 0 para 160 ppm de cálcio para se observar a capacidade de recuperação. Plantas mantidas com 0 ppm de cálcio mostraram sintomas típicos de deficiência de cálcio com a morte de meristemas apicais e margem das folhas, clorose de folhas jovens e coloração verde escura de folhas mais velhas. Os núcleos das células situados nos tecidos deficientes mostraram uma redução no tamanho e acumulação de grandes grânulos; provavelmente cromatina. Nas plantas em recuperação os núcleos aumentaram de tamanho e os grânulos diminuíram de tamanho e em número. Nas pontas das raízes a mudança no tamanho do núcleo foi evidente a partir de quatro horas do início do tratamento. A área de seção de corte de internódios e hipocótilo de plantas cultivadas em 40 ppm de cálcio eram maior de todos, sugerindo que concentração abaixo de 40 ppm pode resultar no alargamento da célula. Além disso, as plantas deficientes em cálcio tinham maior porcentagem de matéria seca do que a testemunha com 160 ppm de cálcio. O nível crítico de cálcio - abaixo do qual as células tomam-se necróticas - dos brotos foi de 0,16 a 0,17% de cálcio com base na matéria seca.

GERALDSON (1957) sugeriu métodos de controle baseado no conceito de que a deficiência de cálcio é a causa fundamental de podridão apical. Objetivando esse ponto o autor conduziu três experimentos, um em solução nutritiva, outro em vaso com solo e por fim a nível de campo. O experimento em solução nutritiva foi conduzido para determinar a eficiência da pulverização foliar de cálcio no controle de podridão apical causado pelo baixo nível de cálcio no substrato e empregaram-se 25, 50 e 150 ppm de cálcio na solução nutritiva com ocorrência de 65,0; 13,5 e 0 % respectivamente de podridão apical nas repetições não tratadas e 0% de podridão apical independente de concentração de cálcio na solução nutritiva nas repetições que receberam duas pulverizações semanais com solução 0,04

M de cloreto de cálcio, com isso demonstrando que a maneira mais eficiente de prevenir podridão apical seria manter adequado o nível de cálcio no substrato e quando o nível for baixo, ou se absorção ou a assimilação for retardada metabolicamente, a pulverização de cloreto de cálcio torna-se um eficiente meio de evitar o distúrbio. O tomateiro submetido à baixa concentração de cálcio - 25 ppm - na solução nutritiva apresentou sintomas de deficiência de cálcio quatro dias após o início do tratamento, sendo que os sintomas foram, em ordem de aparecimento: a) podridão apical ; b) queda de flores; c) enrolamento das folhas mais velhas e d) morte dos pontos de crescimento. O experimento em vaso com solo foi realizado com o intuito de determinar os efeitos do material corretivo, fertilizantes e nível de umidade sobre a ocorrência de podridão apical. Originalmente o solo possuía pH 4,3 e 4,7 % dos sais da solução do solo de cálcio. Com a combinação de diferentes quantidades de calcário dolomítico, calcítico e gesso obteve diferentes relações de cálcio com outros sais solúveis da solução, verificando um aumento de podridão apical a medida que diminuía o cálcio em relação a outros sais e significando pouco a concentração de cálcio isoladamente, mesmo as baixas concentrações. Esse aumento de sais totais foi induzido pela aplicação em cobertura de fertilizante nitrogenado-potássico. Nesse mesmo experimento, a aplicação foliar de cloreto de cálcio controlou completamente o aparecimento de podridão apical. O experimento de campo foi conduzido com o objetivo de verificar os efeitos da aplicação de sais solúveis de cálcio no solo ou na planta. A aplicação ao solo com um mês de antecedência ou pulverização continuada na área foram efetivos em controlar o distúrbio.

MAYNARD et alii (1957) em experimentos utilizando plantas de tomate em solução nutritiva empregando três níveis de cálcio - 20, 110 e 200 ppm - tendo como fonte o cloreto de cálcio para averiguar os efeitos sobre a incidência e severidade de podridão apical. Os sintomas visíveis de deficiência de cálcio, por exemplo, cessação de crescimento do broto terminal com enegrecimento, foi evidente na maioria das plantas cultivadas na solução com baixo nível de cálcio e diminuição significativa no número de frutos. Houve uma resposta direta do nível de cálcio na solução sobre a incidência de podridão apical, sendo que no nível mais baixo

as três cultivares apresentaram praticamente todos os frutos com podridão apical, e nenhum fruto com sintomas na maior concentração de cálcio; na concentração intermediária foi possível sentir uma pequena diferença de susceptibilidade entre as cultivares, onde apresentaram 0,9; 46,9 e 26,3% de podridão apical, respectivamente para as cultivares Doublerich, Step 158 e Rutgers. Analisando o teor de cálcio nos frutos com e sem podridão apical, as sadias (3,3% de cálcio) apresentaram maior teor de cálcio no fruto para as três cultivares, sendo que os frutos com sintomas continham em média 2,13% de cálcio.

MILIKAN et alii (1971) cultivaram plantas de tomate da cultivar Grosse Lisse afim de determinar os níveis de cálcio total e as relações Mg/Ca ou K/Ca no caule ou na parte apical de frutos de tomate sadios e com podridão apical de diferentes cachos para estabelecerem os valores para prever o início da desordem. O principal tratamento foi com as concentrações de cálcio fornecido via solução nutritiva de 40 ppm para o tratamento considerado deficiente e 120 e 160 ppm para a dose considerada normal. Para manter constante o nível iônico em todas as soluções, a solução com 120 ppm de cálcio foi suprida com $MgCl_2$ 0,001 M e a solução com baixa concentração de cálcio com $MgCl_2$ 0,003 M. A ocorrência de podridão apical nos tratamentos com 120 e 160 ppm de cálcio foi de 11,7% enquanto que com 40 ppm foi de 47%. A média de produção por cacho de frutos sadios ou totais foi maior no tratamento normal do que com baixo nível de cálcio; no tratamento com baixo nível de cálcio as frutas afetadas eram mais leves do que as sadias, mas no nível normal ocorreu o inverso, isto é, as afetadas foram mais pesadas. A relação Mg/Ca e K/Ca de plantas cultivadas em solução com baixa concentração de cálcio (40 ppm) foi maior do que em frutos de plantas cultivadas com concentração considerada normal. As duas relações foram também maior na parte apical do que na parte basal de todos os frutos. A incidência de podridão apical não foi relacionada com a relação Mg/Ca, mas estava com o aumento na relação K/Ca da parte basal de frutos em baixo nível de cálcio e da parte apical dos frutos em nível normal de cálcio. Os autores concluíram que a necessidade específica de cálcio para manter o crescimento saudável de frutos de tomateiro não é conhecido, mas ela é menor e independente do nível de cálcio total presente nos

tecidos. Os resultados desse trabalho mostraram que o cálcio total variou com o suprimento deste no substrato, e também decresceu do cacho mais velho para o mais jovem da planta. Porém frutos com menor concentração de cálcio total não foi necessariamente afetado pela podridão apical.

DECHEN (1980) cultivou plantas de tomateiro, da variedade Santa Cruz, linhagens Samano e Kada, em sílica recebendo soluções nutritivas com doses de 0, 50, 100, 200 e 400 ppm de cálcio e noventa dias após o transplante foram colhidas e separadas em folhas inferiores, folhas superiores, caules inferiores, caules superiores e frutos. Os resultados mostraram que: a) as concentrações de cálcio na solução nutritiva que propiciam máximo acúmulo de matéria seca, são 388 ppm e 400 ppm para as linhagens Kada e Samano; b) a carência de cálcio foi caracterizada de forma nítida, não tendo sido possível, a identificação morfológica de excesso desse nutriente; c) para a linhagem Samano é necessária maior concentração de cálcio na solução (200 ppm) do que para linhagem Kada (100 ppm), para prevenir o aparecimento de sintomas de podridão apical; d) a concentração de cálcio na solução não afeta a concentração desse elemento nos frutos; e) a adição de cálcio na solução diminui os teores de nitrogênio e zinco e aumenta o de cálcio nos tecidos de ambas as linhagens; f) as concentrações dos demais nutrientes diferem nas linhagens e nas partes analisadas; g) adições de cálcio provocam aumento na concentração de magnésio nas folhas e na parte superior do caule na linhagem Samano e diminuição em todas as partes da linhagem Kada.

YAMADA e MALAVOLTA (1974) citados por MALAVOLTA et alii (1975) conduziram um experimento a nível de campo com o tomateiro da variedade Angela, em solo LVA que possuía a seguinte característica: pH 5,4; C, 2,0%; PO_4^{-3} solúvel, 0,03 mg/100 g; K^+ trocável, 1,25 mg/100g e Al^{3+} , 0. Antes da instalação do experimento o solo recebeu calcário para elevar o pH para 6,0. No plantio recebeu as mesmas quantidades de N, P_2O_5 e K_2O contendo cálcio ou não; cinco coberturas foram feitas durante o período de crescimento usando também formulações contendo cálcio ou não. Determinações de Ca, K e Mg trocáveis foram feitas em amostras na faixa adubada. A irrigação foi fornecida através do sulco. O número de frutos que apre -

sentaram podridão apical foram contados em amostras de 10 plantas em cada tratamento. A incidência da doença foram plotadas contra o nível de cálcio no solo, bem como versus Ca/K e Ca/K + Mg. Equações de três tipos foram ajustadas: $Y = a - bx$, $Y = a - bx + Cx^2$ e $Y = a_2 + b_2^{(1/x)}$; $Y =$ incidência de podridão apical e $x =$ nível de cálcio no solo ou relação. As análises estatísticas mostraram que quando $X =$ emg Ca/100 g solo, o terceiro tipo de equação deu o melhor ajuste com R^2 de 98,6% e mostra que somente ocorre podridão apical quando o conteúdo de cálcio no solo for inferior a 4,0 emg/100 g de solo.

FELIPE e CONDE (1984) cultivaram tomate em solução nutritiva com três níveis de cálcio (1; 2,5 e 10 emg/l) e três níveis de pressão osmótica (0,65; 3,5 e 5,0 atm). O aumento da pressão osmótica reduziu o conteúdo de potássio e a relação K/Ca das folhas, e causou o colapso da parede celular e das membranas do cloroplasto. A deficiência de cálcio causou necrose dos plasmalemas, ruptura do tonoplasto, proliferação de vesículas, aumento no conteúdo de amido do cloroplasto e alteração do mitocôndrio e coloração de membranas das células foliares.

2.3. Alguns fatores relacionados com a nutrição cálcica

O elemento cálcio apresenta para certas espécies de plantas como o tomateiro, o salsão, a maçã, problemas graves com prejuízo na qualidade do produto devido a deficiências em certos órgãos, mesmo com teor adequado de cálcio na solução, em vista da influência de fatores tais como taxa de crescimento, fertilização nitrogenada, disponibilidade hídrica, falta de translocação, etc.

MARSCHNER e RICHTER (1947) citados por MARSCHNER (1974) afirmaram que as partes novas em desenvolvimento das plantas tem de ser supridas continuamente com o cálcio absorvido diretamente da solução do solo. Isto é válido não somente para os brotos, mas também para as raízes. A translocação de cálcio da parte basal da raiz para os pontos de crescimento não ocorre, por isso o crescimento da raiz na camada de solo pobre em cálcio é muito prejudicado (PEARSON et alii, 1973). Não somente as raí

zes, mas os frutos como o amendoim e órgãos de reserva cultivados no solo, têm de suprir sua necessidade de cálcio pela absorção direta da solução do solo, por causa da total ausência de translocação de cálcio na parte aérea (HALLOCK e GARREN, 1968).

EVANS e TROXLER (1953) empregaram alta fertilização cálcica, pulverização com cloreto de cálcio e injeção de glucomato de cálcio no fruto com o intuito de controlar o distúrbio do fruto de tomate denominado podridão apical. Em experimentos de campo, a aplicação de 1000 libras de CaO na forma de superfosfato e nitrato de cálcio e duas pulverizações com solução de cloreto de cálcio, reduziram significativamente a incidência do distúrbio e aumentou o conteúdo de cálcio nos frutos normais. O experimento em casa de vegetação, com o cultivo de tomateiro em vaso com solo, receberam pulverização semanal com solução de cloreto de cálcio a 1%, com isso obtiveram menor desenvolvimento de podridão apical do que os tratamentos que receberam pulverização com água. Injeção no fruto de glucomato de cálcio preveniu completamente o distúrbio em casa de vegetação e reduziu a incidência de 29 para 2% a nível de campo. Os frutos obtidos no experimento em casa de vegetação que exibiam sintomas iniciais de podridão apical continham menor concentração de cálcio quando comparado com os frutos normais - 0,07 e 0,09% de cálcio, respectivamente. Sugeriram então que os ácidos orgânicos, tais como o citrato ou oxalato podem ser a causa da imobilização de cálcio dentro da planta. O citrato pode agir como agente quelante, enquanto o oxalato pode precipitar o cálcio no caule antes de atingir o fruto. Esses mecanismos propostos podem ser a causa do pouco cálcio encontrado no fruto.

Frequentemente pode ser observado que a deficiência de cálcio restringe a certas partes da planta, em particular ao meristema de crescimento e a frutos e aos órgãos de reserva com alto conteúdo de água. Mesmo quando a planta é adequadamente suprida com cálcio, estes órgãos possuem baixo conteúdo de cálcio em comparação com as folhas. O aparecimento de deficiência de cálcio em certas partes da planta, mesmo quando em outras partes da mesma planta o conteúdo de cálcio é alto, indica que as plantas superiores não são capazes de regular a distribuição de cálcio.

Isto pode ser demonstrado transferindo plantas de um substrato bem suprido com cálcio para outra deficiente e a deficiência é observada em tecidos novos em desenvolvimento (LONERAGAN e SNOWBALL, 1969).

MARSCHNER (1974) comenta que as razões para falta de translocação em alguns casos são relacionados à insolubilidade, devido a deposição de cálcio na forma de oxalato de cálcio, em geral, no floema. As razões para esta imobilidade são desconhecidas. Das possibilidades tais como a precipitação de cálcio dentro do floema, existencia de bomba de efluxo específico para cálcio nas membranas do floema ou acumulação preferencial de cálcio nas células que rodeiam o floema, somente a primeira possibilidade parece ser improvável. O alto pH e a alta concentração de fosfato no floema deveria, obrigatoriamente causar uma precipitação de cálcio e uma acumulação de fosfato de cálcio e exercer um efeito prejudicial sobre a translocação de fosfato. A indicação para a importância da terceira possibilidade é a abundância de cristais de oxalato de cálcio frequentemente encontrados nas células próxima ao floema.

WIERSUM et alii (1971) citados por MARSCHNER (1974) mencionam a possibilidade da translocação de traços de cálcio via floema. A ocorrência da extensiva translocação de cálcio no floema, porém, é excepcional e parece estar restrita a algumas espécies de plantas ou em condições experimentais particulares.

SHEAR (1975) em sua revisão abrangente sobre a nutrição cálcica e a qualidade dos frutos fornece alguns dados interessantes. Resta que pouco ou nenhum cálcio é retranslocado de tecidos velhos para os mais jovens; até nos níveis de suprimento deficiente, o cálcio pode continuar a acumular em tecidos mais velhos, e o tecido jovem será o primeiro a mostrar os sintomas de deficiência. Portanto, as raízes necessitam ter disponíveis um suprimento contínuo de cálcio para satisfazer a demanda do tecido mais velho bem como daqueles em desenvolvimento. Um suprimento de cálcio suficiente para suportar o crescimento normal da parte vegetativa não assegura um suprimento suficiente para o fruto a nível de prevenir a ocorrência de desordens metabólicas relacionadas com o cálcio.

cio. Os efeitos da restrição de disponibilidade de cálcio sobre o nível deste no fruto depende em grande parte do tempo de restrição em relação ao estágio de desenvolvimento do fruto e do crescimento vegetativo. Os dados de DUDLEY e HADLOW (1973) citados pelo autor mostraram que em maçã, 40% do peso da matéria seca total acumulado pela árvore vai para o fruto, e somente 2% do total de cálcio absorvido vai para o fruto. Desta pequena quantidade de cálcio que se movimenta para o fruto, 90% tem sido acumulado ao fim das seis semanas após o completo florescimento. Portanto, a disponibilidade de cálcio para as raízes e condições favoráveis para sua translocação ao fruto são de máxima importância durante o estágio inicial de desenvolvimento do fruto. Em relação à nutrição nitrogenada, o autor relata trabalhos que mostram que, independente da fonte, o nitrogênio desempenha importante papel na nutrição de cálcio. A adubação nitrogenada durante o período inicial de desenvolvimento do fruto age reduzindo a concentração de cálcio do fruto de várias maneiras; por exemplo, estimulando o crescimento de ramos fornece um desvio preferencial de cálcio, portanto, retirando o cálcio que iria para o fruto. A alta concentração de nitrogênio também reduz o crescimento da raiz, com isso reduzindo a capacidade de absorção da árvore.

LEOPOLD e GUERNSEY (1953) conduziram experimentos com o tomateiro variando o nível de nitrogênio da solução nutritiva de 0 a 400 ppm. Para a concentração superior a 100 ppm de nitrogênio na solução, houve um aumento diretamente proporcional da incidência de podridão apical atingindo porcentagem superior a 20% de frutos com o distúrbio, bem como placentas brancas e lóculos verdes. A pulverização com ácido paraclorofenoxiacético como agente para aumentar o pegamento das flores não afetou a podridão apical.

TAYLOR e SMITH (1957) em dois ensaios com tomateiro conduzidos na casa de vegetação com areia, revelaram um aumento significativo na incidência de podridão apical nos altos níveis de nitrogênio. O boro não teve influência na incidência de podridão apical. As análises revelaram que as plantas susceptíveis a podridão apical possuíam significativamente menor teor de cálcio e mais alto em nitrogênio total, ferro e cobre. As

análises de cálcio do fruto mostraram boa concordância com o valor crítico de 0,20% proposto por RALEIGH e CHUCKA (1944). Análise de folhas basais e terminais sugeriu que a amostragem de folhas terminais forneceria um índice mais sensível do nível de cálcio do tomate do que as folhas basais ou os frutos.

BARKER et alii (1967) realizaram vários experimentos para a verificar as possíveis causas de lesão do caule e da folha de tomateiro. Os resultados iniciais indicaram que os sais de amônio reagiram com o solo de alguma maneira para produzir um sistema desfavorável para o crescimento da planta e que esta reação envolveu mais do que uma simples acumulação de íons NH_4^+ no solo e sua subsequente acumulação nas plantas. Em primeira instância, com o intuito de verificar a possível falta de micronutrientes, suprimiram-os da solução de Hoagland com nitrogênio amoniacal no experimento em areia, não resultando na formação de lesão. Portanto, a possibilidade de lesão do caule ser induzido pela deficiência de micronutrientes foi afastada. No experimento de vaso com solo, a adição de 10 g de calcário em cada vaso de 1000 g de solo não preveniu a lesão do caule. Com isso afastou-se a hipótese da acidificação devido a simples interação do solo e NH_4^+ causando a formação da lesão. Em outro estudo envolvendo os efeitos de cátions, todos os cátions testados reduziram a lesão do caule, porém, os cátions variaram largamente nos seus efeitos, sendo que o potássio foi mais efetivo em reduzir a lesão, o sódio e o magnésio intermediários e o cálcio o menos efetivo. O potássio trocável correlacionou estreitamente com o grau de lesão do caule. O tratamento de solo com magnésio causou três vezes de aumento de potássio extraído por $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,02 N, enquanto o tratamento com cálcio e sódio não influenciou o potássio extraído. Em outro experimento cultivado no solo, no qual as plantas de tomate receberam 0,04 N de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e quatro diferentes quantidades de K_2SO_4 , a formação de lesão foi aliviada ou prevenida pelo sal de potássio. Neste experimento verificou-se que a concentração de NH_4^+ presente foi maior onde a injúria no caule e folha foi maior. A adição de K_2SO_4 incrementou marcadamente o conteúdo de potássio e ao mesmo tempo diminuiu o conteúdo de NH_4^+ . A relação NH_4^+/K^+ na planta mostrou boa correlação com a lesão do caule e da folha, sendo que, quando esta re

lação foi maior, a acumulação de NH_4^+ foi excessiva e, como resultado da injúria nos tecidos foi maior. Quando a relação foi abaixo de 0,3 a injúria foi baixa, abaixo de 0,2 a injúria foi ausente. Estes dados indicam que o potássio pode ter uma ação protetora contra a toxicidade de NH_4^+ .

FAUST e SHEAR (1968) comentaram que a associação das desordens - "bitter pit", "blackheart", podridão apical, etc. - com a excessiva fertilização nitrogenada pode ter distraído a atenção da principal importância de cálcio na sua etiologia. Muitos, se não todos, dos efeitos do nitrogênio é diretamente relacionado ao seu envolvimento na nutrição de cálcio. O nitrogênio é usualmente o mais importante fator nutricional que afeta o crescimento vegetativo. Isto, indubitavelmente leva em conta muito dos efeitos do nitrogênio sobre o estresse de cálcio em tecidos sensíveis a baixo nível desse elemento. O crescimento dos brotos estimulado pelo nitrogênio, particularmente durante o estágio inicial de desenvolvimento do fruto, compete com o fruto pelo cálcio disponível.

BARKE e MENARY (1971) efetuaram aplicação foliar de cálcio, na forma de cloreto de cálcio em tomateiro cultivar Grosse Lisse e minimizou o prejuízo causado na produção devido a adubação mensal em cobertura de sulfato de amônio nos tratamentos que não ocorreram podridão apical, mas não houve nenhum efeito significativo onde a aplicação de nitrogênio foi mais frequente. Isto sugere que o efeito adverso de cobertura mensal foi basicamente devido a diminuição de absorção de cálcio pela planta. Quando a adubação de cobertura foi aplicado mais frequentemente, a diminuição do pH produzido pelo tratamento - de 6,0 para 4,7 a 4,9 - pode ter causado outras desordens nutricionais para mascarar a resposta ao cálcio. A aplicação foliar de cálcio na ausência de adubação de cobertura diminuiu a produção, e este efeito deve ser atribuído ao alto nível de cálcio na planta. Esta hipótese é suportada pelos resultados do experimento em solução nutritiva na qual uma diminuição de produção ocorreu quando o cálcio na planta aumentou de 2,0 para 2,48%.

KAFKAFI et alii (1971) compararam o efeito da adubação com KNO_3 e com NH_4NO_3 para a nutrição de plantas de tomate cultivada em vaso

com solo arenoso. As maiores produções foram obtidas quando o KNO_3 foi a única fonte de potássio e nitrogênio; a adição de NH_4NO_3 resultou em diminuição na produção, aumentou a necessidade de água e induziu a deficiência de magnésio. A absorção preferencial de NH_4^+ em relação ao NO_3^- pela planta resultou em diminuição do pH do meio, absorção de íon divalente e produção de matéria seca. Para a máxima produção de tomate o íon NH_4^+ deveria estar ausente da solução nutritiva.

QUEBEDEAUX e OZBUN (1973) tendo em vista que o estresse de água pode frequentemente resultar em diminuição na absorção e distribuição de cálcio, verificaram que o efeito inibidor de NH_4^+ sobre a absorção de água pode ser um efeito negativo adicional do mesmo sobre a nutrição cálcica.

WILCOX et alii (1973) relataram que a adubação de plantas de tomate e milho doce com nitrogênio amoniacal resultou na redução no crescimento e no conteúdo de cálcio e magnésio nos tecidos em níveis deficientes ou próximo de deficientes. O efeito foi mais pronunciado no tomateiro do que no milho. A adubação de plantas com uma combinação de nitrogênio nítrico e amoniacal resultou em nível de cálcio e magnésio intermediário entre aquelas plantas que receberam nitrogênio amoniacal ou nítrico. O nitrogênio amoniacal aplicado durante a frutificação de plantas de tomate resultou em rápido desenvolvimento de podridão apical, provavelmente atribuído a influência de nitrogênio amoniacal na absorção de cálcio.

PILL et alii (1978) verificaram que a nutrição amoniacal em comparação com a nutrição nítrica de tomateiro cultivado em areia com concentrações de nitrogênio na solução de 70, 175 e 300 ppm e 300 ppm de cálcio reduziu o crescimento, o peso de frutos, o número de frutos, a pressão potencial do xilema foliar, a concentração de Ca, Mg e NO_3^- da folha e a concentração de Ca, Mg, K e NO_3^- dos frutos normais. A resistência a difusão da folha, a concentração de NH_4^+ da folha e a incidência de podridão apical aumentaram devido a nutrição amoniacal. O aumento da concentração de NO_3^- no substrato aumentou o crescimento vegetativo, o número de frutos e a concentração de NO_3^- do fruto. Por outro lado, o incre

mento do nível de NH_4^+ do substrato aumentou a resistência a difusão da folha e o potencial pressão da folha, no entanto, não houve efeito sobre o crescimento vegetativo. A podridão apical ocorreu somente sob nutrição amoniacal e os frutos afetados apresentaram menor concentração de Ca, Mg, NO_3^- e NH_4^+ e alta relação K/Ca. As condições dos frutos afetados ou não com podridão apical, não exerceu nenhum efeito sobre a concentração de fósforo e potássio no fruto.

KOCK et alii (1979) efetuaram estudos de podridão apical de tomateiro na casa de vegetação, usando variedades susceptíveis e resistentes a esta desordem. As plantas foram cultivadas em módulos de turfa com diferentes correções de acidez ou nível de calagem e adubação e em uma mistura de turfa comercial contendo fosfato, amônio e magnésio com baixa taxa de liberação - "ENMAG". A solução nutritiva contendo nitrogênio na forma amoniacal, nítrica ou amídica foram adicionadas diariamente. A incidência de podridão apical foi maior com nitrogênio amoniacal e foi agravado pelo "ENMAG". Com nitrogênio nítrico, a incidência de podridão apical foi muito reduzido, enquanto com uréia ou nitrato de amônio, a incidência foi intermediária. Maiores níveis de cálcio reduziram a desordem. A análise química de frutos afetados com podridão apical e sadios mostraram que em tecidos com podridão apical a concentração de cálcio e ferro era baixo enquanto a de potássio e fósforo e a relação K/malato foi incrementada.

CASTELLANE et alii (1987) conduziram experimento com tomateiro estaqueado, com o objetivo de verificar a absorção e distribuição de cálcio, cultivados em casa de vegetação, em soluções nutritivas com diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, e expostos a dois períodos de absorção de ^{45}Ca . O experimento constou de um fatorial $5 \times 2 \times 2$, com três repetições, num delineamento em blocos completos casualizados. Os tratamentos eram constituídos de cinco cultivares (Kada, Miguel Pereira, Príncipe Gigante, São Pedro e Yokota), duas relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (25%/75% e 75%/25%) e dois períodos de doze horas de absorção de ^{45}Ca , noturno e diurno. Após os tratamentos, as plantas foram decapitadas coletando-se os exsudados e os folíolos da primeira folha abaixo e acima da primeira inflores -

cência, a primeira inflorescência e o ponteiro das plantas. Nessas amostras foram determinadas as atividades de ^{45}Ca . Calcularam-se, então, os valores das relações entre "cpm" no exsudado e "cpm" na solução nutritiva e as porcentagens de atividades totais ("cpm"%) na primeira inflorescência e no ponteiro, em relação à primeira folha abaixo da inflorescência. Verificou-se que o maior fornecimento de NH_4^+ às plantas reduziu a concentração de ^{45}Ca no exsudado. Apenas para Kada houve diferença entre os períodos de absorção, sendo a relação entre "cpm" no exsudado e "cpm" na solução nutritiva maior no final do período noturno. Nesse caso, o valor apresentado por Kada superou os dos demais, o que sugere que tal cultivar tenha maior capacidade de absorção de cálcio. Para a inflorescência e ponteiros das plantas, o total de ^{45}Ca acumulado durante o período diurno foi maior na solução com 25% de NH_4^+ /75% de NO_3^- , não havendo diferença entre as soluções no período noturno. Considerando os valores de "cpm" % nas primeiras inflorescências, constatou-se que no período noturno chega a elas a maior parte do ^{45}Ca absorvido.

GERARD e COWLEY (1964) afirmaram que os fatores como a taxa de crescimento, a adubação nitrogenada e o conteúdo de cálcio influenciam significativamente a permeabilidade celular e a pressão osmótica do fruto e como consequência a incidência de podridão apical. Levantaram a hipótese de que a principal causa da podridão apical em tomateiro de formato periforme é a perda de água da parte apical do fruto durante o estágio de crescimento e a podridão apical provavelmente resultou da transferência de água do fruto para a atmosfera através da transpiração e talvez para outras partes da planta.

GERARD e HIPPI (1968) trabalharam com o tomateiro das cultivares Chico e Chico Grande e indicaram que a incidência de podridão apical estava altamente relacionada com o estresse climático. As análises químicas mostraram que os frutos, especialmente a parte apical, continham baixos teores de cálcio - 0,03 a 0,15% - e alto teor de potássio e consequentemente alta relação K/Ca - 13 a 60/1. As altas transpirações diminuíram o movimento de cálcio para o fruto; em contraste, baixa transpiração aumentou o fluxo de cálcio para o fruto. Estes dados sugerem que as fo -

lhas, direta ou indiretamente, desviam o movimento de água e cálcio que movem através do xilema. A podridão apical foi séria em condições de déficit de pressão de vapor maior que 15 mm Hg.

Geralmente há uma alta correlação entre a taxa de transpiração e a taxa de absorção de cálcio. BARBER e OZANNE (1970) afirmaram que como a taxa de transpiração influencia o fluxo de massa da solução do solo, uma maior concentração de cálcio pode ocorrer na rizosfera do que no solo circunvizinho. Devido a restrição do cálcio ao transporte a longa distância, para o xilema a transpiração é de importância especial para a distribuição de cálcio na parte aérea, e o conteúdo relativamente baixo de cálcio nos frutos ou órgãos de reserva, quando comparado com as folhas, refere-se às diferenças da taxa de transpiração desses órgãos, porém a conclusão de que uma alta intensidade transpiratória de uma planta melhora a nutrição cálcica de todas as partes da planta, deve ser encarado com alguma restrição, pois, vários órgãos da parte aérea competem pela água de transpiração, e, a folha, devido a sua extensa superfície competem efetivamente, presumivelmente retirando água do fruto via xilema e exercendo um efeito detrimental sobre a nutrição cálcica do fruto (MARSCHNER, 1974).

GOOR (1974) relatou que a ocorrência de podridão apical em frutos de tomate está relacionado com o baixo conteúdo de cálcio e a incidência da doença pode ser agravada pelo estresse hídrico. Nesse sentido, estudou os efeitos do estresse hídrico sob condições de igualdade de concentração de íon pela adição de "polyethylene glycol" na solução nutritiva. Esses tratamentos resultaram em maior incidência de podridão apical e o murchamento da parte aérea da planta. Os efeitos diretos do estresse hídrico na podridão apical não foi possível ser excluído, o mesmo restringiu a absorção de muitos íons, exceto de magnésio. A relação $K + Mg/Ca$ absorvido e na folha aumentou com o estresse hídrico, isto é, diminuiu a absorção e o teor de cálcio. O autor na sua especulação a respeito do estresse hídrico considera o problema de duas maneiras distintas; uma é a remoção de água das células causando a morte da célula, o outro mecanismo é o efeito indireto do estresse de água sobre a absorção e distribuição de nutrientes minerais, resultando em menor conteúdo de cálcio no ápice

do fruto.

WESTERHOUT (1962) fez experimentos com tomateiro, em condições tropicais na casa de vegetação, para investigar fatores responsáveis pela incidência de podridão apical. Os resultados apontaram a taxa de crescimento da planta e do fruto como a principal causa do aparecimento do distúrbio. Os frutos com crescimento lento, mesmo com o sintoma evidente de falta de cálcio na planta, não apresentaram frutos com podridão apical. Nas plantas vigorosas, a podridão apical ocorreu de 7 a 10 dias após a anthese. Sugeriu também, que o movimento de cálcio para o fruto foi restringido em plantas de tomate com estresse hídrico.

WIERSUM (1966) demonstrou que durante períodos de rápido crescimento ou reduzida transpiração do fruto o fornecimento de cálcio para os mesmos em plantas de tomate pode ser limitado. No último caso, movimento de cálcio para o fruto via xilema é reduzido e se o fruto necessita de contínuo suprimento de cálcio, tais condições pode induzir uma deficiência nos frutos. Uma maior frondosidade das plantas devido a alta concentração de nutrientes causaria aumento na competição do fruto pela água disponível. Isto reduziria a quantidade de fluxo do xilema para o fruto e acen-tuaria a deficiência de cálcio.

CASTRO (1978) estudou em condições de casa de vegetação, os efeitos da aplicação de CCC (cloreto de 2-cloroetil trimetilamonio), SADH (ácido succínico-2, 2-dimetilhidrazida), GA (ácido giberélico) e IAA (ácido indolacético) em tomateiros no estágio de quatro folhas, na ocorrência da podridão apical estilar provocada por sulfato de amônio. As plantas tratadas com GA a 100 ppm apresentaram alta incidência da anomalia fisiológica, sendo que aplicações de SADH a 4000 ppm, CCC a 2000 ppm e IAA a 100 ppm reduziram a ocorrência de podridão estilar dos frutos; no caso do SADH reduziu a incidência de podridão apical porque reduziu o crescimento do tomateiro, diminuiu a transpiração foliar e aumentou o teor de cálcio nos frutos. A aplicação de IAA reduziu a incidência de podridão apical porque manteve um alto potencial osmótico foliar devido a redução da transpiração foliar. As plantas com frutos apresentando anomalia mostraram teores mais

baixos de cálcio nos frutos e folhas, sendo que nesse experimento os frutos com anomalia continham 0,06% de cálcio e os sadios 0,10%.

2.4. Efeitos da concentração catiônica do substrato na composição mineral, produção e distúrbios fisiológicos

A podridão apical, um distúrbio fisiológico que afeta morfológicamente o fruto de tomate, vem sendo estudado a muitos anos sob vários aspectos. Os trabalhos relacionados a seguir, tentam mostrar esses diversos caminhos trilhados para chegar ao nível de conhecimento acumulado atualmente. Além disso, procura ressaltar a importância da concentração catiônica e suas relações na absorção e translocação de nutrientes para diversos órgãos em plantas de tomateiro.

A mais antiga referência à podridão apical é a descrição feita por PLOWRIGHT (1881) citado por SPURR (1959). Ele referiu à desordem como "blackspot" e afirmou que o estágio inicial da desordem não é causada pelo fungo.

BROOKS (1914) fez referência a vários autores com idéias muito contraditórias a respeito da podridão apical. Muitos autores procuraram apontar o agente causal do distúrbio como sendo fungo ou bactéria enquanto outros obtiveram resultados negativos com pulverizações. Vários autores consideraram a combinação de vários fatores como responsáveis pelo distúrbio, dentre eles o excesso de nitrogênio, solo arenoso, intensa insolação, rápida transpiração, adubação pesada, variedade, tempo seco e até doença infecciosa. O autor tendo em mente todos esses dados de literatura conduziu vários experimentos procurando abranger esses aspectos e chegou às seguintes conclusões: a) a podridão apical de tomateiro não é causada por fungos ou bactérias; b) as plantas são mais susceptíveis quando em condições de grande atividade; c) excesso de água contínua ou a parada repentina no fornecimento pode favorecer o aparecimento do distúrbio; d) no cultivo em solução nutritiva, o cloreto de potássio aumentou e o calcário e o nitrato de sódio diminuíram o distúrbio; e) o sulfato de amônio, o sangue seco e a farinha de semente de algodão aumentaram o distúrbio mais do que

o nitrato de sódio contendo quantidades equivalentes de nitrogênio; f) aplicações pesadas de esterco de cavalo aumentaram o distúrbio na proporção do incremento do vigor das plantas; g) quando bem suprido com água, em solo arenoso apresentou menos doença do que em solo argiloso; h) o aumento da temperatura do solo em casa de vegetação aumentou o distúrbio; i) o autor é de opinião que o incremento do distúrbio com rega excessiva se deve à formação de compostos húmicos e amoniacais prejudiciais; j) os tecidos susceptíveis possuem maior concentração de amido e óleo do que os tecidos normais e sua seiva apresentou maior pressão osmótica.

SPENCER e BECKENBACH (1949) relacionaram a podridão apical com a fonte de nitrogênio, a umidade do solo, o pH, cálcio insuficiente; aeração pobre, a alta concentração salina, os danos mecânicos no sistema radicular durante o cultivo e até com o 2,4-D. Recomendam manter o pH acima de 5,5, o nível satisfatório de água no solo e fornecer adequada quantidade de cálcio, a cobertura nitrogenada somente nítrica e selecionar variedades menos susceptíveis ao distúrbio.

SPURR (1959) etiquetou flores de tomate cultivar San Manzano, conduzido à campo na antese, para ter frutos de idade conhecida que mais tarde foram coletados e observados quanto à podridão apical e para determinar a relação existente entre a desordem e o crescimento do fruto. Incipientes estágios de podridão ocorreram aproximadamente 10 a 15 dias após a antese, quando o fruto atingiu comprimento de 2,7 - 4,2 cm. Durante esta fase de desenvolvimento do fruto o aumento do crescimento em comprimento foi muito maior do que em relação ao tamanho do fruto. O início da desordem estava associado com a fase de ativo desenvolvimento. Em geral, o sintoma envolveu uma necrose progressiva em grupos de células com perda de água. O desenvolvimento da lesão envolveu, em muitos casos, toda a parte apical do fruto e os frutos afetados sofreram retardamento no crescimento em comprimento. Citologicamente, a primeira indicação de lesão visível externa foi o desenvolvimento de inclusões proteínicas marrom na epiderme e células essenciais do pericarpo. Inclusões proteínicas amarelo-claro a marrom também progrediram para lesão profunda e localizada, particularmente em célula do parênquima associado com o feixe vascu-

lar do eixo placentário. Os produtos da degradação em algumas células mostraram uma típica goma e uma reação positiva para proteína. Embora os frutos jovens normais contenham amido, as células de frutos afetadas eram abundantes em grãos de amido. As células afetadas pela podridão apical mostraram aspecto de desidratação após necrose, mas nenhuma evidência histológica conclusiva foi encontrada para suportar o ponto de vista que a desordem seja atribuída principalmente à estresse de água. Uma série de evidências apresentadas a seguir com o auxílio de dados de literatura demonstram a deficiência de cálcio no fruto como a causa básica da podridão apical em tomate: a) este estudo confirmou que o fruto tinha relativamente baixo conteúdo de cálcio; de acordo com a literatura, as folhas maduras são altas e os frutos jovens são baixos no conteúdo de cálcio; b) foi largamente considerado na literatura que o cálcio existente na porção madura da planta não é disponível para as partes em crescimento. Consequentemente, os primeiros sintomas de deficiência de cálcio, a inibição de alongação, ocorre nas extremidades em crescimento da planta; da análise de diferentes porções do fruto feito neste estudo foi possível verificar que a parte apical do fruto jovem em alongação era relativamente baixo em cálcio, e, portanto, sujeito à deficiência de cálcio; c) o teor de amido, como observado neste estudo, confirmou ser excessivamente alto em plantas deficientes em cálcio; d) o protoplasma mostrou evidência da deficiência de cálcio por meio da formação de inclusões proteínicas amarelo claro e marrom, um aspecto também relatado como deficiência de cálcio em algumas plantas.

GUSTAFSON (1927) acompanhou as mudanças na composição química de frutos de tomate durante o seu desenvolvimento. Aproximadamente três semanas após a antese o conteúdo de cálcio começou a aumentar consideravelmente. Isto sugere que o sintoma inicial de podridão apical pode não ocorrer em frutos em avançado estágio de crescimento por causa do seu maior conteúdo de cálcio.

LIMA et alii (1976) com o intuito de esclarecer como o cálcio se distribui nos frutos sadios e afetados com podridão apical, tomaram frutos sadios e afetados com podridão apical, das cultivares Castle e Roma VF, colhidos em cultura de campo e separados em polpa, semente e porção a-

pical, além de amostras de frutos inteiros. Os teores de cálcio variaram significativamente em função das cultivares. Na cultivar Castle, em função do estado do fruto - sadio e com podridão apical - o teor de cálcio foi significativamente maior na polpa e menor nas sementes dos frutos com podridão, em relação aos frutos sadios. Para a cultivar Roma VF, não ocorreu efeito da interação entre as partes e o estado do fruto, significando que, independente da parte do fruto, os teores de cálcio nos frutos com podridão foram significativamente inferiores aos dos frutos sadios.

WARD (1963) coordenou um projeto cooperativo envolvendo nove produtores experientes de tomate e estabeleceu como teores satisfatórios de nutrientes, amostrando a quinta folha a partir do topo: N, 5,25%; K, 4,00%; N/K, 1,31; P, 0,80%; Ca, 1,50% e Mg, 0,45%. Verificou que quando o nível de cálcio nos tecidos caía abaixo de 1,00%, impreterivelmente, era acompanhado de podridão apical. Para magnésio esse nível crítico foi de 0,30%.

WARD (1973) sugeriu o valor de cálcio na folha de tomateiro de 1,5% como ótimo para a produção livre de podridão apical e menor que 1% de cálcio como sugestivo, e o nível de cálcio nos frutos normais ao redor de 0,08%, enquanto aqueles com podridão apical de 0,02 - 0,08%.

ROBBINS (1937) cultivou plantas de tomate cultivar Marglobe em areia com o emprego de solução nutritiva em cinco diferentes concentrações osmóticas - 0,08; 0,44; 0,83; 1,70 e 3,10 atm. A solução nutritiva de 0,08 atm fornecida na taxa de um litro por dia resultou em crescimento limitado, mas quando o suprimento passou a ser de 4 l/dia, ocorreu um ótimo crescimento vegetativo. O melhor crescimento e maior produção de matéria seca e fresca por planta foram obtidos nas soluções com 0,44; 0,83 e 1,7 atm de pressão osmótica. A 3,1 atm o crescimento foi aparentemente prejudicado devido a baixa disponibilidade de água. Em todas as concentrações osmóticas o pegamento dos frutos ocorreram livremente, no entanto os dois extremos (0,08 e 3,1 atm) apresentaram frutos excepcionalmente grandes e pequenos, respectivamente. A podridão apical desenvolveu em 80% das plantas cultivadas nas duas maiores concentrações osmóticas e em nenhum

fruto com podridão apical nas demais concentrações osmóticas. Com esses dados, o autor mostrou definitivamente, que a podridão apical estava associada com a alta pressão osmótica da solução nutritiva e inferiu que a diminuição na disponibilidade de água acompanhando alta concentração salina foi a causa direta do distúrbio.

CLAY e HUDSON (1960) realizaram dois experimentos em casa de vegetação com tomateiro, onde induziram a diferentes níveis de salinidade, adicionando várias quantidades da mistura de 3:1 de sulfatos de potássio e magnésio. Em um dos experimentos, quatro tratamentos proporcionaram uma larga variação do nível de salinidade e indicaram que o crescimento e a produção de plantas de tomate foram prejudicados quando a condutividade elétrica estava acima de 1300 micromhos/cm. No outro experimento, com tratamento de salinidade, houve efeito similar sobre o crescimento e a produção, mas além disso, o gesso foi adicionado numa parte das parcelas na razão de 10 toneladas por hectare, e ocorreu a redução da podridão apical, suportando a hipótese de que a desordem é devido à falta de cálcio. No entanto, a adição de gesso não afetou significativamente a produção de tomate. A podridão foi prevalente em solos com alta salinidade. As maiores produções e a melhor qualidade do fruto foram conseguidos nos níveis moderados de salinidade.

CERDA et alii (1979) cultivaram plantas de tomate, até a maturidade, em solução nutritiva completa com vários potenciais osmóticos (-0,8; -2,4; -4,4 e -6,4 bar) pela adição de NaCl e três níveis de fósforo (0,5; 5,0 e 50 ppm). Os objetivos foram, avaliar os efeitos do potencial osmótico e fósforo e suas interações com respeito a produção e qualidade de frutos e as concentrações de nutrientes nas plantas e nos frutos. A redução do potencial osmótico pela adição de NaCl diminuiu significativamente a produção de frutos, mas aumentou a porcentagem de sólidos solúveis, podridão apical e de frutos não comerciáveis. O incremento na salinidade da solução resultou em maior concentração de fósforo, sódio e cloro na folha. Aumentando o fósforo na solução, a produção de frutos foi maior, mas, diminuiu a porcentagem de sólidos solúveis no fruto e a incidência da podridão apical. As concentrações de fósforo, cálcio e cloro

nas folhas de plantas cultivadas na solução com alto nível de fósforo foi maior do que nas folhas de plantas em baixo nível. A incidência da podridão apical foi maior sob baixo potencial osmótico. Os baixos níveis de cálcio nas folhas e frutos maduros estavam associados com o desenvolvimento da podridão apical. A concentração de cálcio em frutos maduros variou de 0,039 - 0,076% comparado com 0,028 - 0,043% para frutos maduros com podridão apical. A concentração foliar de cálcio de 1,5 - 2,0% estava associada com a presença de podridão apical.

PILL e LAMBETH (1980) submeteram as plantas de tomate a diferentes níveis de água (-0,3; -2,0 e -6,0 bar) e adubação nitrogenada e nítrica. A diminuição do potencial água do solo reduziu o número de frutos, o pegamento e o peso médio e total dos frutos. Nos dois regimes de água mais úmidos, a nutrição amoniacal comparada com a nítrica reduziu o peso médio e total dos frutos, mas, aumentou o número de frutos. Entretanto, não houve influência das formas de fertilizante nitrogenado nestas variáveis no tratamento com menor quantidade de água. A incidência e severidade de podridão apical aumentou pela nutrição amoniacal e pela diminuição no potencial água do solo. Essa diminuição na disponibilidade de água do solo causou também uma diminuição na concentração de cálcio, magnésio e potássio do fruto. Num dado regime hídrico a adubação amoniacal diminuiu a concentração foliar de cálcio e magnésio mas geralmente aumentou a de potássio e também de cálcio, magnésio e potássio do fruto. Embora a incidência de podridão apical e sua severidade não pareça estar relacionada à concentração de cálcio, magnésio e potássio do fruto, a desordem estava associada com o aumento na concentração desses íons no sentido da parte apical para a base do fruto. O potencial água do xilema das folhas basais não foi afetado pela forma de adubação nitrogenada mas foi maior - menos negativa - sob regime mais úmido.

O efeito do íon sobre a atividade, função ou movimento de outro íon dentro da planta tem sido, variavelmente, referido como antagonismo, balanço de nutrientes, relação catiônica e outras expressões similares, dependendo da visão dos pesquisadores e a natureza da pesquisa. OSTERHOUT (1907) foi um dos primeiros a usar o termo "antagonismo" em relação a

a nutrição da planta, definindo este termo como a ação de uma substância prevenindo o efeito tóxico de outro. Ele também distinguiu claramente os termos "nutriente" e "balanço" com respeito a antagonismo e toxicidade em solução nutritiva; uma solução balanceada que não é tóxica para a planta por causa de antagonismo mútuo, ou balanço, pode ser de pouco ou nenhum valor nutriente para a planta. De outra maneira, uma solução de valor nutriente alta pode ser desbalanceada e produzir efeito tóxico na planta.

PARKER e PIERRE (1928) comentam que quando consideram o efeito de vários cátions sobre a absorção de potássio, deveria ser lembrado que a concentração de potássio na solução de solos à campo é, normalmente, abaixo de 10 ppm, o de magnésio aproximadamente 50, e o cálcio acima de 100 ppm. Outrassim, tem sido demonstrado que uma concentração constante de 2 a 5 ppm de potássio é suficiente para um ótimo crescimento em solução nutritiva. Em muitos estudos de solução nutritiva sobre balanço de nutrientes e antagonismo iônico, alta concentração de potássio tem sido usado.

ITALLIE (1938) verificou que quanto maior a concentração de um cátion em relação a concentração de potássio, maior tem sido a depressão na absorção pelas plantas. De fato, VIEIS (1942) mostrou que quando a concentração relativa de cálcio em relação a potássio é baixa, o cálcio favorece a absorção de potássio pelas plantas, e somente quando o cálcio é materialmente incrementado, a absorção de potássio diminui. DAVIDSON e BLAKE (1937) encontraram que onde 10 ppm de potássio estava presente na solução, os sintomas de deficiência de potássio em pessegueiro foram detectados somente com alto nível de cálcio (410 ppm), enquanto que com 2 ppm de potássio, as folhas de pessegueiro mostraram sintomas de deficiência com nível médio de cálcio (100 ppm). Também mostrou que a soma dos cátions cálcio, magnésio, potássio e sódio na matéria seca de "Italian rye grass" permaneceu aproximadamente constante. Isto ocorreu até mesmo quando houve grande variação de cada cátion na planta devido o solo ter recebido diferentes quantidades de cátions.

LYON et alii (1942) estudaram a ocorrência de podridão api-

cal em areia com uma ampla variação na proporção relativa de macronutrientes. Eles constataram que a incidência de podridão apical estava associada com a deficiência de cálcio. No tratamento onde a podridão apical era muito severa, o conteúdo de cálcio era baixo e alto em potássio e magnésio.

PIERRE e BOWER (1943) relataram que a habilidade de uma planta em obter quantidade suficiente de potássio ou outros elementos nutrientes para o ótimo crescimento, depende não somente da concentração do elemento no substrato em forma disponível mas também de certos fatores ambientais que afetam a sua absorção. Um dos fatores ambientais que tem sido estudado é a concentração de outros íons no substrato. É conhecido que, a presença de alta concentração de algum cátion na solução nutritiva resulta na diminuição de crescimento da planta e é denominado efeito tóxico de íons e, pode frequentemente ser superado pelo aumento da concentração de outro cátion, assim fornecendo um melhor balanço entre os íons na solução. Embora nenhuma explanação inteiramente satisfatória tenha sido oferecida, dados de análise de planta tem conduzido a teoria de que os íons presentes em alta concentração no meio nutritivo diminuem a absorção de outros íons de carga semelhante, e, pode até causar uma deficiência. Esta teoria, em várias formas modificadas, tem sido referida como a teoria do "antagonismo do íon". Há muitos trabalhos que tentam mostrar a melhor relação de potássio com outros elementos, na solução, para o ótimo crescimento da planta, mas, a maioria é de difícil interpretação. Os estudos desse tipo tem sido realizados tanto em solução nutritiva quanto em solo. Nos estudos com cultivo no solo é difícil esperar os efeitos sobre a absorção de potássio e sobre o crescimento de plantas devido a diminuição ou aumento na concentração de potássio solúvel resultante da presença de outros cátions e também em função do efeito de vários cátions solúveis sobre a habilidade da planta em absorver potássio da solução. Devido a estas dificuldades, o cultivo em solução nutritiva oferece várias vantagens em relação ao cultivo no solo. Por outro lado, muitas soluções nutritivas são abertas à crítica, devido a alta concentração de vários cátions usados quando comparado àqueles encontrados na solução do solo. O interesse entre os estudiosos do solo, no efeito de vários cátions sobre a absorção

de potássio pelas plantas, tem sido para explicar os resultados obtidos em três linhas de investigações; isto é, o efeito de calagem de solos sobre a disponibilidade de potássio para as plantas, a deficiência de potássio de certos solos com super calagem, e a melhor forma de vários materiais fertilizantes, especialmente quando usados em grande quantidade sobre os solos pouco tamponados. Os autores, após revisar vários trabalhos a respeito de outros cátions sobre a absorção de potássio da solução, tiraram as seguintes conclusões gerais: a) a absorção de potássio pelas plantas é, usualmente, diminuída pela presença de alta concentração de outros cátions na solução; b) sob certas condições, porém, ela pode ser incrementada; c) a diminuição na absorção de potássio pode ter um efeito de trimental, um efeito benéfico ou nenhum efeito na produção, dependendo da quantidade absorvida em relação à necessidade da planta; d) como o potássio possui uma maior habilidade competitiva do que os outros cátions comuns, o decréscimo no potássio devido a alta concentração de outros cátions não é tão pronunciado como é o efeito de potássio sobre a absorção de cálcio ou magnésio; e) o efeito de vários cátions sobre a absorção de potássio pelas plantas depende de inúmeros fatores, muitos dos quais são aditivos e entre estes fatores, a espécie da planta e a relação de outros cátions com o potássio são provavelmente dominantes.

REEVE e SHIVE (1943) realizaram um cuidadoso estudo quantitativo para averiguar as respostas de plantas de tomate à diferentes tratamentos de boro - 0,001; 0,1; 0,5 e 5 ppm - quando cultivadas dentro de larga variação de níveis conhecidos de potássio - 10; 50; 89; 250 e 500 ppm - e cálcio - 5; 10; 50; 100; 250 e 500 ppm - fornecidos para as plantas por meio de solução nutritiva, em vasos com areia. A altos níveis de boro, os sintomas externos de toxicidade, bem como os sintomas de deficiências à baixos níveis de boro são progressivamente acentuados com o aumento das concentrações de potássio na solução nutritiva. Estes dados não apresentam coerência entre os dados qualitativos e quantitativos. A concentração de potássio do substrato teve uma influência definida sobre a acumulação de boro nos tecidos da planta de tomate. A um dado nível de boro no substrato há um progressivo aumento no conteúdo de boro das plantas com o incremento de potássio no substrato. Isto é especialmente pronuncia

do a altos níveis de boro. O cálcio e o potássio foram similares na sua capacidade para acentuar os sintomas de deficiência de boro com o aumento nas concentrações desses cátions no substrato. Toxicidade de boro, porém, a altos níveis de boro, diminuiu marcadamente com o aumento das concentrações de cálcio. Em relação a isso a influência de cálcio foi oposto ao do potássio. A níveis altos de boro houve uma marcada diminuição de boro solúvel e total nos tecidos da planta com o incremento nas concentrações de cálcio no substrato. A acumulação de cálcio nos tecidos é largamente determinada pela concentração de cálcio no substrato e pareceu ser independente do boro. A um dado nível de cálcio e boro, dentro dos limites, a relação Ca/B diminuiu com o aumento na concentração de potássio no substrato. O cálcio ofereceu pouco ou nenhum efeito sobre a relação K/B. A resposta da planta de tomate à respeito do boro parece ser determinada pela relação direta e íntima entre o cálcio e o boro no metabolismo, mas o potássio parece influenciar a resposta da planta à boro indiretamente através de seu efeito sobre os processos envolvidos na absorção e acumulação de cálcio. Do ponto de vista prático, esses resultados sugerem que nos substratos que contém o boro em excesso, os efeitos tóxicos podem ser reduzidos ou prevenidos pela adição de cálcio.

Com o intuito de estudar o efeito de diferentes níveis dos macronutrientes catiônicos cálcio, magnésio e potássio na solução nutritiva com o tomateiro cultivar Bonny Best, BEESON et alii (1944) determinaram o conteúdo desses nutrientes nos folíolos e frutos. O aumento na concentração desses cátions na solução provocou aumento dos mesmos nos folíolos e frutos com exceção do magnésio no fruto. Houve uma correlação negativa entre o fornecimento de cálcio na solução e o conteúdo foliar de potássio e magnésio e no fruto de magnésio. Do mesmo modo, o aumento na concentração de potássio na solução causou diminuição de cálcio no folíolo. A única correlação dos níveis de magnésio na solução foi a presença do efeito sinérgico em relação a concentração de fósforo nos folíolos.

RALEIGH e CHUCKA (1944) cultivaram plantas de tomate da cultivar Marglobe, ao ar livre com o método de subirrigação, variando as concentrações dos macronutrientes em 1/4, 1/2, 2 e 4 vezes e mantendo as de -

mais constantes. A concentração de referência foi em ppm: N, 600; P, 100; K, 400; Ca, 500; Mg, 200 e S, 200. Em geral, quando aumentou a concentração do elemento na solução nutritiva, aconteceu o mesmo na raiz, caule e fruto das plantas de tomate. Quando um determinado elemento foi aumentado na solução nutritiva, apresentou tendência da diminuição do conteúdo de outros elementos na planta, como por exemplo, o incremento de potássio na solução nutritiva provocou uma diminuição do conteúdo de nitrogênio da planta. A variação na concentração da solução nutritiva influiu menos na composição dos frutos do que do caule e raiz. A podridão apical ocorreu quando o nitrogênio, enxofre, magnésio, potássio e cloro estavam altos e o cálcio baixo. A análise de frutos indicaram que aquelas plantas que produziram frutos com teor de cálcio menor do que 0,20%, geralmente, produziram frutos com podridão apical. No tratamento com 250 ppm de cálcio na solução nutritiva os teores de nutrientes no caule, fruto e raiz foram: nitrogênio (4,18; 3,66 e 4,67), fósforo (1,05; 0,69 e 1,41), potássio (3,45; 4,31 e 4,12), cálcio (1,94; 0,16 e 0,64), magnésio (0,96; 0,26 e 0,45) e enxofre (1,13; 0,22 e 0,37).

WALSH e CLARKE (1945) citados por SPURR (1959) encontraram que as plantas de tomate de crescimento vigoroso, com baixo teor de cálcio no fruto e folhas, mostraram na maioria das vezes podridão apical. Com base nos seus experimentos, à um bom nível nutricional, eles sugeriram que o alto nível de potássio resultou em uma diminuição na absorção de cálcio e como consequência o desenvolvimento de podridão apical.

LUCAS e SCARSETH (1947) consideraram que os três cátions básicos, potássio, cálcio e magnésio, compoem a maior porção dos elementos essenciais encontrados nas cinzas de plantas, e existe uma interrelação entre esses cátions. Além disso, os autores afirmaram que o uso de calcário incrementa a porcentagem do conteúdo de cálcio na planta, em detrimento ao conteúdo de magnésio e potássio. Por outro lado, o uso excessivo de potássio pode causar uma alta concentração de potássio na planta e drástica diminuição nos conteúdos de cálcio e magnésio. LUCAS et alii (1942) citados por LUCAS e SCARSETH (1947) analisando os dados de composição de diversas plantas forrageiras coletadas de campos de três regiões de Indiana,

nos Estados Unidos da América, mostraram que o total de equivalentes de bases tendeu a ser constante. O conteúdo de cálcio dessas plantas variaram entre 52-81 emg/100 g de matéria seca, magnésio entre 18-45 emg e potássio entre 22 - 56 emg. O total de bases variou entre 124 - 148 emg, sendo a variação menor do que cada cátion isoladamente. Por outro lado, nem todos os pesquisadores observaram o efeito de constância de cátion. MEHLICH e REED (1946) também citados pelos mesmos autores, encontraram maior absorção de cálcio, magnésio e potássio em algodoeiro nos maiores graus de saturação de cálcio. As plantas de algodão cultivadas nos solos de baixa saturação de cálcio e altos níveis de potássio absorveram somente 60 emg de bases. Os solos de alta saturação de cálcio e baixa de potássio absorveram 140 emg/100 g de matéria seca.

CAROLUS (1949) instalou um experimento com o objetivo de averiguar a falta de resposta a calagem em algumas situações pelo tomateiro e para explicar a interação com a adição de potássio. Os resultados indicaram que a maciça aplicação de calcário em solo ácido com baixo teor de potássio e cálcio trocável não foi benéfico para o tomateiro. Entretanto, quando a calagem é realizada em conjunto com o potássio, houve incremento significativo na produção. Comparando a absorção de cálcio e magnésio pelo espinafre e tomateiro, os resultados indicaram que o espinafre difere do tomateiro e foi capaz de absorver grande quantidade de potássio da solução com uma concentração relativamente baixa. Portanto, sugere-se que o tomate pode ser classificado como planta que requer uma concentração relativamente alta de potássio na solução do solo, em relação a concentração de cálcio, do que o espinafre ou outras plantas que tem uma baixa concentração de cálcio.

BUSSLER (1962) citado por BURSTROM (1968) afirmou que a deficiência de cálcio aparece quando a quantidade de cálcio é menor que 20% da soma de cátions.

SALMON (1964) relatou que a relação entre o conteúdo de um cátion trocável no solo e sua absorção pelas plantas é influenciado por vários fatores. A absorção de magnésio depende de K, Ca e NH_4^+ trocável e

do pH do solo, bem como, o magnésio trocável determinado pelo método usual, não prediz satisfatoriamente a sua disponibilidade.

WELTE e WERNER (1963) realizaram extenso experimento, em vasos com areia envolvendo diversas espécies de plantas, para estudar o efeito do aumento das concentrações dos íons H, K, NH_4^+ e Ca no substrato sobre a absorção de magnésio pela planta. Entre esses íons, o hidrogênio em alta concentração diminuiu a absorção de magnésio mais severamente. Em um substrato fortemente ácido foi possível corrigir, completamente, a deficiência de magnésio em plantas pela aplicação de magnésio ou pelo aumento de pH com calcário. Aumentando o pH pela calagem, sem adição de magnésio, foi mais eficiente em melhorar a absorção de magnésio e o crescimento, do que, a adição do magnésio sem correção do pH. Com a aplicação adicional de CaCO_3 , a concentração de íons cálcio atingiu um nível em que a influência positiva da calagem em diminuir o antagonismo H/Mg foi compensada pelo efeito antagônico do íon cálcio. A alta concentração de potássio no substrato diminuiu o conteúdo de magnésio da planta, e o menor conteúdo de potássio foi causado pelo incremento na aplicação de magnésio. Do ponto de vista fisiológico, isto significa que a interação entre estes cátions é um verdadeiro antagonismo. Descobriu-se que os efeitos depressivos de diferentes cátions sobre a absorção de magnésio pela planta são cumulativos, por exemplo, o antagonismo K/Mg é mais pronunciado a pH baixo. Isto foi demonstrado em um experimento, com aveia, em solo ácido e arenoso deficiente em magnésio. Incrementando a adubação de potássio na forma de cloreto causou uma severa deficiência de magnésio na planta e isto resultou na diminuição de produção, mas quando a mesma quantidade de potássio foi aplicada como bicarbonato, que melhorou simultaneamente a reação do solo, aumentou a absorção de magnésio e a produção. Evidentemente, pela adição de KHCO_3 ao solo, o antagonismo H/Mg diminuiu e o antagonismo K/Mg aumentou. Portanto, parece que o efeito antagônico do íon hidrogênio sobre a absorção de magnésio pela planta foi mais forte do que aquela do potássio.

FISHER (1967) procurou avaliar em um primeiro experimento os efeitos de sais na solução nutritiva empregando NaCl , KCl , KNO_3 , K_2SO_4

e $MgSO_4$ e variando a pressão osmótica de 1/2 (testemunha), 2; 3 até 4 1/2 atm em plantas de tomateiro. No segundo experimento estudou a deficiência de cálcio como um efeito específico de sais, onde as plantas de tomateiro foram conservadas em solução nutritiva de 2 atm e foram pulverizadas com 0,04 M de $CaCl_2$ numa parte das parcelas. A interferência na nutrição cálcica das plantas foi o maior efeito específico do íon e foi causado pelo potássio e magnésio. O íon sódio exibiu esta tendência em menor extensão. Os efeitos específicos de ânions foram também observados. O íon cloreto produziu maior depressão no crescimento vegetativo do que o nitrato; o íon sulfato prejudicou o crescimento vegetativo e a produção de frutos mais do que o cloreto. O sintoma de podridão apical foi completamente controlado no segundo experimento pela aplicação regular de cloreto de cálcio.

GERALDSON (1967) demonstrou claramente a relação de concentração de sais para nutrição de cálcio. Nesse estudo, apontou que a adição de adubação normal que contém proporcionalmente grande quantidade de K, NH_4^+ , Na e Mg solúveis e relativamente pequena quantidade de cálcio solúvel, diminui a relação Ca/total de sais solúveis na solução. Também mostrou que a absorção de cálcio e sintomas de deficiência - podridão apical em tomateiro e "blackheart" em salsa - foi correlacionada com a baixa relação Ca/total de sais solúveis. Ele demonstrou posteriormente que, quando aumenta a concentração salina, a disponibilidade de cálcio diminui, até mesmo quando a relação permanece constante. Esses efeitos da concentração de sal sobre a absorção de cálcio não pode ser totalmente separado dos efeitos nutricionais de cada nutriente. O autor mostrou que, em termos equivalentes, a substituição de cálcio na solução salina afeta grandemente a qualidade do tomate. A eficiência ou poder de vários cátions em reduzir cálcio na folha e incrementar a incidência de podridão apical está na seguinte ordem: $NH_4^+ > K > Mg > Na$.

FASSBENDER e LAROCHE (1968) conduziram um experimento em vaso com solo denominado "Latossolo de Colorado", com dose fixa de potássio e doses crescentes de cálcio e magnésio em diferentes proporções. Os resultados de potencial catiônico do nutriente foram correlacionados com a

absorção desses cátions pelo tomate e com relações catiônicas na planta. Foi encontrada alta correlação entre os potenciais $p_k - 0,5 \text{ Ca}$; $p_k - 0,5 p \text{ Mg}$; $p_k - 0,5 p (\text{Ca} + \text{Mg})$ e $p_{\text{Ca}} - p_{\text{Mg}}$ com logaritmos de K/Ca , K/Mg , $\text{K/Ca} + \text{Mg}$ e Ca/Mg na planta. Esta correlação foi maior com a amostra de solo antes do cultivo. Os autores lembram na discussão que é importante distinguir entre suprimento de nutriente e absorção. O suprimento de nutriente é um fator ligado ao solo e a absorção é a reação da planta à um dado suprimento. Muitas plantas mostram certa preferência ao potássio em relação a cálcio e magnésio e tais preferências estão em função da atividade metabólica de certas espécies de planta.

JOHANSEN et alii (1968) observaram que o aumento na concentração de $\text{K} - 20, 200, 2000 \text{ uM}$ - na solução nutritiva, diminui o conteúdo de cálcio em plantas de cevada cultivadas em solução de baixa concentração de cálcio - 250 e 2500 uM . O aumento de potássio de 20 para 200 uM diminui a absorção de cálcio mais do que o incremento de potássio de 200 para 2000 uM . A inibição da absorção de cálcio pelo potássio, ambas em baixas concentrações, pode ser um mecanismo importante na nutrição de cálcio das plantas, uma vez que as concentrações de cálcio e potássio na solução que banha as raízes no solo, frequentemente, são de baixas concentrações.

BOON (1973) testou os efeitos de duas relações $\text{K/Ca} - 1:5$ e $5:1$ - e de quatro períodos curtos de seca sobre a qualidade de frutos, em dois experimentos em vasos. Os períodos de seca foram fixados em estágios, na qual frutos de cachos sucessivos foram amostrados com idades fisiológicas comparáveis. A seca diminuiu a concentração de cálcio e aumentou a relação K/Ca no fruto. Após o período de seca, a quantidade total de cálcio no fruto foi menor do que a testemunha. O tratamento de seca temporária apresentou um efeito duradouro, perceptível até no amadurecimento dos frutos. Podridão apical somente ocorreu na alta relação K/Ca , e foi levemente agravada pela seca. Na alta relação K/Ca a incidência de "blotchy ripening" - fruto manchado - foi menor do que na baixa relação K/Ca .

MARSCHNER (1974) em sua extensa revisão a respeito de nutri

ção de cálcio em plantas superiores, comenta que comparando a alta concentração na solução do solo e conseqüentemente na superfície da raiz com a necessidade das plantas, significa que deficiência de cálcio em plantas superiores deveria ocorrer raramente. Porém, o autor comenta que literatura tem descrito vários trabalhos sobre a desordem fisiológica causada pela insuficiente nutrição cálcica. Isso inclui "tipburn" em alface, "black heart" em salsaão, podridão apical em tomateiro e melão e "bitter pit" em maçã. Esta deficiência de cálcio ocorre, principalmente, em associação com a agricultura e horticultura intensiva. Uma razão para o incremento do problema é, sem dúvida, a redução na proporção de fertilizante inorgânico cálcico usado na prática, em relação a outros macronutrientes. Este é o caso quando fertilizantes compostos, altamente concentrados são aplicados.

SAXENA et alii (1975) durante a estação chuvosa de verão e a estação chuvosa de inverno de 1972-1973, conduziram experimentos para avaliar os efeitos de níveis de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a cultura do tomateiro. Em ambas as estações, o aumento na dose de nitrogênio causou incremento linear da produção. Embora não houvesse efeito de doses de potássio sobre o tamanho do fruto, a produção foi maior na maior dose de potássio em ambas as estações. As interações entre as doses de nitrogênio e potássio, e nitrogênio e fósforo sobre a produção de tomate ocorreram em ambas as estações. A incidência de podridão apical foi de 24,3 e 26,5% no verão e inverno respectivamente. Em ambas as estações a perda devido a podridão apical aumentou linearmente com o aumento da dose de nitrogênio. O nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas incrementou com o aumento da dose de cada um. Em geral, a concentração de fósforo e cálcio nas folhas de tomate foram menores do que o nível considerado normal para o crescimento. O conteúdo foliar de cálcio reduziu de 0,98 para 0,86% com o aumento da dose de nitrogênio e foram negativamente correlacionados com a severidade de podridão apical, reduzindo o conteúdo foliar de cálcio. Nesse experimento, o aumento da aplicação de potássio de zero para 180 kg de K/ha não interferiu no teor foliar de cálcio e nem na incidência de podridão apical.

LUNE e GOOR (1977) estudaram os efeitos da relação K/Ca na solução nutritiva sobre a ocorrência de desordens no amadurecimento de frutos de tomate. As relações empregadas foram: 0,04; 0,12; 0,29 e 3,15 e a pressão osmótica das soluções foram mantidas constantes. Os sintomas observados no fruto foram faixas amareladas do cálice ao ápice e áreas amarelo-esverdeadas próximas ao cálice. Estas desordens diminuíram com o incremento da relação K/Ca na solução nutritiva; este incremento causou aumento da relação K/Ca nas folhas e frutos pela diminuição no conteúdo de cálcio e pelo incremento no conteúdo de potássio. Houve também uma correlação entre a relação K + Mg/Ca das folhas e frutos, sendo que, o aumento desta relação foi acompanhado pela menor incidência de desordens de amadurecimento. Não foi possível precisar se este efeito foi causado pela diminuição no conteúdo de cálcio, um incremento no conteúdo de potássio ou magnésio ou ainda pela combinação desses.

MULLINS e WOLT (1983) em estudos com tomate cultivares Better Boy e Walter cultivados em solo ácido - pH 4,9 - com baixo nível de cálcio e magnésio inicial, aplicaram $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e MgO em diferentes relações molares. Em 1980, a produção de frutos comerciáveis foi menor com 100% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou 100% de MgO. Em 1981, a fonte de calagem não afetou a produção de frutos comerciáveis. A incidência de podridão apical foi mais severa - 16% - quando nenhum cálcio foi aplicado, sendo que, nas demais relações a incidência foi insignificante, enquanto a rachadura foi mais severa com alto nível de cálcio aplicado. O cálcio foliar e o pH do fruto foi maior para "Walter" do que "Better Boy". A relação molar de cálcio e magnésio do tecido amostrado no início de frutificação foi um bom indicador do nível de Ca-Mg em 1980, quando as maiores produções de frutos foram obtidas acima de uma relação molar relativamente estreita de cálcio e magnésio na folha, com limitação de produção nos níveis de cálcio e magnésio deficientes. Houve uma boa correlação entre a relação molar de cálcio e magnésio na folha com a relação molar no solo para um dado ano, mas a relação foi diferente entre os anos. A produção e a absorção dos elementos pelo tomate, relativo aos níveis de aplicação de cálcio e magnésio, variou entre os anos como uma consequência de diferentes condições climáticas, em que foi quente e seco em 1980 e frio e úmido em 1981.

2.5. Nutrição potássica

O potássio é o cátion mais abundante nos tecidos da planta de tomate. Sua presença influi diretamente na composição de outros cátions, bem como na produtividade, teores de ácidos orgânicos e na qualidade do produto.

WALL (1939) avaliou os efeitos de doses crescentes de potássio na solução nutritiva (0, 44, 176 e 351 ppm de potássio) em tomateiro, cultivado em areia com solução nutritiva. A concentração de cálcio na solução de todos os tratamentos foi de 270 ppm. Houve uma tendência de relação inversa entre o teor de potássio no substrato e a matéria seca, o cálcio e o total de carboidratos. Já o teor de proteína e potássio nas plantas de tomate diminuiu significativamente com a redução da concentração de potássio na solução. Os sintomas de deficiência de potássio iniciou com o endurecimento da planta e acompanhado pela clorose das lâminas superiores. Posteriormente com o agravamento da deficiência, ocorreu o enrolamento das folhas para cima como resultado de um crescimento desigual e finalmente a morte das margens das folhas.

JONES (1961) examinou os níveis de ácidos orgânicos e cetoácidos nas folhas de plantas de tomate cultivadas em diferentes níveis de potássio. Com a diminuição do nível de potássio, os níveis de ácido oxálico, málico e às vezes de ácido pirúvico diminuíram, enquanto houve acúmulo de ácidos alfa cetoglutárico, cítrico e glioxílico. O total de ácidos orgânicos permaneceu quase constante em todos os níveis de potássio, e a mudança no nível de cátions foi balanceada pelo fosfato. Estes ajustes auxiliam as plantas a crescerem sob diferentes condições ambientais e não foram afetadas pela idade das plantas. Isto sugere que as mudanças no balançamento de ácidos ocorrem devido as mudanças na atividade das enzimas, ligadas ao metabolismo de piruvato e pela mudança no equilíbrio causado pelos aminoácidos livres e amidas acumuladas, como um resultado de metabolismo desordenado de proteína.

GREENWAY e PITMAN (1965) empregando o ⁴²K observaram que o

potássio foi retranslocado de folhas maduras de planta jovem de cevada e aproximadamente 50% do potássio requerido pelas folhas jovens foi derivado dentro da planta. Esta remobilização de potássio, provavelmente, ocorre via floema e acompanha o movimento de fotossintetados.

ASHER e OZANNE (1967) observaram respostas de 14 espécies de plantas cultivadas a diferentes concentrações de potássio na solução nutritiva. Nesse estudo, todas as espécies apresentaram deficiência de potássio com a concentração de 1 μM do elemento na solução. Aumentando a concentração de potássio na solução nutritiva, aumentou a produção e o conteúdo de potássio da parte aérea e da raiz, mas, diminuiu a relação raiz/parte aérea e a porcentagem de matéria seca da raiz e parte aérea. Com a concentração de 24 μM de potássio, oito espécies atingiram a máxima produção. As seis espécies restantes atingiram ou pelo menos aproximaram da máxima produção a 95 μM de potássio. Acima de 95 μM de potássio houve pequeno efeito sobre a produção, conteúdo de potássio, porcentagem de potássio, porcentagem de matéria seca ou relação raiz/parte aérea. Neste experimento a solução foi continuamente circulada através dos vasos numa taxa de 1000 l/vaso/dia.

OZBUN et alii (1967) conseguiram induzir a ocorrência de "white tissue" em frutos de tomate, diminuindo o nível de potássio na solução nutritiva. Houve uma alta correlação entre o conteúdo de potássio do tecido do fruto com o "white tissue" e o conteúdo de potássio no pecíolo. Na literatura, essas desordens de amadurecimento de fruto de tomate, que são caracterizadas pela coloração anormal do tecido do pericarpo, são geralmente referidas como "blotchy ripening". Estudos de casa de vegetação e de campo tem sugerido que essas anormalidades na coloração de fruto de tomate podem ser influenciadas pela nutrição, principalmente potássica (COLLIN e CLINE, 1966). O "white tissue" foi caracterizado por SADIK e MINGES (1966) como coloração deficiente, tecido duro que pode variar na coloração desde verde claro até o branco a amarelo palha. Enquanto o exato papel do potássio no amadurecimento de tomate não é conhecido, pode ser especulado que o potássio está envolvido na síntese de licopeno. Por exemplo, há alguma evidência de que o piruvato, um intermediário na via de síntese de lico

peno, não é prontamente sintetizado em folhas de tomate deficiente em potássio (JONES, 1966). A nutrição potássica pode regular a síntese de piruvato através da enzima kinase pirúvica que possui necessidade específica de potássio (EVANS, 1963) citado por OZBUN et alii (1967).

LINGLE e LORENZ (1969) verificaram que em muitas áreas da Califórnia (EUA) cultivadas com o tomate industrial, cultivares VF-145 e VF-13 L, adaptadas para a colheita mecânica, apresentaram os sintomas de deficiência de potássio, enquanto, as cultivares tradicionais de colheita manual, plantadas lado a lado, não apresentaram os sintomas. Tentando responder a esse problema, fizeram experimento de campo e de casa de vegetação. Os resultados não indicaram nenhuma característica específica da planta que poderia estar associada com a deficiência de potássio. Foi observado que as cultivares susceptíveis mostraram sintomas de deficiência de potássio a nível de campo, mais frequentemente, onde a produção era alta, com produção em torno de 25 - 30 toneladas por acre. Os sintomas não ocorreram até o pegamento dos frutos ou antes da planta atingir a maturidade. Parece concebível então, que os sintomas resultam da pesada carga de fruto combinado com a maturação precoce.

VIRO e HAEDER (1971) relataram que em plantas de tomate restringidas a um cacho de cinco frutos e com o fornecimento de alta concentração de potássio, a proporção de carbono fixado nas folhas e caules translocado para frutos e raízes durante o período de 18 horas foi praticamente o dobro em comparação com baixo nível de potássio. Quando nenhuma restrição do número de cachos ou frutos por cacho foi feita, a acumulação de potássio correlacionou com o aumento da matéria seca do fruto para as duas cultivares testadas.

BESFORD e MAW (1974) examinaram a absorção e distribuição de potássio em plantas de tomate, nas cultivares Amberley Cross e Moneymaker, cultivadas em vasos contendo "peat" e "loam" na proporção de 2:1, nas condições de casa de vegetação e fornecendo o potássio em nível adequado e deficientes. Foram também realizados estudos detalhados de distribuição de potássio em várias partes das plantas de tomate, cultivar Amberley Cross,

cultivadas em areia e tratadas com solução nutritiva, contendo quatro níveis (0,08; 0,28; 0,53 e 2,0 mg/l) e sete níveis (0,08; 0,13; 0,28; 0,53; 2,0; 5,0 e 10,2 mg/l) de potássio. Nestas plantas, a concentração de potássio no caule, pecíolo e tecido laminar aumentou da base para o ápice das plantas, independente da concentração de potássio na solução nutritiva. Houve também um gradiente de diminuição da concentração de potássio ao longo das folhas, da lâmina da região "proximal" para a "distal". A concentração de potássio na planta toda aumentou com o incremento do potássio na solução nutritiva, os pecíolos mostrando uma maior resposta para o potássio do que os tecidos da lâmina. A clorose marginal e/ou necrose foi observada quando a concentração de potássio em folhas, completamente formadas, diminuiu abaixo de 1,2% do peso seco, para a cultivar Amberley Cross ou 1,5% para "Moneymaker". Houve cerca de 50% de incidência de clorose ou necrose nas lâminas foliares contendo 0,7% de potássio. As folhas, raramente, mostraram sintomas de deficiência, quando a concentração de potássio nos pecíolos foi maior do que nos tecidos da lâmina adjacente. Porém, clorose e/ou necrose ocorreu quando a concentração de potássio nos pecíolos caiu abaixo da concentração na lâmina. Na diagnose do estado nutricional de potássio das plantas de tomate, o tecido mais apropriado mostrou ser o pecíolo de folhas jovens completamente formadas.

BESFORD e MAW (1975) avaliaram o efeito da nutrição potássica sobre o crescimento de plantas jovens de tomate, cultivar Amberley Cross cultivadas em areia e as concentrações de potássio na solução nutritiva e nas folhas associadas com o máximo número de flores, pegamento de frutos e produção. Também, a distribuição de potássio entre e dentro dos cachos, de plantas normais e deficientes em potássio, das cultivares Amberley Cross e Moneymaker, cultivadas em substrato denominado "peat-loam" foram estudadas. A matéria seca total de plantas com seis semanas de idade cultivadas em areia atingiu o máximo quando a solução nutritiva continha de 0,53 - 5,03 mg K/l - 20,67 a 197,17 ppm de K - porém as plantas que receberam 10,23 mg K/l retiveram mais água nas folhas e em consequência disso apresentaram maior peso fresco das folhas. O comprimento de pedúnculo e a altura do cacho basal foi aumentado com 10,23 mg K/l, a

maior concentração empregada. O desenvolvimento da flor foi retardado a - baixo de 0,53 emg K/l, e a eficiência do estabelecimento de fruto foi reduzida abaixo de 2,03 emg K/l . A maturação do fruto acelerou em plantas que receberam baixa concentração de potássio. A máxima produção de frutos foi obtida nas plantas cultivadas em areia que receberam 5,03 ou 10,23 emg K/l. O conteúdo de potássio do fruto foi estreitamente correlacionado com o conteúdo de matéria seca. Os cachos da cultivar Monymaker continham mais potássio, e isso é atribuído ao alto conteúdo de matéria seca. O elemento foi uniformemente distribuído entre e dentro dos cachos de plantas normais e deficientes de ambas as variedades. Mais de 10 vezes potássio e mais de cinco vezes de nitrogênio e fósforo foram absorvidos pelos frutos de plantas que receberam 5,03 ou 10,23 emg K/l. O nível de potássio em folhas jovens completamente expandidas, associado com a máxima produção de matéria seca com seis semanas de idade foi $1,4 \pm 0,2$ g K/100 g m.s. de toda a folha, $1,1 \pm 0,1$ na lâmina e $2,1 \pm 0,3$ no pecíolo. A máxima produção de fruto sem a produção excessiva de folhagem foi associado com $5,2 \pm 0,8$ g K/100 g m.s. de toda a folha, e $3,8 \pm 0,6$ e $8,1 \pm 1,1$ na lâmina e pecíolo, respectivamente. Um suprimento de 10,2 emg K/l para as plantas cultivadas em meio denominado "peat-loam" assegurou que a quantidade de potássio nas folhas adjacentes ao cacho, com o fruto em desenvolvimento, permanesse constante.

BESFORD e MAW (1975) também verificaram que o potássio constitui 86 a 90% do total de cátions nos frutos de tomate, e, portanto, desempenha um importante papel na neutralização de ácidos presentes. É interessante notar que a concentração de ácidos é duas vezes maior nos tecidos da região locular do que nos tecidos do pericarpo, sendo que, acima de 64% do total de potássio no fruto está localizado no pericarpo. Esta distribuição de potássio confere uma maior acidez na região locular.

BESFORD (1978) procurou verificar os efeitos de potássio em três variedades de tomate, Amberley Cross, VF-145 e VF-13 L, cultivadas em areia, com três concentrações de potássio (0,28; 2,0 e 10,2 emg K/l) e uma concentração constante de cálcio considerada alta (4,0 emg Ca/l). Houve uma diferença varietal na concentração e a absorção total de potássio

pelas plantas. As concentrações de magnésio no fruto não foram afetadas pela nutrição potássica, mas, as concentrações diminuíram nas folhas de todas as variedades, quando o potássio foi aumentado acima de 0,28 emg/l. Enquanto a concentração de cálcio nas folhas de "Amberley Cross" não foi significativamente reduzida pelo aumento na concentração de potássio na solução nutritiva, houve uma redução nas variedades VF-145 e VF-13 L. As máximas concentrações de cálcio estavam presentes nos frutos de tomate as variedades que receberam 2 emg K/l, sendo que na cultivar Amberley Cross foi significativamente maior do que em outras variedades. Comparando as variedades no tratamento com 10,2 emg K/l, os frutos de VF-13 L continham a menor concentração e quantidade total de cálcio, e a maior incidência de podridão apical. A VF-13 L foi a mais susceptível para a podridão apical, particularmente no tratamento com maior concentração de potássio, enquanto a Amberley Cross foi a única variedade livre de sintomas em todos os níveis de nutriente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em túneis construído de arco de bambú e plástico, na Fazenda Irmãos Takahashi, em Faxinal-PR, tendo seu início em 27 de maio de 1985.

Foram utilizados sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) da variedade Santa Adélia, adquiridas da Casa Faripec, em Londrina-Pr. Esta variedade de tomate é de crescimento determinado e apresenta formato do fruto semelhante ao fruto de tomate do grupo Santa Cruz, portanto com alternativas para fins industriais ou consumo "in natura".

A semeadura foi feita em recipiente de plástico de 50x40x8 cm, tendo como substrato a vermiculita e regadas com água até a sua completa germinação. Após esse período a água foi substituída pela solução nutritiva - preparadas segundo recomendações de SARRUGE (1975) - diluída a 50% da concentração normal durante uma semana e posteriormente regadas com água e solução nutritiva de concentração normal alternadamente até atingirem a altura média de 10 a 12 cm, estágio em que as mudinhas foram transplantadas para os vasos definitivos.

Os vasos empregados eram de barro com 22 cm de altura, 18 cm de diâmetro e capacidade para 5,6 l. O substrato utilizado nestes vasos foi a sílica moída, sendo o mesmo internamente revestido com saco plástico e tendo um dreno na parte inferior. Foi utilizado um recipiente

coletor de 1,5 l para receber o excesso de solução nutritiva do vaso na ocasião da rega que ocorria com intervalo suficiente para manter as plantas completamente túrgidas. A medida que o nível de solução no recipiente diminuía, eram completadas com água desmineralizada. semanalmente, as soluções eram renovadas e a sílica do vaso lavadas pela passagem de 2 litros de água desmineralizada para evitar o acúmulo de nutrientes nas partículas da sílica.

Foram testadas todas as combinações de 3 níveis de Ca (50, 200 e 350 ppm), 3 níveis de magnésio (12,48 e 84 ppm) e 3 níveis de potássio (58, 234 e 410 ppm), conforme ilustrado na tabela 1.

O tratamento fitossanitário foi preventivo com aplicação semanal de fungicidas Óxido cuproso* e Etilenobisditiocarbamato de manganês** e inseticidas Tiofanato paranitrofenila*** ou Dimetilamino-5, 6 dimetilpirimidina****.

O controle da temperatura no interior do túnel nos dias ensolarados consistiu da retirada de cobertura plástica e nas madrugadas e manhãs com temperatura inferior a 15° C foram acionadas as resistências elétricas colocadas no interior do túnel. A temperatura do ar que predominou durante o experimento encontra-se na tabela 2.

A colheita dos frutos foram realizadas a medida que ocorria o ponto de maturação e as plantas quando a maioria dos frutos presentes na planta atingia o ponto de colheita. Portanto, a colheita da planta variou em função do tratamento, sendo que as plantas com menor nível de cálcio foram as primeiras a serem colhidas.

Os materiais coletados foram lavadas, separadas em raízes ,

* Cobre Sandoz BR - Sandoz S/A

** Manzate BR - Du Pont do Brasil S/A

*** Folidol - Bayer do Brasil S/A

**** Pi-rimor 50 PM - ICI do Brasil S/A

Tabela 01. Quantidades em ml de solução estoque necessários por litro de solução de trabalho para obter as soluções nutritivas com diferentes teores de Ca, Mg e K

Tratamentos	KH ₂ PO ₄ (H)	KNO ₃ (M)	KCl (M)	Ca(NO ₃) ₂ (M)	CaCl ₂ (M)	MgSO ₄ (M)	Mg(NO ₃) ₂ (M)	NH ₄ NO ₃ (M)	(NH ₄) ₂ SO ₄ (M)	NH ₄ Cl (M)	CaSO ₄ (0,01M)	K ₂ SO ₄ (0,5M)	Micro (2)	Fe-EDTA (3)	NaOH (0,1 N) (4)											
																01.	02.	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.
50 12 58 ⁽¹⁾	1,00	0,49	-	-	1,25	0,50	-	2,54	1,50	7,50	-	-	1,00	1,00	2,90											
50 48 58	1,00	0,49	-	-	1,25	2,00	-	4,04	-	7,50	-	-	1,00	1,00	3,10											
50 84 58	1,00	0,49	-	-	1,25	2,00	1,50	2,54	-	7,50	-	-	1,00	1,00	3,50											
50 12 234	1,00	-	5,00	-	1,25	0,50	-	5,29	1,50	2,50	-	-	1,00	1,00	3,00											
50 48 234	1,00	-	5,00	-	1,25	2,00	-	6,79	-	2,50	-	-	1,00	1,00	3,40											
50 84 234	1,00	-	5,00	-	1,25	2,00	1,50	5,29	-	2,50	-	-	1,00	1,00	3,40											
50 12 410	1,00	-	9,51	1,25	-	0,50	-	4,99	1,50	0,59	-	-	1,00	1,00	3,00											
50 48 410	1,00	-	9,51	1,25	-	2,00	-	6,49	-	0,59	-	-	1,00	1,00	3,20											
50 84 410	1,00	-	9,51	1,25	-	2,00	1,50	4,99	-	0,59	-	-	1,00	1,00	3,60											
200 12 58	1,00	0,49	-	-	5,00	0,50	-	6,29	1,50	-	-	-	1,00	1,00	3,20											
200 48 58	1,00	0,49	-	-	5,00	2,00	-	7,79	-	-	-	-	1,00	1,00	3,40											
200 84 58	1,00	0,49	-	-	5,00	2,00	1,50	6,29	-	-	-	-	1,00	1,00	3,60											
200 12 234	1,00	5,00	-	-	5,00	0,50	-	4,04	1,50	-	-	-	1,00	1,00	3,00											
200 48 234	1,00	5,00	-	-	5,00	2,00	-	5,54	-	-	-	-	1,00	1,00	3,40											
200 84 234	1,00	5,00	-	-	5,00	2,00	1,50	4,04	-	-	-	-	1,00	1,00	3,50											
200 12 410	1,00	9,51	-	-	5,00	0,50	-	1,83	1,50	-	-	-	1,00	1,00	3,00											
200 48 410	1,00	9,51	-	-	5,00	2,00	-	3,33	-	-	-	-	1,00	1,00	3,30											
200 84 410	1,00	9,51	-	-	5,00	2,00	1,50	1,83	-	-	-	-	1,00	1,00	3,60											
350 12 58	1,00	0,49	-	3,75	5,00	0,50	-	2,54	1,50	-	-	-	1,00	1,00	3,50											
350 48 58	1,00	0,49	-	3,75	5,00	2,00	-	4,04	-	-	-	-	1,00	1,00	3,70											
350 84 58	1,00	0,49	-	3,75	5,00	2,00	1,50	2,54	-	-	-	-	1,00	1,00	4,00											
350 12 234	1,00	5,00	-	3,75	5,00	0,50	-	0,29	1,50	-	-	-	1,00	1,00	3,50											
350 48 234	1,00	5,00	-	3,75	5,00	2,00	-	1,79	-	-	-	-	1,00	1,00	3,70											
350 84 234	1,00	5,00	-	3,75	5,00	2,00	1,50	0,29	-	-	-	-	1,00	1,00	3,80											
350 12 410	1,00	0,51	-	1,75	5,00	-	0,50	1,08	-	-	2,00	-	1,00	1,00	3,50											
350 48 410	1,00	-	5,51	6,04	2,71	-	2,00	-	-	-	-	4	1,00	1,00	3,60											
350 84 410	1,00	3,07	6,44	5,00	3,75	2,00	1,50	-	-	-	-	-	1,00	1,00	3,90											

(1) Corresponde às concentrações de Ca, Mg e K, em ppm, respectivamente;

(2) Para o preparo de um litro da solução estoque de micronutrientes foram usadas as seguintes substâncias: 2,86 g de H₃BO₃

1,81 g de MnCl₂. 4 H₂O, 0,22 g de ZnSO₄. 7 H₂O, 0,08 g de CuSO₄. 5 H₂O, 0,02 g de H₂MoO₄. H₂O;

(3) A solução de Fe-EDTA foi preparada segundo JACOBSON (1951), dissolvendo-se 26,1 g de EDTA em 286 ml de NaOH 1 N e 2,4 g de

FeSO₄ . 7 H₂O, arejando-se por doze horas e completando-se o volume a um litro;

(4) Volume em ml de NaOH 0,1 N gasto para ajustar o pH da solução para 6,3.

caules, folhas e frutos, acondicionadas em saco de papel e colocadas a secar em estufa com circulação forçada de ar a 60 - 65°C até atingirem peso constante. No caso dos frutos, foram determinadas o número de frutos comerciais, peso de frutos comerciais e número de frutos com podridão apical, além do número de cacho por planta. Após a secagem, foi determinado o peso do material seco e em seguida moído em moinho semi-micro "Willey" com peneira de malha número 20, e análises químicas realizadas segundo SARRUGE e HAAG (1974).

Tabela 2. Temperaturas médias mensais do ar em graus Celsius no local do ensaio (Faxinal, PR), nos meses de maio a novembro de 1985

Meses	Mínimas	Máximas	Médias
Maio	9,8	22,3	16,1
Junho	8,8	20,2	14,5
Julho	9,0	20,5	14,8
Agosto	11,6	25,5	18,6
Setembro	13,3	25,6	19,5
Outubro	14,9	28,6	21,8
Novembro	17,1	30,9	24,0

O experimento foi inteiramente casualizado com 5 repetições e arrançadas no esquema fatorial 3 ao cubo, onde foram testadas três níveis de Ca, Mg e K totalizando 27 tratamentos, conforme esquema da análise de variância (tabela 3).

Todos os dados foram testados quanto a sua normalidade empregando o Teste de Lilliefors. Quando a variável não apresentava distribuição normal, os dados foram transformados, com exceção da variável "número de frutos com podridão apical" que foram tentadas várias transformações sem obter um resultado satisfatório.

Foi utilizado o "Teste Tukey" para comparação de médias, realizando para isso todos os desdobramentos possíveis. A análise de

variância e o teste de comparação de médias foi feita com o auxílio do programa "Sanest" (Zonta et alii, s.d.)

Tabela 3. Esquema da análise de variância

Causas da variação	graus de liberdade
Níveis de Ca	2
Níveis de Mg	2
Níveis de K	2
Interação Ca x Mg	4
Interação Ca x K	4
Interação Mg x K	4
Interação Ca x Mg x K	8
Resíduo	108
Total	134

Para as variáveis peso do material seco e teores de cálcio, magnésio e potássio de folhas, caules e frutos foi empregada a metodologia da "Superfície de Resposta" proposto por BOX e WILSON (1951) com a finalidade de estudar o efeito combinado de 3 variáveis independentes: níveis de cálcio, magnésio e potássio na solução nutritiva. As variáveis independentes foram estudadas em 3 níveis codificados como -1, 0 e 1. Os valores reais desses níveis encontra-se na tabela 4. Na tabela 5 encontra-se o delineamento experimental para 3 variáveis em 3 níveis, sendo que os valores entre parenteses representam os valores reais.

De acordo com "Metodo de Superfície de Resposta" (DRAPER e SMITH, 1966), os dados experimentais foram utilizados para desenvolver um modelo preditivo, cuja expressão geral é:

$$Y_i = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3 + E$$

onde:

Y_1 = é a função - resposta genérica

X_1 , X_2 e X_3 são os níveis codificados das variáveis independentes

B's são os coeficientes

E é o resíduo que mede o erro experimental

Tabela 4. Variáveis independentes e níveis de variação

Variáveis	Níveis de variação		
	-1	0	1
X_1 = concentração de Ca na solução nutritiva (ppm)	50	200	350
X_2 = concentração de Mg na solução nutritiva (ppm)	12	48	84
X_3 = concentração de K na solução nutritiva (ppm)	58	234	410

A significância do modelo foi testada pela análise de variância (teste F) e a influência das variáveis foi visualizadas nas curvas de superfície de resposta, processadas em IBM 4381 pelo "Sistema de Análise Estatística - SAS. As respostas observadas foram: Y_1 = peso seco de caule, Y_2 = teor de cálcio no caule, Y_3 = teor de magnésio no caule, Y_4 = teor de potássio no caule, Y_5 = peso seco de folha, Y_6 = teor de cálcio na folha, Y_7 = teor de magnésio na folha, Y_8 = teor de potássio na folha, Y_9 = peso seco de fruto, Y_{10} = teor de cálcio no fruto, Y_{11} = teor de magnésio no fruto e Y_{12} = teor de potássio no fruto.

Para a matéria seca e teores de cálcio, magnésio e potássio de caules, folhas e frutos foram ajustadas equações de regressão em função das diversas relações catiônicas na solução nutritiva. Este ajuste foi feito com o auxílio de microcomputador PC 7000 xt da Itautec através do programa "SAEG" produzido pela Divisão de Informática da Fundação Arthur

Tabela 05. Delineamento experimental para três variáveis em três níveis

Tratamentos	Níveis das variáveis		
	x_1	x_2	x_3
1	-1 ⁽¹⁾ (50) ⁽²⁾	-1 (12)	-1 (58)
2	-1 (50)	0 (48)	-1 (58)
3	-1 (50)	+1 (84)	-1 (58)
4	-1 (50)	-1 (12)	0 (234)
5	-1 (50)	0 (48)	0 (234)
6	-1 (50)	+1 (84)	0 (234)
7	-1 (50)	-1 (12)	+1 (410)
8	-1 (50)	0 (48)	+1 (410)
9	-1 (50)	+1 (84)	+1 (410)
10	0 (200)	-1 (12)	-1 (58)
11	0 (200)	0 (48)	-1 (58)
12	0 (200)	+1 (84)	-1 (58)
13	0 (200)	-1 (12)	0 (234)
14	0 (200)	0 (48)	0 (234)
15	0 (200)	+1 (84)	0 (234)
16	0 (200)	-1 (12)	+1 (410)
17	0 (200)	0 (48)	+1 (410)
18	0 (200)	+1 (84)	+1 (410)
19	+1 (350)	-1 (12)	-1 (58)
20	+1 (350)	0 (48)	-1 (58)
21	+1 (350)	+1 (84)	-1 (58)
22	+1 (350)	-1 (12)	0 (234)
23	+1 (350)	0 (48)	0 (234)
24	+1 (350)	+1 (84)	0 (234)
25	+1 (350)	-1 (12)	+1 (410)
26	+1 (350)	0 (48)	+1 (410)
27	+1 (350)	+1 (84)	-1 (410)

(1) valores codificados

(2) valores reais

Bernardes da Universidade Federal de Viçosa. Este programa selecionou uma equação com melhor ajuste dentre doze modelos, conforme ilustrado na tabela 6.

Tabela 06. Modelos testados no ajuste de equação de regressão dos teores de Ca, Mg, K e matéria seca de caule, folha e fruto em função das relações catiônicas na solução nutritiva

01. Linear	$Y = a + bX$
02. Quadrático	$Y = a + bX + cX^2$
03. Cúbico	$Y = a + bX + cX^2 + dX^3$
04. Raiz Quadrada	$Y = a + b \text{ raiz } (X) + cX$
05. Potencial	$Y = aX^b$
06. Exponencial	$Y = a b^X$
07. Hiperbólico 1	$Y = a + b/X$
08. Hiperbólico 2	$Y = 1/(a + bX)$
09. Logaritmico e	$Y = a + b \ln(X)$
10. Logaritmico 10	$Y = a + b \log(X)$
11. Log. recíproco	$\log(Y) = a + b/X$
12. Cúbico raiz	$Y = a + b \text{ raiz } X + cX + dX^{1,5}$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aspectos gerais

Nas plantas de tomate com 45 dias após o transplante ou 25 dias após o início dos tratamentos, já era possível verificar diferenças de aspectos das plantas em função dos tratamentos. As plantas que receberam a menor dose de cálcio (50 ppm) independente dos níveis de magnésio ou potássio apresentavam enrolamento das folhas para cima e um leve amarelecimento, principalmente nas bordas. As brotações laterais dessas plantas paralisaram completamente o crescimento e nos tratamentos com 410 ppm de potássio, ocorreu morte dos ponteiros e das folhas mais novas. GERALDSON (1957) observou que o tomateiro submetido a baixa concentração de cálcio (25 ppm) na solução nutritiva apresentou sintomas de deficiência quatro dias após o início do tratamento, e os sintomas foram, em ordem de aparecimento: podridão apical, queda de flores, enrolamento das folhas mais velhas e morte dos pontos de crescimento. MAYNARD et alii (1957) também verificaram enegrecimento e paralisação de crescimento dos brotos terminais em plantas de tomateiro submetidos a baixo nível de cálcio na solução nutritiva.

Aos 54 dias após o transplante, a maioria das plantas apresentavam frutos no primeiro cacho, com diâmetro aproximado de 1 cm e comprimento de 1,5 cm. Todas as plantas com níveis de cálcio, magnésio e potássio nas menores doses diferenciavam dos demais pelo menor crescimento e clorose generalizada nas folhas. Os tratamentos 1, 2 e 3 com 50 ppm de cálcio, 58 ppm de potássio e doses crescentes de magnésio caracterizavam-se pelo murchamento generalizado das folhas e um menor número de ramos laterais em comparação com outros tratamentos. Neste estágio de desenvolvimento, geralmente os tratamentos com 58 ppm de potássio na solução nutritiva, assemelhavam-se pelo aspecto similar nos três tratamentos descritos.

Nos estádios de desenvolvimento compreendidos entre 61 e 68 dias após o transplante, a maioria dos tratamentos com somente 50 ppm de cálcio já apresentavam frutos com podridão apical. Os sintomas de podridão apical iniciaram com mancha interna na parte apical do fruto, evoluindo para mancha externa escura com aspecto de encharcamento e por fim transformando em uma lesão escura e aprofundada de formato arredondado; nesta fase foi possível perceber também a paralisação do crescimento no sentido longitudinal dos frutos afetados. SPURR (1959) relatou que incipientes estágios de podridão apical ocorreram aproximadamente 10 a 15 dias após a antese quando os frutos atingiram comprimentos de 2,7 - 4,2 cm, durante esta fase de desenvolvimento do fruto o aumento de crescimento em comprimento foi muito maior do que em relação ao tamanho do fruto e o início da desordem estava associado com a fase de ativo desenvolvimento; o autor verificou também na sua investigação que o sintoma envolveu uma necrose progressiva de grupos de células com perda de água e o desenvolvimento de lesão atingiu, em muitos casos, toda a parte apical do fruto e retardamento no crescimento em comprimento. GUSTAFSON (1927) acompanhou as mudanças na composição química de frutos de tomate durante o seu desenvolvimento e verificou que aproximadamente três semanas após a antese o conteúdo de cálcio começou a aumentar consideravelmente e sugeriu que a podridão apical não ocorre em frutos em avançado estágio de crescimento por causa do seu maior conteúdo de cálcio. As plantas dos primeiros três tratamentos em comparação com o tratamento 14 - com

200, 48 e 234 ppm de cálcio, magnésio e potássio, respectivamente - distinguem-se pela presença de somente um cacho por planta com fruto e os demais cachos com flores abortadas, enquanto que aquele mostrava-se vigoroso com frutos em pleno crescimento, coloração verde escura e dezenas de flores sadias. O tamanho da planta e a intensidade da cor verde aumentava significativamente do tratamento 1 para 3, provavelmente em função do aumento do teor de magnésio na solução de 12 para 84 ppm; as folhas das plantas do tratamento 1 além de enroladas, com clorose generalizada, a necrose era bem acentuada nos bordos e nas pontas. Os tratamentos 4, 5 e 6 que se diferenciavam unicamente pelo aumento do teor de magnésio, responderam significativamente com o aumento do porte das plantas e das folhas e a coloração mais intensa das folhas, por outro lado, o aumento do teor de magnésio provocou maior incidência de podridão apical, e quando comparado com as plantas do tratamento 14 - tratamento com teores de cálcio, magnésio e potássio considerados normais - todos tinham o aspecto geral inferior. Os tratamentos 7, 8 e 9 que se diferenciavam entre si pelo aumento do teor de magnésio na solução nutritiva e em relação aos tratamentos 4, 5 e 6 pelo teor de potássio, a diferença de aspecto geral entre eles eram mínimos, no entanto, todos apresentavam alguns frutos com lesão inicial de podridão apical. O tratamento 10 em relação ao 11 e 12, tinham as plantas o porte menor e folhas enroladas com sintoma visível de deficiência de magnésio. A partir do décimo primeiro tratamento, não era possível observar grandes diferenças entre os tratamentos neste estágio de desenvolvimento. As plantas que pertenciam aos três primeiros tratamentos foram colhidos aos 68 dias após o transplante devido a completa paralisação de crescimento e senescência prematura das folhas.

Com 75 dias após o transplante, todas as plantas que receberam somente 50 ppm de cálcio na solução nutritiva, com exceção dos três primeiros tratamentos que já haviam sido colhidos, exibiam frutos com lesões bastante profundas de podridão apical, reduzindo o comprimento do fruto em pelo menos 20%. Nos tratamentos com 50 ppm de cálcio, dentro de um determinado nível de potássio, o aumento da dose de magnésio causou incremento significativo na incidência de frutos com podridão apical, com isso, externando o efeito antagônico do magnésio sobre a absorção de cálcio.

cio. O tratamento 10 manifestava sintoma de deficiência severa de magnésio nas folhas e morte dos tecidos de bordos indicando com isso, também a falta de potássio.

Aos 91 dias após o transplante foram colhidos os tratamentos 4 e 10. Ambos paralisaram seu crescimento e estavam iniciando o processo de senescência. O tratamento 4 mostrava sintoma de deficiência de magnésio típico com amarelecimento internerval e enrolamento das folhas, já o tratamento 10 evidenciava sintoma de deficiência de magnésio e potássio bastante severo, sem no entanto apresentar podridão apical. Neste tratamento, a deficiência de magnésio era tão severo que até as sépalas manifestavam o sintoma. Com 96 dias após o transplante foram realizadas a primeira colheita dos frutos completamente coloridos da maioria dos tratamentos que ainda restavam. Os frutos colhidos foram avaliados quanto a presença ou não de podridão apical, coração preto, peso do material fresco total, peso do material fresco de frutos comerciais, número total de frutos e número de frutos comerciais.

Quando as plantas de tomate atingiram 103 dias após o transplante, foi feita uma avaliação visual completa. Os tratamentos com concentrações de cálcio, magnésio e potássio na solução nutritiva iguais ou maiores do que 200, 48 e 234 ppm respectivamente, apresentavam aspecto normal, com folhas de coloração verde escura, e com número e tamanho de frutos iguais ou superiores ao tratamento 14 - tratamento de referência com 200, 48 e 234 ppm de cálcio, magnésio e potássio, respectivamente na solução nutritiva. Neste estágio de desenvolvimento, a maioria dos frutos havia atingido maturação fisiológica e os frutos menores paralisaram o seu crescimento. A grande maioria das plantas com 58 ppm de potássio apresentavam aspecto de murcha e clorose nos bordos das folhas e em alguns tratamentos com presença de necrose nos bordos e até folíolos inteiros. Os sintomas de deficiência de potássio observados no experimento concordam com os descritos por WALL (1939) que observou inicialmente um endurecimento da planta e clorose das lâminas superiores e com o agravamento da deficiência, o enrolamento das folhas para cima como resultado de um crescimento desigual e finalmente a morte das margens das folhas. Entretanto, os

tratamentos com a menor dose de magnésio na solução nutritiva, apresentavam a grande maioria das folhas quase totalmente amareladas e algumas folhas mais velhas totalmente necrosadas e secas. Esses sintomas de deficiência de potássio e magnésio descritos somente tomaram visíveis com o avanço do estágio de desenvolvimento e principalmente após o início da maturação dos frutos. LINGLE e LORENZ (1969) encontraram situação semelhante em muitas áreas da Califórnia cultivadas com o tomate industrial em que as cultivares susceptíveis mostravam sintomas de deficiência de potássio a nível de campo, mais frequentemente, onde a produção era alta e o aparecimento dos sintomas ocorria quando a planta atingia a maturidade. Portanto, parece significar que o aparecimento de sintomas nas folhas é devido a grande exigência desses nutrientes pelos frutos em formação, e daí a falta de diferença visual a partir do décimo primeiro tratamento na avaliação feita com 68 dias após o transplante.

Com 117 dias após o transplante foram colhidas todas as plantas dos tratamentos que ainda restavam. Neste estágio de desenvolvimento, a maioria dos frutos já haviam sido colhidos, e restavam somente aqueles frutos menores e sem padrão comercial para consumo ao natural, ressaltando que a grande parte dos frutos foram colhidos entre 96 a 110 dias após o transplante, portanto a época de maturação dos frutos dentro da planta foi uniforme, possibilitando colher quase todos os frutos em 3 colheitas. Não foi possível observar nenhuma desordem na coloração dos frutos em amadurecimento em função das baixas concentrações de potássio na solução nutritiva como alguns autores tem apontado. Um dos trabalhos que aborda esse aspecto de coloração de maturação dos frutos de tomate foi realizado por OZBUN et alii (1967) que conseguiram induzir a ocorrência de "white tissue" em frutos de tomate, diminuindo o nível de potássio na solução nutritiva; os autores relataram que houve uma alta correlação entre o conteúdo de potássio do tecido do fruto e a desordem. Na literatura, essas desordens de amadurecimento de fruto de tomate, que são caracterizadas pela coloração anormal do tecido do pericarpo, são também referidas como "blotchy ripening". O "white tissue" foi caracterizado por SADIK e MINGES (1966) como coloração deficiente e tecido duro variando na coloração desde verde claro a branco passando por amarelo

palha. Enquanto o exato papel do potássio no amadurecimento de tomate não é conhecido, pode ser especulado que o potássio está envolvido na síntese de licopeno. Por exemplo, há alguma evidência de que o piruvato, um intermediário na via de síntese de licopeno, não é prontamente sintetizado em folhas de tomate deficientes em potássio (JONES, 1966). A nutrição potássica pode regular a síntese de piruvato através da enzima cinase pirúvica que possui necessidade específica de potássio (EVANS, 1963) citado por OZBUN et alii (1967).

Durante o experimento não houve incidência de nenhuma doença e somente algumas pragas de controle bastante simples.

4.2. Caule

4.2.1. Matéria seca

A produção de matéria seca de caules em função dos tratamentos encontram-se nas tabelas 7, 8 e 9. Nestas tabelas foram feitas todos os possíveis desdobramentos para avaliar os efeitos de interações.

A produção de matéria seca de caules de tomateiro foi significativamente influenciada pelos níveis de cálcio na solução nutritiva, independente dos teores de magnésio e potássio. As respostas a magnésio foram significativas somente da primeira para a segunda dose, quando considerou a média de produção de cada dose independente dos outros nutrientes estudados.

Houve um aumento significativo de produção de matéria seca de caules nos três níveis de cálcio - 50, 100 e 350 ppm - na solução nutritiva nas seguintes situações: Ca(Mg12) - níveis de cálcio dentro de magnésio com 12 ppm na solução nutritiva, Ca(K58), Ca(K234) e Ca(Mg12.K234). Não houve nenhuma resposta significativa para doses de cálcio nas combinações denominadas Ca(Mg84.K234) - níveis de cálcio dentro de magnésio com 84 e potássio com 234 ppm de concentração na solução nutritiva e Ca(Mg84.K234). Para as demais situações, houve resposta significativa de

produção de matéria seca somente da primeira para a segunda dose de cálcio, sendo que para estas combinações a produção de matéria seca foi indiferente com 200 ou 350 ppm de cálcio na solução nutritiva. Analisando a tabela 8 na coluna que se refere a peso da matéria seca de caules em função de níveis de magnésio nas diversas combinações dos cátions cálcio e potássio, pode-se afirmar que o magnésio na solução nutritiva influenciou muito pouco a produção de matéria seca de caules, com exceção nas combinações Mg(K234) e Mg(Ca50.K234), onde o peso da matéria seca de caules do tratamento com 12 ppm de magnésio comparado com 48 ppm passou de 6,29 g/planta para 10,73 g no primeiro caso e de 3,06 g para 9,38 g/planta no segundo.

As respostas de produção de matéria seca de caules em função das doses de potássio na solução nutritiva encontram-se na tabela 9. Se deixamos de lado as combinações K(Ca50) e K(Mg12) em que houveram respostas significativas a todas as doses de potássio, verifica-se que na maioria das combinações houve respostas a potássio somente da primeira para a segunda dose, não verificando a influência do aumento de potássio na solução nutritiva de 234 para 410 ppm na produção de caule.

Na tabela 14 encontra-se o peso de matéria seca de caules em função das diversas concentrações e relações catiônicas na solução nutritiva. Efetuou-se estudos de correlação entre essas relações catiônicas e o peso de matéria seca de caules testando as equações constantes na tabela 6. O único parâmetro da solução nutritiva que correlacionou razoavelmente foi a soma de cátions cálcio, magnésio e potássio conforme ilustrado na figura 2. O modelo que ajustou melhor dentre os doze testados foi o "potencial" com coeficiente de determinação igual a 0,82, e mostrou que houve aumento da matéria seca de caules quase que diretamente proporcional a medida que aumentava a soma de cátions na solução nutritiva, sendo que a soma total de 35,00 emg/l de cátions não foi suficiente para atingir o ponto de máxima eficiência técnica.

Para a variável dependente "peso de matéria seca de caule" foi também empregada a metodologia da superfície de resposta com a finalidade de estudar e ilustrar melhor os efeitos combinados das variá-

veis independentes. A análise de variância de modelo de regressão preditivo, elaborado a partir dos resultados experimentais para peso de matéria seca de caule, equação e curva de regressão encontra-se na tabela 10 e figura 1. A análise de variância demonstrou que as três variáveis dependentes X_1 , X_2 e X_3 que corresponde aos níveis de cálcio, magnésio e potássio na solução nutritiva são significativas e explica 83,00% da variação de Y_1 e pode ser considerado um bom modelo haja visto que a falta de ajuste não é significativo ($p=0,8650$). Pela figura 1 pode-se observar uma clara resposta da produção de matéria seca ao aumento do teor de cálcio e potássio na solução nutritiva, principalmente da primeira para segunda dose. As respostas a dose de potássio diminuíram à medida que aumentava a dose de magnésio, principalmente com concentração de magnésio de 84 ppm, em que houve uma tendência da diminuição da matéria seca de caule com o aumento de potássio de 234 para 410 ppm. Também pode-se observar na figura 1 que com 84 ppm de magnésio na solução nutritiva, houve muito pouca resposta a cálcio. O magnésio da solução nutritiva praticamente não influenciou a produção de matéria seca de caules, principalmente nas doses intermediárias e máxima de cálcio e potássio. Não ocorreu na produção de matéria seca de caules nenhuma combinação dos cátions que indicasse o efeito antagônico de um sobre o outro significando que este parâmetro é pouco sensível para medir este fenômeno.

4.2.2. Nitrogênio

O teor de nitrogênio nos caules de tomateiro em função dos tratamentos encontram-se nas tabelas 7, 8 e 9.

O aumento da concentração de cálcio ou potássio na solução nutritiva causou uma diminuição significativa do teor de nitrogênio nos caules de tomateiro cultivar Santa Adélia, independente das combinações consideradas. Uma vez que a quantidade de nitrogênio oferecida na solução nutritiva foi constante para todos os tratamentos e como na maioria das vezes ocorreram aumento da matéria seca com o aumento do teor des-

ses cátions, essa diminuição do teor de nitrogênio deve ter sido em função do efeito de diluição. Outra hipótese que pode ser levantada para explicar a diminuição do teor de nitrogênio em função do aumento do teor de potássio na solução nutritiva é a maior eficiência na assimilação do nitrogênio e sua incorporação no esqueleto carbônico e por consequência maior eficiência na produção de matéria seca. De fato, JONES (1961) observou uma acumulação do teor de ácido alfa cetoglutárico nas plantas de tomateiro submetidas as baixas concentrações de potássio na solução nutritiva, significando com isto que houve um desequilíbrio no teor deste cetoácidos e como consequência irregularidades no metabolismo de nitrogênio nas condições de deficiência de potássio no substrato. No caso do efeito da concentração de cálcio da solução nutritiva no teor de nitrogênio em caules de tomateiro, DECHEN(1980) também constatou a diminuição do teor de nitrogênio nos tecidos de tomateiro das linhagens Samano e Kada com o aumento da disponibilidade de cálcio na solução nutritiva. Por outro lado, NIGHTINGALE et alii (1931) relatam que as plantas de tomate deficientes em cálcio sob condições de luz sazonal na casa de vegetação foram praticamente incapazes de absorver ou assimilar nitrato; no entanto, essa informação necessita de cuidados na sua interpretação, pois os autores para submeter essas plantas de tomate a condições de deficiência, transferiram plantas cultivadas em condições normais de disponibilidade de cálcio para uma solução com ausência de cálcio, e no caso do presente experimento, o tratamento que foi considerado deficiente neste elemento continha 50 ppm de cálcio.

O incremento do teor de magnésio na solução nutritiva influenciou muito pouco no teor de nitrogênio nos caules de tomateiro. Somente quando considerou a média de nitrogênio no caule em função do teor de magnésio sem levar em consideração os teores de outros cátions ou a média de nitrogênio dentro do tratamento com 50 ppm de cálcio, o aumento do teor de magnésio provocou uma diminuição do mesmo.

O teor médio de nitrogênio nos caules de tomateiro foi 2,37%, portanto muito inferior aos obtidos por RALEIGH e CHUCKA (1944) que encontraram o teor médio de 4,18% de nitrogênio nos caules de tomateiro cultivado nas seguintes concentrações de macronutrientes: N, 300 ppm;

P, 50 ppm; K, 200 ppm; Ca, 250 ppm e S, 100 ppm.

4.2.3. Fósforo

A concentração de cálcio na solução nutritiva apresentou uma relação inversa com o teor de fósforo nos tecidos de caules de tomateiro, na grande maioria das combinações estudadas (tabela 7). Como houve aumento de matéria seca com o incremento do nível de cálcio na solução nutritiva e a disponibilidade de fósforo continuou a mesma, presume-se que ocorreu uma diluição do fósforo nos caules.

A influência dos níveis de magnésio e potássio da solução nutritiva no teor de fósforo dos tecidos dos caules foi insignificante e não foi possível perceber nenhuma tendência clara nas combinações estudadas (tabela 8 e 9). O clássico efeito sinérgico do magnésio sobre a absorção de fósforo não foi notado no presente estudo.

O teor médio de fósforo nos caules de tomateiro foi 0,25%, portanto ligeiramente inferior aos teores obtidos por DECHEN (1980) que variou entre 0,26 a 0,38%, e o autor observou decréscimo na proporção linear de 0,04% de fósforo para aumentos de 100 ppm de cálcio na solução. RALEIGH e CHUCKA (1944) trabalhando com tomateiro da variedade "Marglobe" obtiveram teor de 1,05% de fósforo nos caules, desta maneira, muito superior aos teores obtidos no presente experimento.

4.2.4. Potássio

O teor de potássio nos caules de tomateiro em função dos níveis de cálcio na solução nutritiva, com todos os possíveis desdobramentos dos graus de liberdade encontra-se na tabela 7. O aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva reduziu o teor de potássio nos caules significativamente somente nos tratamentos em que o nível de potássio fornecido era de 58 ppm e para os demais tratamentos, na maioria deles, houve respostas ao cálcio. ITALLIE (1938) verificou que quan

to maior a concentração de um cátion em relação a concentração de potássio, maior tem sido a depressão na absorção pelas plantas. De fato, VIETS (1942) mostrou que quando a concentração relativa de cálcio em relação a potássio é baixa, o cálcio favorece a absorção de potássio pelas plantas, e somente quando o cálcio é incrementado, a absorção de potássio diminui. DAVIDSON e BLAKE (1937) encontraram que onde 10 ppm de potássio estava presente na solução, os sintomas de deficiência de potássio em pessegueiro foram detectados somente com alto nível de cálcio (400 ppm), enquanto que com 2 ppm de potássio, as folhas de pessegueiro mostraram sintomas de deficiência com nível médio de cálcio (100 ppm).

As doses de magnésio empregadas no presente experimento - 12, 48 e 84 ppm - não influenciaram o teor de potássio nos caules de tomateiro em nenhuma das combinações estudadas, conforme pode ser visualizados na tabela 8, na coluna que se refere a variável porcentagem de potássio. PIERRE e BOWER (1943) após revisar vários trabalhos referentes a antagonismo entre íons, verificaram que na maioria das vezes o potássio possui uma maior habilidade competitiva do que os outros cátions, e o decréscimo no teor de potássio devido a alta concentração de outros cátions não é tão pronunciado como é o efeito de potássio sobre a absorção de cálcio ou magnésio.

Conforme previsto, o teor de potássio nos caules de tomateiro aumentou significativamente com o incremento do nível do mesmo na solução nutritiva em todas as combinações testadas.

Para facilitar a visualização dos efeitos dos tratamentos comentados acima, foi empregado também o método de superfície de resposta (tabela 11 e figura 2). A análise de variância de regressão mostrou que somente os efeitos dos fatores X_1 (Cálcio) e X_3 (potássio) são significativos com $p = 0,0023$ e $0,0001$ respectivamente. O coeficiente de determinação encontrado foi de $0,8957$ com falta de ajuste não significativo ($0,8167$), indicando que a variável Y_4 = porcentagem de potássio nos caules - foi bem representado. Além disso, os componentes linear, quadrático e a própria interação foram significativos. Na figura 2 estão

representados os efeitos dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva no teor de potássio dos caules, no nível intermediário de magnésio - 48 ppm - isto porque para o fator magnésio não foi significativo e percebe-se uma resposta a potássio em todos os níveis de cálcio, no entanto, dentro do tratamento com 58 ppm de potássio na solução, houve um antagonismo entre o cálcio e o potássio, resultando na menor concentração do mesmo nos caules a medida que aumentava a concentração de cálcio na solução. Esse efeito deixou de existir nos tratamentos com potássio nas maiores concentrações.

Foram efetuados estudos de correlação entre algumas relações catiônicas da solução nutritiva com o teor de potássio nos caules e as que apresentaram coeficiente de determinação razoáveis foram as relações Ca/K e $Ca + Mg/K$, com coeficientes de 0,63 e 0,83, respectivamente (tabela 14 figuras 6 e 8). O aumento da relação Ca/K na solução nutritiva causou uma diminuição do teor de potássio nos caules de tomateiro, e essa diminuição foi representada pelo modelo exponencial com coeficiente de determinação baixa, portanto necessita de cautela para a sua interpretação, no entanto, e mais do que suficiente para mostrar pelo menos uma tendência. O grau de ajuste da equação exponencial representado pelo coeficiente de determinação aumentou de 0,63 para 0,83 quando se fez a relação catiônica na solução nutritiva incluindo o teor do cátion magnésio - $Ca + Mg/K$ - demonstrando com isso que a relação entre as características da solução nutritiva e a absorção de cátions pode ser melhor visualizado quando envolve maior número de parâmetros (figura 8). O aumento das relações Ca/K e $Ca + Mg/K$ na solução nutritiva pode significar aumento da concentração de cálcio e magnésio ou diminuição de potássio. Esse tipo de comportamento é característico quando os nutrientes concorrem pelo mesmo carregador durante o processo de absorção. As relações $Ca/Mg + K$ e $Ca + Mg + K$ não se correlacionaram com o teor de potássio dos caules.

4.2.5. Cálcio

O teor de cálcio nos caules de tomateiro foi influenciado pela mudança da concentração do mesmo na solução nutritiva, e independente da concentração de outros cátions, o incremento na solução nutritiva provocou um aumento significativo nos caules. O teor médio de cálcio nos caules foi de 1,19%, o teor mínimo de 0,47% e o máximo de 1,88% (tabelas 7, 8 e 9). RALEIGH e CHUCKA (1944) cultivando tomateiro em solução nutritiva com 250 ppm de cálcio obtiveram teor de cálcio no caule de 1,94%.

Apesar dessa alta correlação entre o cálcio da solução e dos caules, este não foi influenciado pelas mudanças nas concentrações de magnésio e potássio da solução nutritiva, e isto pode ser melhor entendido observando o Teste de Tukey dos diversos desdobramentos de graus de liberdade conforme ilustrados nas tabelas 8 e 9. Este fato pode ser comprovado, também, observando a falta de significância dos fatores X_2 e X_3 na análise de variância de regressão constante na tabela 12.

Na figura 3 estão representados os efeitos dos teores de cálcio e magnésio da solução nutritiva no teor de cálcio dos caules. Conforme considerações anteriores, apesar de ter empregado o método de superfície de resposta, observa-se através desta figura que somente o fator concentração de cálcio na solução nutritiva está influenciando o teor de cálcio nos caules, e o seu coeficiente de determinação foi de 0,93, a falta de ajuste não significativo e significância para os componentes linear e quadrático, portanto, explica com muita propriedade a variação do Y_2 .

A soma de cátions na solução nutritiva também mostrou tendência a influenciar o teor de cálcio nos caules, conforme ilustra o estudo de regressão entre soma de cálcio, magnésio e potássio (mg/l) e o conteúdo de cálcio nos caules (figura 9). Neste estudo, no intervalo de 10,00 mg/l a 30,00 mg/l de soma de cátions, houve incremento da concentração do cálcio no caule, porém em função do baixo valor de coeficiente de determinação (0,65), esta tendência deve ser interpretada com muita cautela. Na mesma linha de pensamento, tentou-se ajustar uma equação de regressão entre a relação $Ca/Mg + K$ e o teor de cálcio nos

caules, obtendo com isso uma equação denominada de cúbico-raiz com melhor ajuste, dentre as doze equações possíveis constantes na tabela 5, com coeficiente de determinação de 0,65 (figura 7). Nesta figura a curva mostra que o teor de cálcio na matéria seca de caules foi influenciada pela relação $\text{Ca/Mg} + \text{K}$ inferior a 2,14, e para relação superior a este, o teor de cálcio nos caules expresso em $\text{mg}/100 \text{ g}$ de matéria seca não sofreu nenhuma influência, e isso permite especular que as relações superiores a 2,14 foi gerada pela diminuição da concentração de magnésio ou potássio ou ainda o aumento relativo de cálcio foi anulado pelo efeito antagônico de potássio.

4.2.6 Magnésio

O teor de magnésio nos caules de tomateiro em função das diversas concentrações catiônicas na solução nutritiva encontra-se nas tabelas 7, 8 e 9 e figura 4.

Houve diferenças significativas na sua concentração nos caules em função dos tratamentos, no entanto, o único fator da solução nutritiva que influenciou o seu teor com coerência foi o próprio magnésio que promoveu aumento nos caules à medida que ocorria incremento na solução nutritiva, independente de concentrações de cálcio ou potássio.

Analisando o quadro de análise de variância de regressão para porcentagem de magnésio nos caules (tabela 13), verifica-se que os três fatores estudados apresentam significância, indicando que os níveis dos três cátions na solução nutritiva influenciou significativamente o teor de magnésio nos caules. Também pode-se dizer que a equação proposta explica com muita propriedade as variações do Y_3 (porcentagem de magnésio nos caules) em função dos tratamentos, pois o coeficiente de determinação é de 0,97, além de apresentar falta de ajuste não significativo e F significativo para os componentes linear e quadrático. Apesar disso, é estranho o comportamento do teor de magnésio em função desses tratamentos, conforme visualizados na figura 4, na qual o seu teor diminui quando o cálcio na solução nutritiva passa de 50 pra 200 ppm e volta a aumen-

tar nos tratamentos com 350 ppm de cálcio na solução nutritiva, e esse comportamento é comum nas três doses de magnésio.

Esperava-se uma diminuição significativa do teor de magnésio nos caules devido o aumento do teor de potássio principalmente com a menor dose de magnésio (12 ppm), entretanto isso ocorreu somente quando a concentração de cálcio era de 50 ppm e para as demais combinações, houve muito pouca influência. Para os casos em que a concentração de magnésio na solução nutritiva era 48 ou 84 ppm, apesar do Teste Tukey não ter indicado diferença significativa no aumento do teor de magnésio em função do potássio na maioria dos casos (tabelas 7, 8 e 9), analisando a figura 4 percebe-se essa tendência, isto é, nas doses intermediárias e máxima de magnésio na solução nutritiva, o potássio favoreceu o acúmulo de magnésio nos caules.

Aceitando o argumento de que as relações catiônicas na solução nutritiva é mais importante em influenciar a absorção dos cátions pelas plantas do que as suas próprias concentrações tentou-se correlacionar as diversas relações catiônicas da solução nutritiva com o teor de magnésio nos caules (tabela 14), mas não foi possível encontrar nenhum modelo adequado para explicar tal fato.

A soma de cátions em emg/100 g de matéria seca de caules em função dos tratamentos encontra-se na tabela 14. Houve uma variação muito grande desse parâmetro nos caules, com mínimo de 97,53 emg/100 g e máximo de 225,41 emg/100 g da soma dos cátions cálcio, magnésio e potássio. Os dados constantes na tabela 14 estão arranjados de tal maneira que para cada grupo de três tratamentos, o nível de cálcio e potássio não variaram, e com variação na concentração de magnésio. Observa-se que na maioria dos subgrupos, o aumento da concentração de magnésio não alterou em grandes proporções a soma de cátions nos tecidos de caules de tomateiro. Isto significa que houve certa compensação na absorção entre os cátions da solução nutritiva. Por outro lado, a medida que a soma desses cátions na solução nutritiva aumentou, a soma dos mesmos nos tecidos dos caules também incrementou. Essa tendência de aumento está representada na curva da figura 10. O modelo de equação que ajustou melhor foi a do

terceiro grau com coeficiente de determinação de 0,84. Nota-se que há uma boa correspondência desse parâmetro na solução nutritiva e nos tecidos dos caules, e este parâmetro foi gerado pela soma dos cátions cálcio, magnésio e potássio, este fato também é uma das evidências de que houve uma compensação de absorção entre estes cátions, e reafirma as colocações da literatura que tem demonstrado um carregador comum para estes elementos.

4.2.7. Enxofre

As alterações nas concentrações de cálcio e magnésio na solução nutritiva não influenciou o teor de enxofre nos caules de tomateiro, na maioria das combinações estudadas - tabelas 7 e 8 - e o seu teor ficou em torno de 0,26%. Porém, a acumulação de enxofre nos caules aumentou com o incremento da concentração desses dois cátions na solução nutritiva, exatamente naqueles tratamentos em que houve respostas a produção de matéria seca de caules.

Já, as doses de potássio na solução nutritiva tiveram efeito no teor de enxofre somente da segunda para a terceira dose - 234 para 410 ppm - com aumento significativo do teor nos caules, como pode ser observado examinando o Teste Tukey dentro dos diversos desdobramentos dos graus de liberdade (tabela 9). Portanto, teve um comportamento inverso ao nitrogênio nos caules que teve o seu teor diminuído, na maioria das combinações estudadas, com o aumento do potássio na solução nutritiva.

Tabela 07. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em caules de tomateiro em função dos níveis de Ca dentro de Mg ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Ca (ppm)	Peso do material seco de caules	N % (2)	P % (3)	K %	Ca %	Mg %	S %
Ca	50	5,85 c (4)	2,88 a	0,38 a	2,43 a	0,58 c	0,38 b	0,26 a
	200	7,71 b	2,38 b	0,21 b	1,83 c	1,30 b	0,32 c	0,27 a
	350	9,70 a	1,92 c	0,17 c	2,21 b	1,64 a	0,49 a	0,25 a
Ca(Mg12) (1)	50	4,27 c	3,23 a	0,39 a	2,60 a	0,67 c	0,24 a	0,24 a
	200	5,79 b	2,53 b	0,26 b	1,93 c	1,45 b	0,15 b	0,24 a
	350	9,31 a	2,04 c	0,21 c	2,24 b	1,62 a	0,26 a	0,24 a
Ca(Mg48)	50	5,48 b	2,91 a	0,37 a	2,46 a	0,57 c	0,36 b	0,27 ab
	200	8,70 a	2,44 b	0,21 b	1,77 b	1,25 b	0,33 b	0,31 a
	350	10,01 a	1,96 c	0,16 c	2,27 a	1,70 a	0,53 a	0,24 b
Ca(Mg84)	50	7,79 b	2,52 a	0,39 a	2,23 a	0,50 c	0,54 b	0,26 a
	200	8,65 ab	2,19 b	0,17 b	1,81 b	1,22 b	0,49 c	0,26 a
	350	9,79 a	1,78 c	0,15 b	2,13 a	1,60 a	0,68 a	0,26 a
Ca(K58)	50	3,10 c	3,67 a	0,43 a	1,81 a	0,55 c	0,42 a	0,21 a
	200	5,39 b	3,17 b	0,23 b	0,54 b	1,20 b	0,32 b	0,25 a
	350	7,67 a	2,61 c	0,22 b	0,50 b	1,70 a	0,44 a	0,23 a
Ca(K234)	50	6,22 c	2,85 a	0,34 a	2,29 b	0,60 c	0,34 b	0,22 a
	200	8,93 b	2,14 b	0,24 b	2,11 b	1,29 b	0,32 b	0,22 a
	350	10,95 a	1,64 c	0,19 c	2,73 a	1,60 a	0,50 a	0,24 a
Ca(K410)	50	8,22 b	2,20 a	0,38 a	3,19 b	0,58 c	0,37 b	0,34 a
	200	8,83 b	1,92 b	0,17 b	2,85 c	1,42 b	0,33 b	0,34 a
	350	10,49 a	1,60 c	0,12 c	3,42 a	1,67 a	0,53 a	0,27 b
Ca(Mg12.K58)	50	2,36 b	4,10 a	0,45 a	2,16 a	0,65 b	0,30 a	0,18 a
	200	4,14 ab	3,44 b	0,28 b	0,82 b	1,23 a	0,18 b	0,24 a
	350	6,54 a	3,01 b	0,17 c	0,42 c	1,43 a	0,24 ab	0,13 a
Ca(Mg12.K234)	50	3,06 c	3,12 a	0,38 a	2,28 b	0,73 c	0,22 a	0,23 b
	200	5,72 b	2,28 b	0,29 ab	2,28 b	1,22 b	0,13 b	0,18 b
	350	10,08 a	1,85 c	0,27 b	2,74 a	1,66 a	0,29 a	0,34 a
Ca(Mg12.K410)	50	7,40 b	2,56 a	0,35 a	3,37 a	0,63 b	0,19 ab	0,30 a
	200	7,50 b	1,97 b	0,22 b	2,68 b	1,88 a	0,14 b	0,32 a
	350	11,32 a	1,42 c	0,19 b	3,58 a	1,76 a	0,26 a	0,24 a
Ca(Mg48.K58)	50	2,82 b	3,56 a	0,43 a	1,74 a	0,52 c	0,39 ab	0,20 a
	200	5,72 a	3,10 a	0,24 b	0,35 b	1,25 b	0,34 b	0,27 a
	350	7,88 a	2,64 b	0,23 b	0,67 b	1,79 a	0,45 a	0,24 a
Ca(Mg48.K234)	50	6,22 b	3,04 a	0,29 a	2,05 b	0,55 c	0,31 b	0,26 a
	200	9,62 a	2,24 b	0,21 ab	2,24 b	1,32 b	0,32 b	0,21 a
	350	11,40 a	1,61 c	0,17 b	2,83 a	1,65 a	0,52 a	0,17 a
Ca(Mg48.K410)	50	7,40 b	2,21 a	0,38 a	3,60 a	0,63 c	0,38 b	0,35 ab
	200	10,76 a	2,04 a	0,17 b	2,74 b	1,17 b	0,35 b	0,44 a
	350	10,76 a	1,70 b	0,09 c	3,32 a	1,66 a	0,62 a	0,32 b
Ca(Mg84.K58)	50	4,12 b	3,37 a	0,42 a	1,54 a	0,47 c	0,57 a	0,25 a
	200	6,30 ab	2,97 a	0,17 c	0,46 b	1,11 b	0,45 b	0,23 a
	350	8,60 a	2,21 b	0,27 b	0,42 b	1,75 a	0,63 a	0,31 a
Ca(Mg84.K234)	50	9,38 a	2,42 a	0,34 a	2,54 a	0,52 b	0,50 b	0,17 a
	200	11,38 a	1,92 b	0,21 b	1,82 b	1,32 a	0,50 b	0,26 a
	350	11,44 a	1,46 c	0,13 c	2,62 a	1,49 a	0,69 a	0,22 a
Ca(Mg84.K410)	50	9,88 a	1,87 a	0,39 a	2,62 b	0,50 c	0,55 b	0,36 a
	200	8,22 a	1,76 a	0,14 b	3,14 a	1,22 b	0,51 b	0,28 a
	350	9,38 a	1,70 a	0,08 b	3,37 a	1,58 a	0,72 a	0,26 a
C.V.		16,80	4,54	8,98	9,70	11,42	10,25	21,58

(1) Níveis de Ca dentro do Mg com 12 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (N%/100);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (P%/100);

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 08. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em caules de tomateiro em função dos níveis de Mg dentro de Ca ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Mg (ppm)	Peso do material seco de caules	N % (2)	P % (3)	K %	Ca %	Mg %	S %
Mg	12	6,46 b (4)	2,58 a	0,28 a	2,26 a	1,24 a	0,22 c	0,24 a
	48	8,06 a	2,42 b	0,24 b	2,17 ab	1,17 ab	0,41 b	0,27 a
	84	8,74 a	2,15 c	0,23 b	2,06 b	1,11 b	0,57 a	0,26 a
Mg(Ca50) (1)	12	4,27 b	3,23 a	0,39 a	2,60 a	0,67 a	0,24 c	0,24 a
	48	5,48 b	2,91 b	0,37 a	2,46 a	0,56 ab	0,36 b	0,27 a
	84	7,80 a	2,56 c	0,38 a	2,23 b	0,50 b	0,54 a	0,26 a
Mg(Ca200)	12	5,79 b	2,53 a	0,26 a	1,93 a	1,45 a	0,15 c	0,24 b
	48	8,70 a	2,44 a	0,21 b	1,77 a	1,25 b	0,33 b	0,31 a
	84	8,65 a	2,18 b	0,17 b	1,81 a	1,22 b	0,49 a	0,26 ab
Mg(Ca350)	12	9,31 a	2,04 a	0,21 a	2,24 a	1,62 a	0,26 c	0,24 a
	48	10,01 a	1,96 ab	0,16 b	2,27 a	1,70 a	0,53 b	0,24 a
	84	9,79 a	1,78 b	0,15 b	2,13 a	1,61 a	0,68 a	0,26 a
Mg(K58)	12	4,35 b	3,50 a	0,29 a	1,13 a	1,10 a	0,24 c	0,18 b
	48	5,47 ab	3,09 b	0,29 a	0,92 ab	1,19 a	0,39 b	0,24 ab
	84	6,34 a	2,83 b	0,28 a	0,81 b	1,11 a	0,55 a	0,26 a
Mg(K234)	12	6,29 c	2,40 a	0,31 a	2,43 a	1,21 a	0,21 c	0,25 a
	48	9,08 b	2,26 a	0,22 b	2,37 a	1,17 a	0,38 b	0,22 a
	84	10,73 a	1,91 b	0,22 b	2,33 a	1,11 a	0,56 a	0,22 a
Mg(K410)	12	8,74 a	1,96 a	0,25 a	3,21 a	1,42 a	0,20 c	0,29 b
	48	9,16 a	1,98 a	0,20 b	3,22 a	1,15 b	0,45 b	0,37 a
	84	9,64 a	1,78 a	0,18 b	3,04 a	1,10 b	0,59 a	0,30 b
Mg(Ca50.K58)	12	2,36 a	4,10 a	0,45 a	2,16 a	0,65 a	0,30 c	0,18 a
	48	2,82 a	3,56 b	0,43 a	1,74 b	0,52 a	0,39 b	0,20 a
	84	4,12 a	3,37 b	0,42 a	1,54 b	0,47 a	0,57 a	0,25 a
Mg(Ca50.K234)	12	3,06 c	3,12 a	0,38 a	2,28 ab	0,73 a	0,22 c	0,23 a
	48	6,22 b	3,04 a	0,29 a	2,05 b	0,55 a	0,31 b	0,26 a
	84	9,38 a	2,42 b	0,34 a	2,54 a	0,52 a	0,50 a	0,17 a
Mg(Ca50.K410)	12	7,40 b	2,56 a	0,35 a	3,37 a	0,63 a	0,19 c	0,30 a
	48	7,40 b	2,21 ab	0,38 a	3,60 a	0,63 a	0,38 b	0,35 a
	84	9,88 a	1,87 b	0,39 a	2,62 b	0,50 a	0,55 a	0,36 a
Mg(Ca200.K58)	12	4,14 a	3,44 a	0,28 a	0,82 a	1,23 a	0,18 c	0,24 a
	48	5,72 a	3,10 ab	0,24 ab	0,35 b	1,25 a	0,34 b	0,27 a
	84	6,30 a	2,97 b	0,17 b	0,46 ab	1,11 a	0,45 a	0,23 a
Mg(Ca200.K234)	12	5,72 b	2,28 a	0,29 a	2,28 a	1,22 a	0,13 c	0,18 a
	48	9,62 a	2,24 a	0,21 a	2,24 a	1,32 a	0,32 b	0,21 a
	84	11,44 a	1,92 a	0,21 a	1,82 b	1,22 a	0,50 a	0,26 a
Mg(Ca200.K410)	12	7,50 b	1,97 a	0,22 a	2,68 b	1,88 a	0,14 c	0,32 b
	48	10,76 b	2,04 a	0,17 ab	2,74 b	1,17 b	0,35 b	0,44 a
	84	8,22 a	1,76 a	0,14 b	3,14 a	1,22 b	0,51 a	0,28 b
Mg(Ca350.K58)	12	6,54 a	3,01 a	0,17 b	0,42 a	1,43 b	0,24 c	0,13 b
	48	7,88 a	2,64 a	0,23 ab	0,67 a	1,79 a	0,45 b	0,24 ab
	84	8,60 a	2,21 b	0,27 a	0,42 a	1,75 a	0,63 a	0,31 a
Mg(Ca350.K234)	12	10,08 a	1,86 a	0,27 a	2,74 a	1,66 a	0,29 c	0,34 a
	48	11,40 a	1,61 ab	0,17 b	2,83 a	1,65 a	0,52 b	0,17 b
	84	11,38 a	1,46 b	0,13 b	2,62 a	1,49 a	0,69 a	0,22 b
Mg(Ca350.K410)	12	11,32 a	1,42 a	0,19 a	3,58 a	1,76 a	0,26 c	0,24 a
	48	10,76 a	1,70 a	0,09 b	3,32 a	1,66 a	0,62 b	0,32 a
	84	9,38 a	1,70 a	0,08 b	3,37 a	1,58 a	0,72 a	0,26 a
C.V.		16,80	4,54	8,98	9,70	11,42	10,25	21,58

(1) Níveis de Mg dentro do Ca com 12 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (N%/100);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (P%/100);

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 09. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em caules de tomateiro em função dos níveis de K dentro de Ca ou Mg

Interações	Níveis		Variáveis					
	de K (ppm)	Peso do material seco de caules	N % (2)	P % (3)	K %	Ca %	Mg %	S %
K	58	5,39 b (4)	3,13 a	0,29 a	0,95 c	1,13 b	0,40 ab	0,23 b
	234	8,70 a	2,18 b	0,25 b	2,38 b	1,16 ab	0,38 b	0,23 b
	410	9,18 a	1,90 c	0,21 c	3,16 a	1,23 a	0,41 a	0,32 a
K(Ca50) (1)	58	3,10 c	3,67 a	0,43 a	1,81 c	0,55 a	0,42 a	0,21 b
	234	6,22 b	2,85 b	0,33 b	2,29 b	0,60 a	0,34 b	0,22 b
	410	8,23 a	2,20 c	0,36 ab	3,19 a	0,58 a	0,37 b	0,34 a
K(Ca200)	58	5,39 b	3,17 a	0,23 a	0,54 c	1,20 b	0,32 a	0,25 b
	234	8,92 a	2,14 b	0,24 a	2,11 b	1,29 ab	0,32 a	0,22 b
	410	8,83 a	1,92 c	0,17 b	2,85 a	1,42 a	0,33 a	0,34 a
K(Ca350)	58	7,67 b	2,61 a	0,22 a	0,50 c	1,66 a	0,44 b	0,23 a
	234	10,95 a	1,64 b	0,18 a	2,73 b	1,60 a	0,50 a	0,24 a
	410	10,49 a	1,60 b	0,12 b	3,42 a	1,67 a	0,53 a	0,27 a
K(Mg12)	58	4,35 c	3,50 a	0,29 ab	1,13 c	1,10 b	0,24 a	0,18 b
	234	6,29 b	2,39 b	0,31 a	2,43 b	1,21 b	0,21 ab	0,25 a
	410	8,74 a	1,96 c	0,25 b	3,20 a	1,42 a	0,20 b	0,29 a
K(Mg48)	58	5,47 b	3,09 a	0,29 a	0,92 c	1,19 a	0,39 b	0,24 b
	234	9,08 a	2,26 b	0,22 b	2,37 b	1,17 a	0,38 b	0,22 b
	410	9,64 a	1,98 c	0,20 b	3,22 a	1,15 a	0,45 a	0,37 a
K(Mg84)	58	6,34 c	2,83 a	0,28 a	0,81 c	1,11 a	0,55 b	0,26 ab
	234	10,73 a	1,91 b	0,22 b	2,33 b	1,11 a	0,56 ab	0,22 b
	410	9,16 b	1,78 b	0,18 b	3,04 a	1,10 a	0,59 a	0,30 a
K(Ca50.Mg12)	58	2,36 b	4,10 a	0,45 a	2,16 b	0,65 a	0,30 a	0,18 b
	234	3,06 b	3,12 b	0,38 a	2,28 b	0,73 a	0,22 b	0,23 ab
	410	7,40 a	2,56 c	0,35 a	3,37 a	0,63 a	0,19 b	0,30 a
K(Ca50.Mg48)	58	2,82 b	3,56 a	0,43 a	1,74 b	0,52 a	0,39 a	0,20 b
	234	6,22 a	3,04 b	0,29 b	2,05 b	0,55 a	0,31 b	0,26 ab
	410	7,40 a	2,21 c	0,38 ab	3,60 a	0,63 a	0,38 ab	0,35 a
K(Ca50.Mg84)	58	4,12 b	3,37 a	0,42 a	1,54 b	0,47 a	0,57 a	0,25 b
	234	9,38 a	2,42 b	0,34 a	2,54 a	0,52 a	0,50 a	0,17 b
	410	9,88 a	1,87 c	0,39 a	2,62 a	0,50 a	0,55 a	0,36 a
K(Ca200.Mg12)	58	4,14 b	3,44 a	0,28 a	0,82 c	1,23 b	0,18 a	0,24 ab
	234	5,72 ab	2,28 b	0,29 a	2,28 b	1,22 b	0,13 a	0,18 b
	410	7,50 a	1,97 b	0,22 a	2,68 a	1,88 a	0,14 a	0,32 a
K(Ca200.Mg48)	58	5,72 b	3,10 a	0,24 a	0,35 c	1,25 a	0,34 a	0,27 b
	234	9,62 a	2,24 b	0,21 a	2,24 b	1,32 a	0,32 a	0,21 b
	410	10,76 a	2,04 b	0,17 a	2,74 a	1,17 a	0,35 a	0,44 a
K(Ca200.Mg84)	58	6,30 b	2,97 a	0,17 ab	0,46 c	1,11 a	0,45 a	0,23 a
	234	11,44 a	1,92 b	0,21 a	1,82 b	1,32 a	0,50 a	0,26 a
	410	8,22 b	1,76 b	0,14 b	3,14 a	1,22 a	0,51 a	0,28 a
K(Ca350.Mg12)	58	6,54 b	3,01 a	0,17 b	0,42 c	1,43 b	0,24 a	0,13 b
	234	10,08 a	1,85 b	0,27 a	2,74 b	1,66 ab	0,29 a	0,34 a
	410	11,32 a	1,42 c	0,19 ab	3,58 a	1,76 a	0,26 a	0,24 a
K(Ca350.Mg48)	58	7,88 b	2,64 a	0,23 a	0,67 c	1,79 a	0,45 b	0,24 ab
	234	11,40 a	1,61 b	0,17 a	2,83 b	1,65 a	0,52 b	0,17 b
	410	10,76 a	1,70 b	0,09 b	3,32 a	1,66 a	0,62 a	0,32 a
K(Ca350.Mg84)	58	8,60 b	2,21 a	0,27 a	0,42 c	1,75 a	0,63 b	0,31 a
	234	11,38 a	1,46 b	0,13 b	2,62 b	1,49 b	0,69 ab	0,22 a
	410	9,38 ab	1,70 b	0,08 b	3,37 a	1,58 ab	0,72 a	0,26 a
C.V.		16,80	4,54	8,98	9,70	11,42	10,25	21,58

(1) Níveis de K dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (N%/100);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (P%/100);

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 10. Análise de variância para Y_1 = peso do material seco de caule (g/planta)

$$Y_1 = 9,2992 + 1,9278 X_1 + 1,1433 X_2 + 1,8967 X_3 - 0,0792 X_1^2 - 0,7617 X_1 X_2 - 0,6059 X_2^2 - 0,5783 X_1 X_3 - 0,3933 X_2 X_3 - 1,5592 X_3^2$$

Média das respostas	8,00
Coefficiente de determinação (R^2)	0,83
Coefficiente de variação	0,17

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	155,1759	0,6706	28,02	0,0001
Quadrático	3	24,6261	0,1064	4,45	0,0144
Interação	3	12,8318	0,0555	2,32	0,1049
Regressão	9	192,6338	0,8325	11,60	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	26,2121	1,5418	0,49	0,8650
Erro puro	4	12,5480	3,1370		
Erro total	21	38,7601	1,8457		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	77,9132	19,4783	10,55	0,0001
X_2	4	34,9254	8,7314	4,73	0,0070
X_3	4	87,6921	21,9230	11,88	0,0001

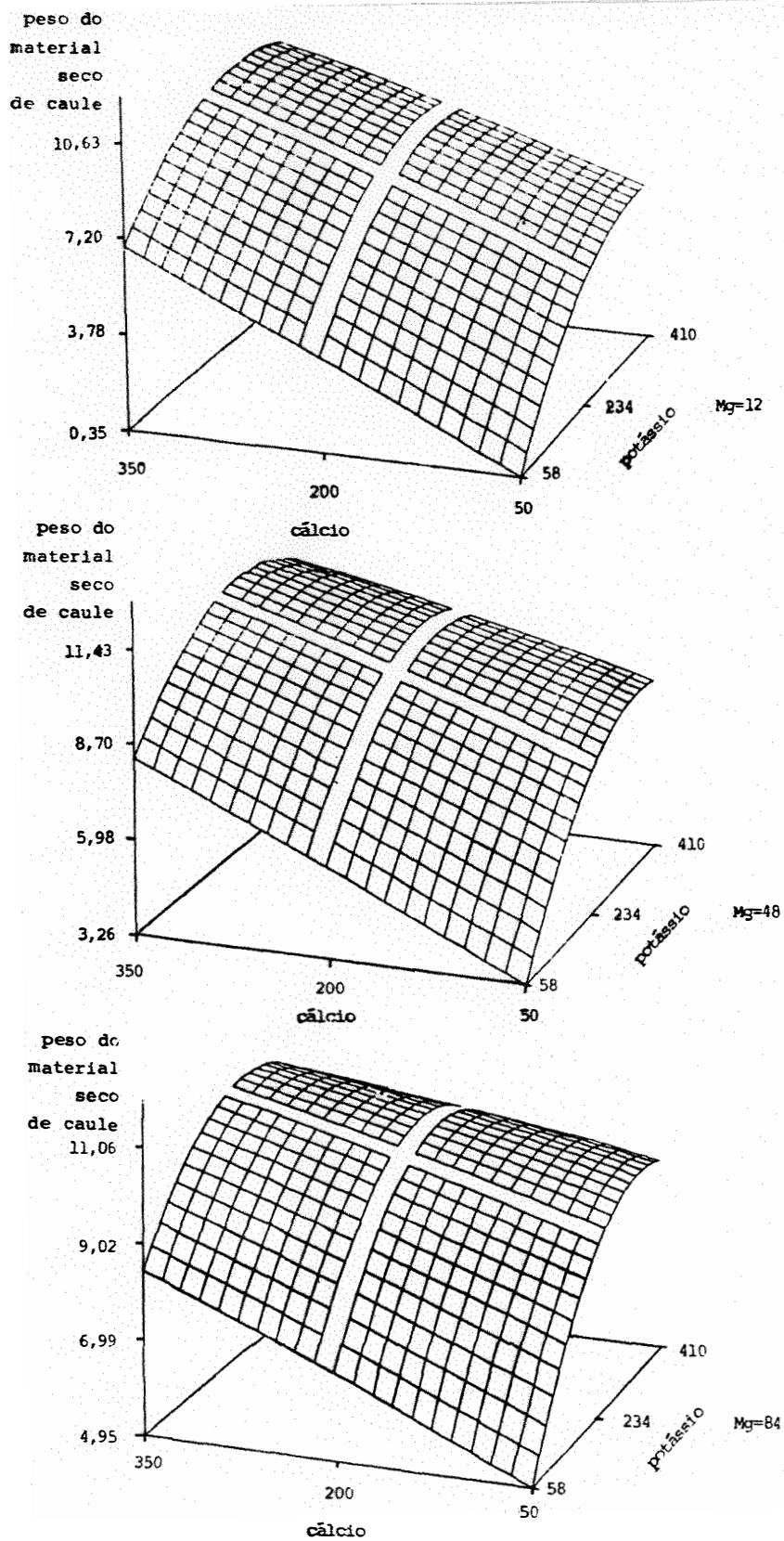


Fig.01. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no peso do material seco de caule de tomateiro (g/planta)

Tabela 11. Análise de variância para $Y_4 = \% \text{ de potássio no caule}$

$$Y_4 = 2,1502 - 0,1072 X_1 - 0,1000 X_2 + 1,1022 X_3 + 0,4506 X_1^2 + 0,0650 X_1 X_2 - 0,0510 X_2^2 + 0,3842 X_1 X_3 + 0,0400 X_2 X_3 - 0,3610 X_3^2$$

Média das respostas	2,1726
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8957
Coefficiente de variação	0,1751

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	22,2550	0,7634	51,25	0,0001
Quadrático	3	2,0184	0,0692	4,65	0,0121
Interação	3	1,8409	0,0631	4,24	0,0172
Regressão	9	26,1143	0,8957	20,05	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	2,1494	0,1264	0,57	0,8167
Erro puro	4	0,8905	0,2226		
Erro total	21	3,0398	0,1448		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	3,4545	0,8636	5,97	0,0023
X_2	4	0,2682	0,0670	0,46	0,7619
X_3	4	24,5735	6,1433	42,44	0,0001

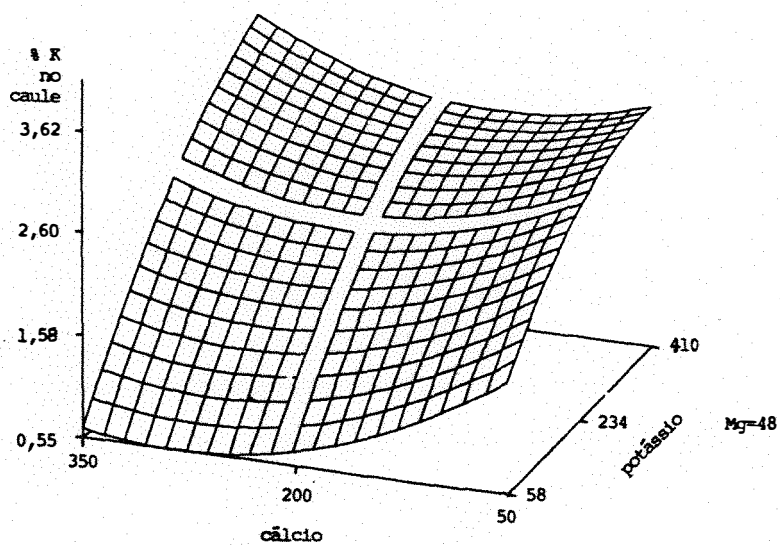


Fig. 02. Efeitos dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva, em ppm, no teor de potássio de caule de tomateiro.

Tabela 12. Análise de variância para $Y_2 = \% \text{ de cálcio no caule}$

$$Y_2 = 1,3056 + 0,5317 X_1 - 0,0683 X_2 + 0,0461 X_3 - 0,2002 X_1^2 \\ + 0,0408 X_1 X_2 - 0,0036 X_2^2 - 0,0075 X_1 X_3 - 0,0825 X_2 X_3 \\ + 0,0097 X_3^2$$

Média das respostas	1,1929
Coefficiente de determinação (R^2)	0,9275
Coefficiente de variação	0,1211

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	5,2104	0,8611	83,19	0,0001
Quadrático	3	0,2996	0,0495	4,78	0,0108
Interação	3	0,1024	0,0169	1,63	0,2116
Regressão	9	5,6124	0,9275	29,87	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	0,3652	0,0215	1,17	0,4885
Erro puro	4	0,0733	0,0183		
Erro total	21	0,4384	0,0209		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	5,3904	1,3476	64,55	0,0001
X_2	4	0,1858	0,0465	2,23	0,1010
X_3	4	0,1213	0,0303	1,45	0,2521

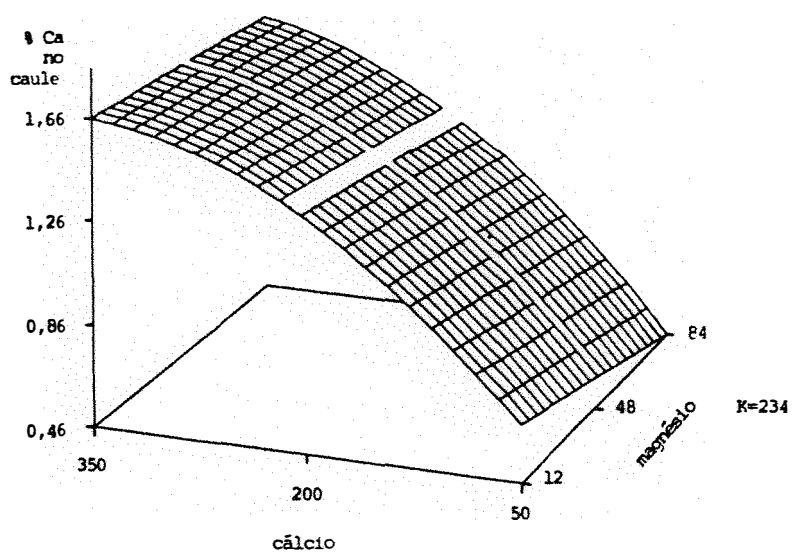


Fig.03. Efeitos dos teores de cálcio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no teor de cálcio de caule de tomateiro.

Tabela 13. Análise de variância para $Y_3 = \% \text{ de magnésio no caule}$

$$Y_3 = 0,3231 + 0,0561 X_1 + 0,1761 X_2 + 0,0094 X_3 + 0,1108 X_1^2 + 0,0283 X_1 X_2 - 0,0158 X_2^2 + 0,0350 X_1 X_3 + 0,0217 X_2 X_3 + 0,0175 X_3^2$$

Média das respostas	0,3883
Coefficiente de determinação (R^2)	0,9678
Coefficiente de variação	0,0882

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	0,6166	0,8030	174,76	0,0001
Quadrático	3	0,0966	0,1258	27,38	0,0001
Interação	3	0,0299	0,0390	8,49	0,0007
Regressão	9	0,7431	0,9678	70,21	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	0,0212	0,0012	1,43	0,3956
Erro puro	4	0,0035	0,0009		
Erro total	21	0,0247	0,0012		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	0,1672	0,0418	35,55	0,0001
X_2	4	0,5753	0,1438	122,30	0,0001
X_3	4	0,0241	0,0060	5,12	0,0049

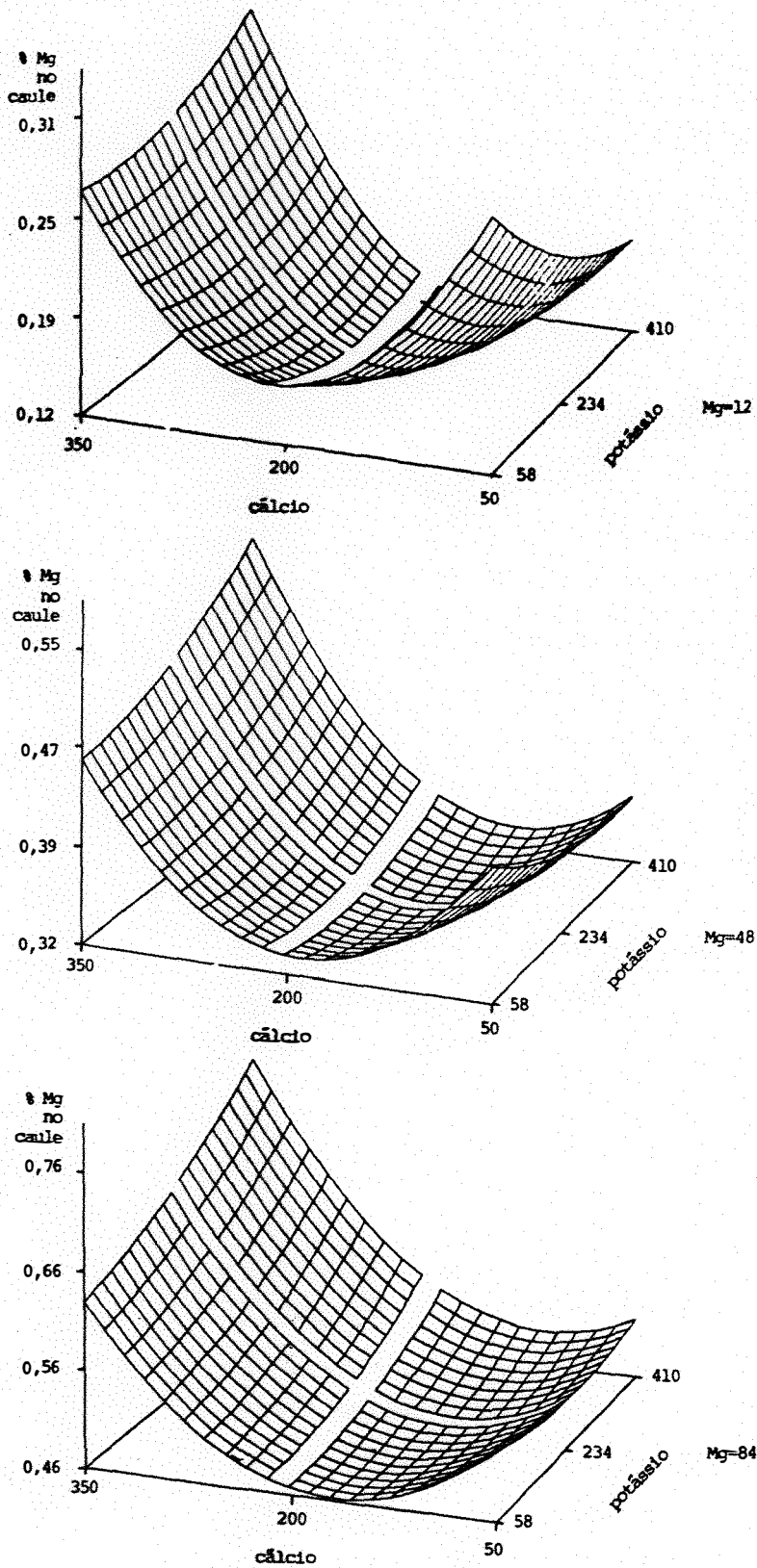


Fig. 04. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no teor de magnésio de caule de tomateiro.

Tabela 14. Conteúdo de Ca, Mg e K em caule de tomateiro, e peso do material seco em função das diversas concentrações e relações catiônicas na solução nutritiva

Tratamentos	Relações catiônicas na solução nutritiva			Peso m.s. caule g/planta	Conteúdo no caule (emg/100 g m.s.)				
	Ca/Mg+K	Ca+Mg/K	Ca/K		Ca	Mg	K	Soma	
1. 2,5- 1,0- 1,5*	1,68	2,35	4,99	1,68	2,36	32,50	25,00	55,38	112,88
2. 2,5- 4,0- 1,5	0,46	4,36	7,99	1,68	2,82	26,00	32,50	44,62	103,12
3. 2,5- 7,0- 1,5	0,29	6,38	10,99	1,68	4,12	23,50	47,50	39,49	110,49
4. 2,5- 1,0- 6,0	0,36	0,58	9,50	0,42	3,06	36,50	18,33	58,46	113,29
5. 2,5- 4,0- 6,0	0,25	1,08	12,50	0,42	6,22	27,50	25,83	52,56	105,89
6. 2,5- 7,0- 6,0	0,19	1,58	15,50	0,42	9,38	26,00	41,67	65,13	132,80
7. 2,5- 1,0- 10,4	0,22	0,34	13,91	0,24	7,40	31,50	15,83	86,41	133,74
8. 2,5- 4,0- 10,4	0,17	0,62	16,91	0,24	7,40	31,50	31,66	92,31	155,47
9. 2,5- 7,0- 10,4	0,14	0,91	19,91	0,24	9,88	25,00	45,83	67,18	138,01
10. 10,0- 1,0- 1,5	4,02	7,38	12,49	6,71	4,14	61,50	15,00	21,03	97,53
11. 10,0- 4,0- 1,5	1,82	9,40	15,49	6,71	5,72	62,50	28,33	8,97	99,80
12. 10,0- 7,0- 1,5	1,17	11,41	18,49	6,71	6,30	55,50	37,50	11,79	104,79
13. 10,0- 1,0- 6,0	1,43	1,83	17,00	1,66	5,72	61,00	10,83	58,46	130,29
14. 10,0- 4,0- 6,0	1,00	2,33	20,00	1,66	9,62	66,00	26,66	57,44	150,10
15. 10,0- 7,0- 6,0	0,77	2,83	23,00	1,66	11,44	66,00	41,66	46,67	154,33
16. 10,0- 1,0- 10,4	0,88	1,06	21,41	0,96	7,50	94,00	11,67	68,72	174,39
17. 10,0- 4,0- 10,4	0,69	1,34	24,41	0,96	10,76	58,50	29,17	70,26	157,93
18. 10,0- 7,0- 10,4	0,57	1,63	27,41	0,96	8,22	61,00	42,50	80,51	184,01
19. 17,5- 1,0- 1,5	7,02	12,41	19,99	11,74	6,54	71,50	20,00	10,77	102,27
20. 17,5- 4,0- 1,5	3,19	14,43	22,99	11,74	7,88	89,50	37,50	17,18	144,18
21. 17,5- 7,0- 1,5	2,06	16,44	25,99	11,74	8,60	87,50	52,50	10,77	150,77
22. 17,5- 1,0- 6,0	2,50	3,08	24,50	2,91	10,08	83,00	24,17	70,26	177,43
23. 17,5- 4,0- 6,0	1,75	3,58	27,50	2,91	11,40	82,50	43,33	72,56	198,39
24. 17,5- 7,0- 6,0	1,35	4,08	30,50	2,91	11,38	74,50	57,50	67,18	199,18
25. 17,5- 1,0- 10,4	1,53	1,78	28,91	1,68	11,32	88,00	21,67	91,80	201,47
26. 17,5- 4,0- 10,4	1,21	2,07	31,91	1,68	10,76	83,00	51,67	85,13	219,80
27. 17,5- 7,0- 10,4	1,01	2,35	34,91	1,68	9,38	79,00	60,00	86,41	225,41

* Concentração de Ca, Mg e K, emg/l na solução nutritiva

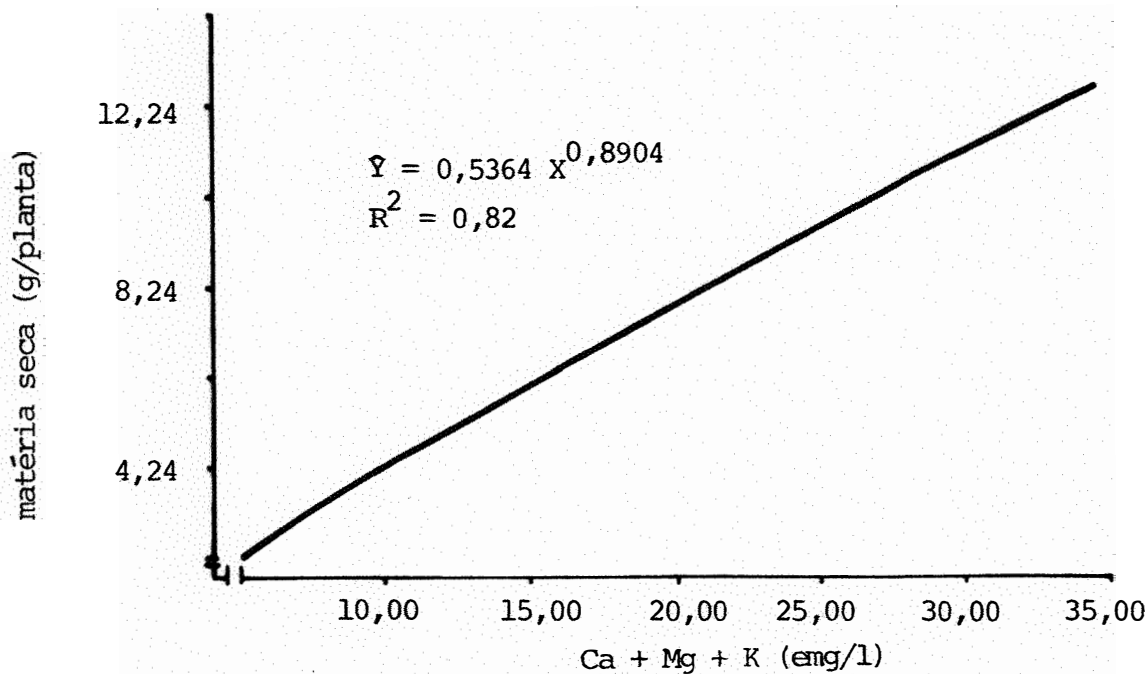


Fig. 05. Curva e equação de regressão da matéria seca (\hat{Y}) de caules de tomateiro, em função da soma de cátions Ca, Mg e K (X) na solução nutritiva.

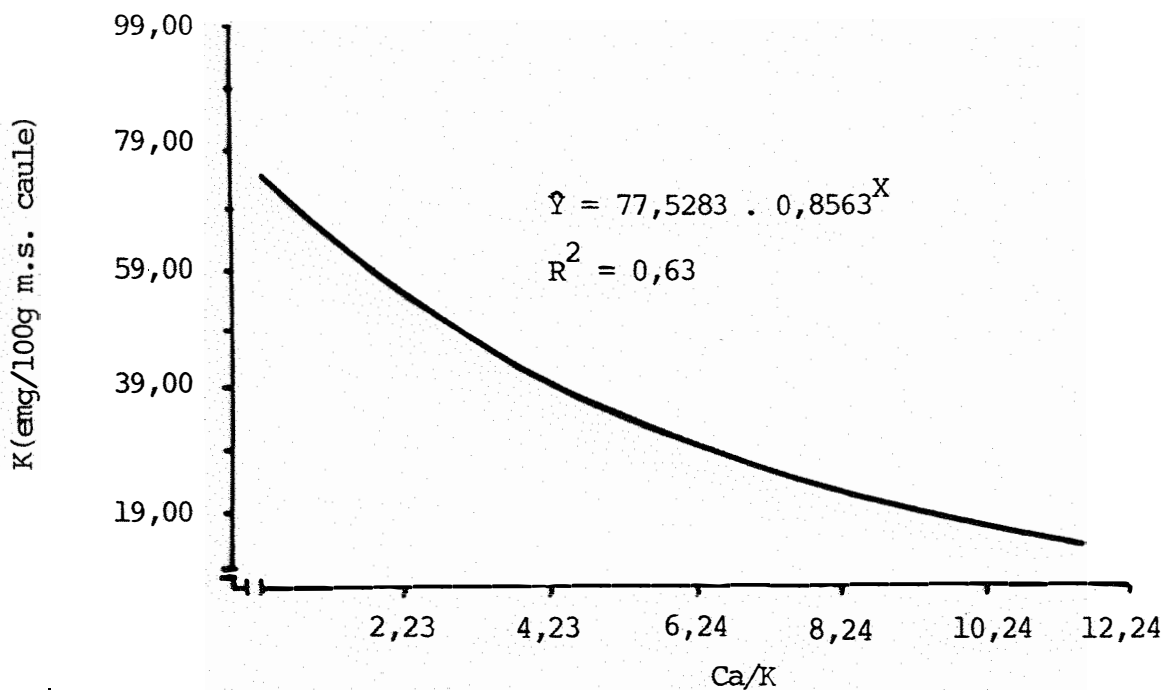


Fig. 06. Curva e equação de regressão do teor de K (\hat{Y}) dos caules de tomateiro, em função da relação Ca/K (X) na solução nutritiva.

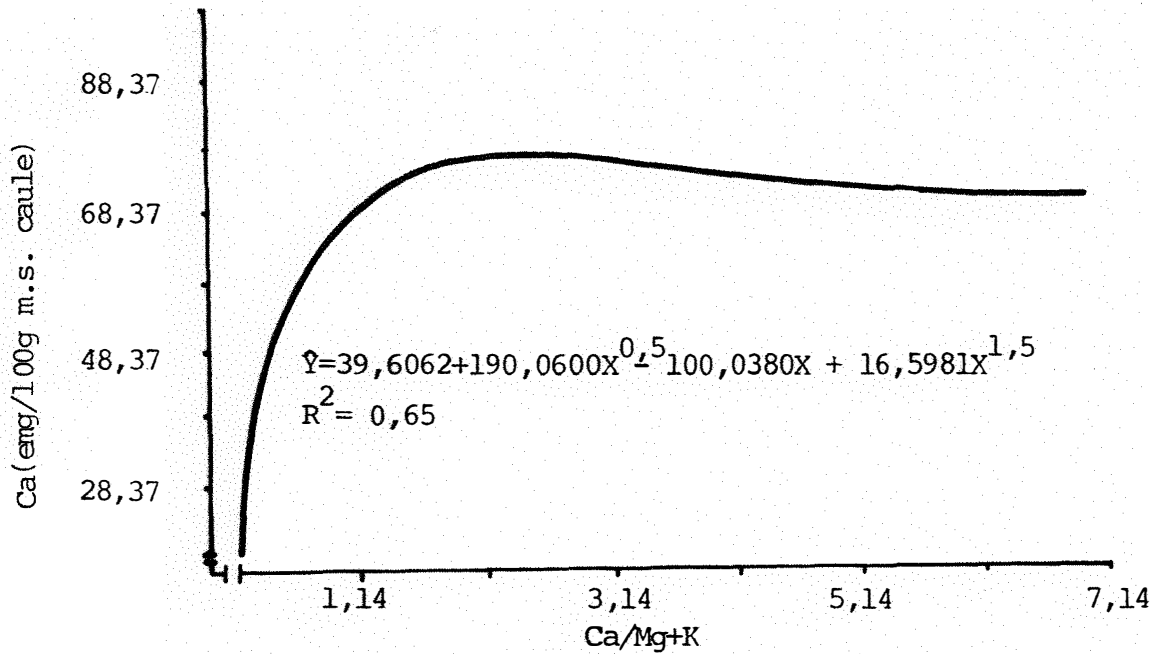


Fig.07 . Curva e equação de regressão dos teores de Ca (\hat{Y}) nos caules de tomateiro em função da relação Ca/Mg+K (X) na solução nutritiva.

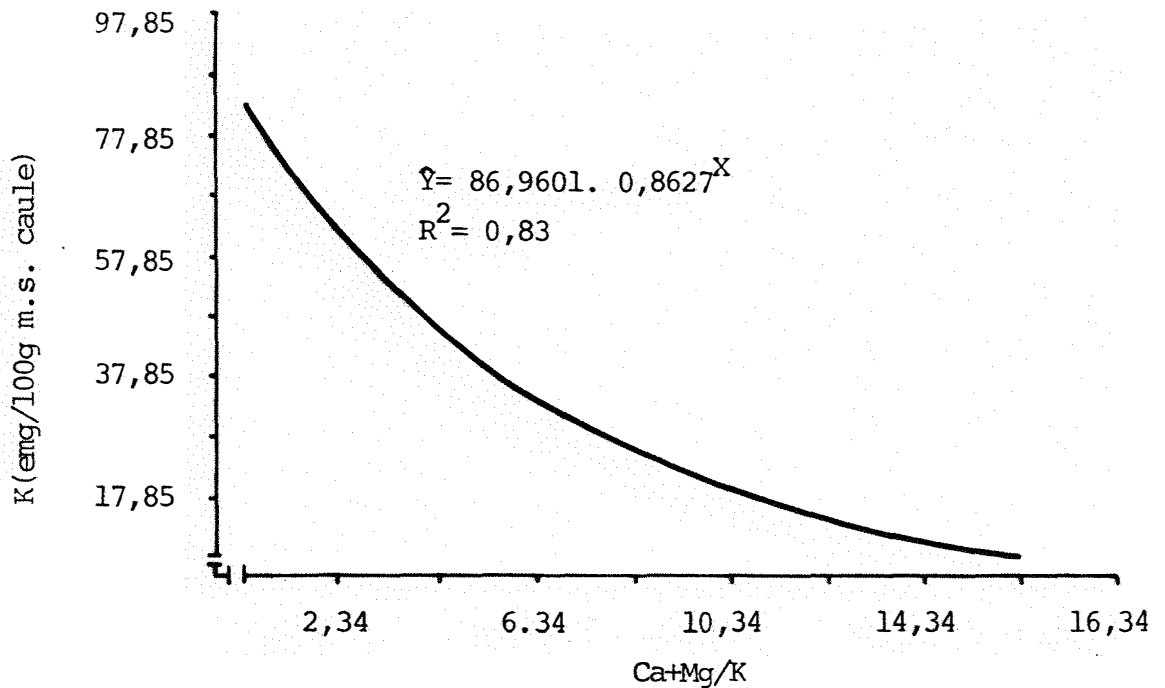


Fig.08. Curva e equação de regressão do teor de K (\hat{Y}) nos caules de tomateiro em função da relação Ca+Mg/K (X) na solução nutritiva.

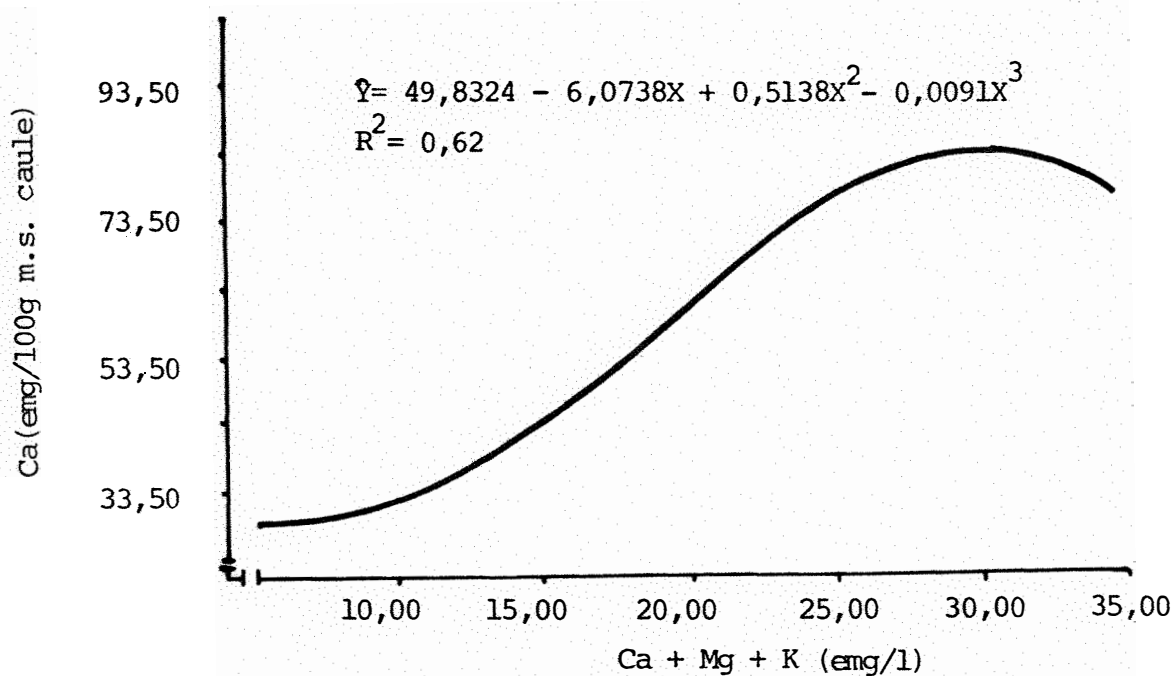


Fig. 09. Curva e equação de regressão do teor de Ca (\hat{Y}) nos caules de tomateiro em função da soma de cátions Ca, Mg e K na solução nutritiva.

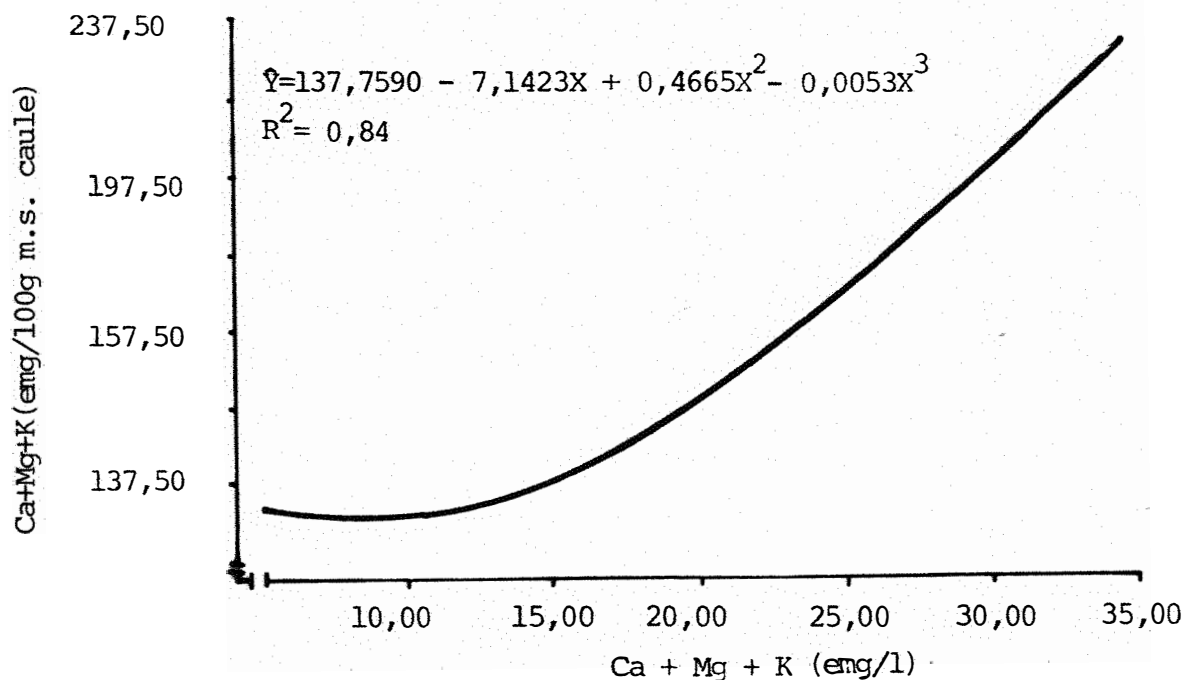


Fig. 10. Curva e equação de regressão da soma de cátions Ca, Mg e K (\hat{Y}) nos caules de tomateiro em função da soma de cátions Ca, Mg e K na solução nutritiva.

4.3. Folhas

4.3.1. Matéria seca

O peso da matéria seca de folhas foi significativamente influenciado pelas doses de cálcio na solução nutritiva (tabela 15). Com exceção do sub-grupo Ca(Mg84.K234), todas as possíveis combinações produziram peso da matéria seca de folhas significativamente superior quando o cálcio na solução nutritiva aumentou de 50 para 200 ppm. Para muitos desdobramentos do grau de liberdade, o Teste Tukey indicou significância inclusive quando o nível de cálcio da solução nutritiva passou de 200 para 350 ppm. Em linhas gerais, a produção de folhas respondeu melhor a modificação da concentração de cálcio na solução nutritiva do que os caules.

O efeito do cálcio na produção de folhas pode ser melhor percebido analisando os gráficos da superfície de resposta (figura 11). A análise de variância de regressão indicou haver significância para o fator X_1 (cálcio), e a equação apresentou um bom ajuste com 0,86 de coeficiente de determinação. Do mesmo modo que o cálcio, a superfície de resposta indicou que os tratamentos de magnésio e potássio também mostraram influência significativa na produção de matéria seca de folhas.

Essa influência do magnésio e potássio na produção de matéria seca de folhas pode ser analisado com maior detalhe quando se leva em conta os testes de comparação de médias feitas para cada um dos desdobramentos do grau de liberdade (tabela 16 e 17). No caso do magnésio, a sua influência para a produção de matéria seca de folhas foi mínima, mas aumentou significativamente a produção quando passou de 48 para 84 ppm de magnésio e a concentração de cálcio era a máxima - 350 ppm - e o potássio era a mínima. Entretanto, o potássio na solução influenciou a produção de folhas nas combinações em que o cálcio ou o magnésio ou ambos eram nas doses mínimas, 50 e 58 ppm, respectivamente. Ao se aplicar o Teste Tukey nas médias obtidas para cada tratamento de potássio, ignorando os níveis de cálcio e magnésio, houve respostas significativas quando o potássio na solução nutritiva passou de 58 para 234 ppm, com aumento médio de 4,43 g de matéria seca de folhas por planta.

Além dos efeitos dos cátions na solução nutritiva isoladamente, foram estudadas as influências das seguintes relações catiônicas: $\text{Ca/Mg} + \text{K}$, $\text{Ca} + \text{Mg/K}$, $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ e Ca/K . Essas relações foram correlacionadas com a produção de matéria seca de folhas e a única relação que apresentou significância foi a soma de cátions $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$, sendo que o aumento do mesmo na solução nutritiva proporcionou incremento de matéria seca de folha, e essa resposta é explicada pelo modelo potencial com R^2 de 0,87. Quando se fez o mesmo tipo de estudo para caules, tanto a relação catiônica quanto o modelo de equação foram iguais, como pode ser conferido através da figura 5. A amplitude da soma de cátions na solução nutritiva estudada foi de 4,99 a 34,91 emg de cátions por litro de solução nutritiva.

4.3.2. Nitrogênio

A variação do teor de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função dos tratamentos, arranjadas de tal maneira para perceber todas as possíveis interações oriundas do fatorial 3 ao cubo - 3 doses de cálcio, 3 doses de magnésio e 3 doses de potássio - com seus respectivos testes de comparação de médias encontram-se nas tabelas 15, 16 e 17.

As respostas as doses de cálcio e potássio em termos de teor de nitrogênio nas folhas de tomateiro foram idênticas. Em todos os desdobramentos estudados, o aumento desses cátions na solução nutritiva provocou uma diminuição no teor de nitrogênio. Observando a coluna de peso da matéria seca de folhas, verifica-se que o aumento das doses desses cátions, na maioria dos sub-grupos, responderam também com o aumento de matéria seca de folhas, indicando que houve novamente o efeito de diluição do nitrogênio absorvido. DECHEN (1980) verificou que os teores de nitrogênio nas folhas decresceram linearmente com o aumento do suprimento de cálcio e nas folhas inferiores e superiores das plantas da linhagens Samano, os decréscimos devido a incremento de 100 ppm de cálcio na solução, foram respectivamente, de 0,25% e 0,42%, e na linhagem Kada, os decréscimos, nas mesmas partes, foram respectivamente de 0,25%

e 0,38% de nitrogênio.

O Teste Tukey indicou pouca influência das doses de magnésio da solução nutritiva no teor de nitrogênio das folhas de tomateiro. No entanto, observando as médias do teor de nitrogênio em função do aumento de magnésio, percebe-se uma diminuição da concentração de nitrogênio, portanto os efeitos dos três cátions principais são semelhantes, somente com diferenças na intensidade da influência.

A dose de potássio pode ter influenciado o teor de nitrogênio das folhas, pela maior eficiência na produção de fotossintetatos, por consequência maior acúmulo de matéria seca para a mesma quantidade de nitrogênio absorvido, e desta maneira induzindo um menor teor do mesmo nas folhas.

O teor médio de nitrogênio nas folhas de tomateiro entre todos os tratamentos foi de 2,84%, portanto inferior ao teor satisfatório de 5,25% apontado por WARD (1963) que obteve esse valor na quinta folha a partir do topo num projeto cooperativo envolvendo nove produtores experientes de tomate.

4.3.3. Fósforo

A influência das diversas doses dos cátions cálcio, magnésio e potássio e suas interações no teor de fósforo das folhas de tomateiro encontram-se nas tabelas 15, 16 e 17.

O incremento da concentração de cálcio na solução nutritiva causou um decréscimo significativo no teor de fósforo das folhas de tomateiro. Em muitas situações, quando o cálcio da solução nutritiva passou de 50 para 350 ppm, o teor de fósforo nas folhas diminuiu para menos de um terço do teor obtido com a menor concentração de cálcio. O acúmulo em mg de fósforo por planta também diminuiu, em algumas combinações, significando que as plantas de tomate submetidas a doses crescentes de cálcio, diminuiu, por alguma razão, a quantidade total de fósforo absorvida.

O fator potássio da solução nutritiva influenciou o teor de fósforo das folhas de tomateiro do mesmo modo que o cálcio, com diminuição do teor com o aumento de potássio. Transformando a porcentagem de fósforo em mg de fósforo absorvido por planta, nota-se novamente uma tendência de diminuição de fósforo acumulado nas folhas a medida que aumenta a concentração de potássio no substrato. No entanto, o teor de fósforo do caule não foi influenciado pelo potássio.

Os tratamentos com doses crescentes de magnésio na solução nutritiva não influenciou o conteúdo de fósforo nas folhas, nem o acúmulo do mesmo, esse comportamento foi observado também nos caules. Portanto, contrariou o que é preconizado na literatura, isto é, na presença de magnésio aumenta a absorção de fósforo, e na literatura mais antiga encontra-se a expressão segundo o qual o magnésio seria o carregador de fósforo. BEESON et alii (1944) com o intuito de estudar o efeito de diferentes níveis dos macronutrientes catiônicos na solução nutritiva, trabalharam com o tomateiro "Bonny Best" onde encontraram uma correlação positiva entre os níveis de magnésio na solução e a concentração de fósforo nos folíolos. O teor médio de fósforo nas folhas entre todos os tratamentos foi 0,38%, enquanto WARD(1963) apontou como satisfatório 0,80% de fósforo nas folhas, sendo que o teor de fósforo deste experimento no tratamento considerado normal com 200, 234 e 48 ppm de cálcio, potássio e magnésio, respectivamente, foi somente de 0,26% de fósforo. EYSINGA (1971) concluiu que não houve resposta na produção para aumento do conteúdo de fósforo nas folhas de tomateiro acima de 0,44%; valor do teor de fósforo menor do que 0,13% estava associada com deficiência (BESFORD, 1979), já HOGUE et alii (1970) afirmaram que o crescimento de plantas jovens foi prejudicado quando as folhas continham menos do que 0,19% de fósforo.

4.3.4. Potássio

O aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva de 50 para 200 ppm causou uma diminuição significativa no teor de potássio das folhas de tomateiro e isso foi observado na maioria dos desdobramen

tos de graus de liberdade estudado (tabela 15). O Teste Tukey das médias dos teores de potássio das folhas mostraram, também, que o incremento de cálcio da solução nutritiva de 200 para 350 ppm de cálcio não influenciou o teor do mesmo. Foi possível observar que a redução no teor de potássio das folhas pelo aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva foi maior naquelas combinações em que a disponibilidade de potássio era menor - 58 ppm. Os resultados experimentais de BEESON et alii (1944) que trabalharam com diferentes níveis de macronutrientes catiônicos na solução nutritiva com tomateiro da cultivar "Bonny Best" mostraram que houve uma correlação negativa entre o fornecimento de cálcio na solução nutritiva e o conteúdo foliar de potássio e magnésio; do mesmo modo, o aumento da concentração de potássio na solução causou uma diminuição de cálcio nos folíolos. O teor médio de potássio nas folhas de tomateiro não diferiu muito quando comparado com o teor desse elemento nos caules, significando que apresentou boa mobilidade dentro da planta.

O efeito antagônico do magnésio na absorção de potássio manifestou nas folhas diminuindo significativamente o teor do mesmo, ora quando o magnésio passou de 12 para 48, ora quando passou de 48 para 84 ppm na solução nutritiva. Nos caules, não houve essa influência provavelmente porque os caules são locais de transporte de elementos minerais e as folhas funcionando como região de acúmulo, principalmente em função de ser ponto final da corrente transpiratória.

O teor de potássio nas folhas foi muito sensível a mudança da concentração desse elemento na solução nutritiva. Independente das concentrações de cálcio ou magnésio na solução nutritiva, o aumento de potássio na solução, tanto de 58 para 234, como de 234 para 410 ppm ocasionou aumento significativo de potássio nas folhas, conforme demonstrou o Teste Tukey a 1% de probabilidade. O teor máximo de 3,33% de potássio nas folhas foi obtido com 50, 12 e 410 ppm de cálcio, magnésio e potássio, respectivamente, e o teor mínimo de 0,23% de potássio com 200, 48 e 58 ppm de cálcio, magnésio e potássio, respectivamente. Esse resultado mostra claramente o efeito de um cátion sobre a absorção de outro, resultando no maior teor de potássio nas folhas quando

o próprio potássio estava em máximo e os demais no mínimo. BESFORD e MAW (1974) realizaram estudos detalhados de distribuição de potássio em várias partes das plantas de tomate, cultivar "Amberley Cross" cultivadas em solução nutritiva com doses crescentes, com mínimo de 0,08 e máximo de 10,2 mg de potássio por litro de solução e verificaram que a concentração de potássio na planta toda aumentou com o incremento de potássio na solução nutritiva, os pecíolos mostraram uma maior resposta para o potássio do que os tecidos da lâmina e a clorose marginal e ou necrose foi observada quando a concentração de potássio nas folhas completamente formadas diminuiu abaixo de 1,2%, sendo que houve cerca de 50% de incidência de clorose ou necrose nas lâminas foliares com conteúdo de 0,7% de potássio; as folhas raramente mostraram sintomas de deficiência quando a concentração de potássio nos pecíolos foi maior do que nos tecidos da lâmina adjacente, porém, clorose ou necrose ocorreu quando a concentração de potássio nos pecíolos foi abaixo da concentração na lâmina, e os autores afirmaram que a diagnose do estado nutricional de potássio das plantas de tomate, o tecido mais apropriado mostrou ser o pecíolo de folhas jovens completamente formadas. BESFORD e MAW (1975) concluíram que o nível de potássio em folhas jovens de tomateiro completamente expandidas, associado com a máxima produção de matéria seca com seis semanas de idade foi de 1,40% de potássio de toda a folha ou 1,10% na lâmina e 2,10% nos pecíolos; a máxima produção de frutos sem a produção de excessiva folhagem foi associada com 5,20% de potássio nas folhas. CAROLUS (1949) afirmou que o tomateiro pode ser classificado como planta que requer uma concentração relativamente alta de potássio na solução do solo em relação à concentração de cálcio para o seu desenvolvimento normal.

A tendência geral dos efeitos dos tratamentos pode ser melhor compreendido quando se analisa com o auxílio da figura 12, onde procurou com o emprego do método da superfície de resposta, representar o aumento ou diminuição do teor de potássio nas folhas em função da variação das concentrações catiônicas na solução nutritiva. A análise de variância de regressão com seus componentes mais representativos encontra-se na tabela 19. O coeficiente de determinação de 0,94 demonstra que o Y_8 é um bom modelo para esta situação, avalizado pela falta de

ajuste não significativo, além de todos os fatores terem apresentado significância. A figura em questão mostra um aumento muito brusco do teor de potássio nas folhas com o incremento deste na solução nutritiva com a menor dose de cálcio, e a resposta torna-se gradual à medida que aumenta o teor de cálcio na solução. Também tenta representar a diminuição do potássio nas folhas com o aumento da dose de cálcio na solução nutritiva.

Além de verificar os feitos das concentrações absolutas dos principais cátions no substrato no teor de potássio nas folhas, procurou estudar, ainda, a influência de algumas relações catiônicas, e as que apresentaram melhor correlação foram, $Ca + Mg/K$ e Ca/K , com R^2 de 0,87 e 0,76, respectivamente, sendo ambas uma equação logarítmica. Nas figuras 15 e 17 encontram-se essas curvas e apresentam uma diminuição do teor de potássio nas folhas à medida que aumentam essas relações. O significado do aumento dessas relações pode ser traduzido como diminuição relativa da disponibilidade de potássio em relação a outros cátions no substrato.

4.3.5. Cálcio

A mobilidade de cálcio dentro da planta é muito baixa, principalmente pelo floema, e como consequência os órgãos que dependem de cálcio por esta via normalmente possuem baixos teores deste elemento. A sua movimentação dentro da planta é feita praticamente pela corrente transpiratória, e como consequência as folhas possuem altas concentrações de cálcio. BARBER e OZANNE (1970) afirmaram que devido a restrição de cálcio ao transporte a longa distância, para o xilema, a transpiração é de importância especial, e o conteúdo relativamente baixa de cálcio nos frutos quando comparados com as folhas refere-se as diferentes taxas de transpiração desses órgãos, porém, a conclusão de que uma alta intensidade transpiratória de uma planta melhora a nutrição cálcica de todas as partes da planta deve ser encarado com alguma restrição. MARSCHNER (1974) comenta que as razões para a falta de redistribuição

de cálcio em alguns casos são relacionados a insolubilidade devido a de posição deste na forma de oxalato de cálcio no floema. Por outro lado, MOSTAFA e ULRICH (1976) cultivando beterraba açucareira nas condições de casa de vegetação e empregando o cálcio marcado - ^{45}Ca - verificaram que os sintomas de deficiência estavam associados com uma absorção incompleta de cálcio da solução nutritiva, uma alta taxa de consumo de cálcio pelas raízes de reserva, e uma translocação insuficiente à parte aérea para suportar um rápido crescimento de folhas jovens, mas não estava associado com a formação de compostos de cálcio insolúveis; visto que o cálcio foi detectado em várias formas em todas as partes da planta deficiente deste nutriente, a translocação permaneceu funcionando até mesmo quando os sintomas aumentaram em severidade e o fosfato de cálcio mais do que o oxalato de cálcio foi encontrado em alta concentração em todas as partes da planta normal e deficiente em cálcio, com exceção de folhas velhas e maduras onde o oxalato de cálcio excedeu ao fosfato de cálcio. No presente estudo, a porcentagem média de cálcio entre todos os tratamentos, inclusive aqueles com somente 50 ppm na solução nutritiva, ficou em torno de 3,57% e o máximo em 6,25%. KALRA (1956) cultivou tomateiro em nível crescente de cálcio na solução nutritiva e indicou o nível crítico - abaixo do qual as células tornam-se necróticas - dos brotos de 0,16 a 0,17% de cálcio. WARD (1963) correlacionando o teor de nutrientes, a produção e a qualidade de tomate com amostras de tecidos obtidos de diversas lavouras comerciais, indicou como teor satisfatório de cálcio, das folhas situadas na quinta posição a partir do topo, 1,50%. WARD (1973) novamente sugeriu o valor de cálcio nas folhas de tomateiro de 1,5% como ótimo para a produção livre de podridão apical e menor que 1% como sugestivo. CERDA et alii (1979) afirmou que a concentração foliar de cálcio de 1,5 - 2,0% estava associada com a presença de podridão apical. Nota-se que é difícil de se chegar a um consenso, confrontando os dados de literatura e os obtidos neste experimento, para indicar um nível crítico de cálcio nas folhas, primeiro porque o teor nas folhas varia em função da posição deste órgão na planta e da idade do mesmo, e também porque o aparecimento de algum distúrbio causado pela deficiência de cálcio nos tecidos, principalmente em pleno crescimento, pode ser o reflexo de uma situação momentânea das condições ecológicas em que

estiver submetido a planta em questão. Os teores foliares de cálcio obtidos neste experimento em função dos diversos tratamentos comparados com os dados da literatura foram bastante elevados, no entanto, analisando esses teores com a presença de podridão apical, verifica-se que houve incidência significativa de frutos com podridão apical somente nos tratamentos 1 a 9, justamente os que foram submetidos a menor dose de cálcio na solução nutritiva - 50 ppm - e o teor máximo, nas folhas, desse grupo de tratamentos foi de 2,39%. Portanto, pode-se indicar para as condições deste experimento, que os teores foliares de cálcio superior a 2,39% foi sinônimo da ausência de podridão apical. A distribuição de matéria seca entre os órgãos da parte aérea da planta de tomateiro cultivar Santa Adélia foram, 9%, 19% e 72% para caules, folhas e frutos, respectivamente, e a distribuição de cálcio foram, 12%, 79% e 9%, respectivamente. Portanto, do total de cálcio absorvido pela parte aérea, somente 19% de matéria seca de folhas acumularam 79% do cálcio, por outro lado o peso de matéria seca dos frutos que representa 72% da massa total da parte aérea ficou com somente 9% de cálcio. DUDLEY e HADLOW (1973) citados por SHEAR (1975) mostraram que em maçã, 40% do peso da matéria seca total acumulado pela árvore vai para o fruto, e somente 2% do total de cálcio absorvido vai para o fruto, e desta pequena quantidade de cálcio que se movimenta para o fruto, 90% tem sido acumulado ao fim das seis semanas após o completo florescimento; portanto, a disponibilidade de cálcio para as raízes e condições favoráveis para sua translocação ao fruto são de máxima importância durante o estágio inicial de desenvolvimento do fruto.

As respostas a diferentes doses dos cátions cálcio, magnésio e potássio quanto a concentração de cálcio nas folhas pode ser visualizado consultando o quadro de análise de variância de regressão e sua respectiva superfície de resposta (tabela 20 e figura 13). O Teste F indicou haver significância somente para o fator cálcio (X_1) com $p=0,001$. A figura 13 ilustra o efeito do fator cálcio na solução nutritiva no teor de cálcio nas folhas, indicando que houve uma resposta positiva ao aumento deste na solução nutritiva. Esse comportamento pode ser analisado com detalhe através do Teste Tukey aplicado às médias de cada um dos tratamentos da dose de cálcio dentro das possíveis combinações das doses de

magnésio e potássio (tabela 15). GERALDSON (1967) demonstrou claramente a importância da relação de concentração de sais para a nutrição cálcica. Nesse estudo, apontou que a adição de adubação normal que contém proporcionalmente grande quantidade de potássio, amônio, sódio e magnésio solúveis e relativamente pequena quantidade de cálcio solúvel, diminui a relação cálcio/total de sais solúveis na solução, e como consequência diminuição da absorção de cálcio e aumento de sintoma de deficiência de cálcio e afirmou que a eficiência ou poder de vários cátions em reduzir cálcio na folha e incrementar a incidência de podridão apical está na seguinte ordem decrescente: amônio, potássio, magnésio e sódio.

Os testes de comparação de médias das tabelas 16 e 17 confirmam a falta de significância dos fatores magnésio e potássio demonstrado na análise de variância de regressão (tabela 20), sendo que o teor de cálcio nas folhas não foi influenciado na maioria dos desdobramentos de graus de liberdade estudados pela alteração na concentração de magnésio ou potássio da solução nutritiva. Isto significa que não houve nenhum efeito antagônico do magnésio ou potássio da solução nutritiva na absorção e consequente transferência do cálcio para as folhas de tomateiro.

O teor de cálcio das folhas de tomateiro foi também influenciado pela soma dos cátions cálcio, magnésio e potássio da solução nutritiva, e a medida que aumentava esta soma, houve aumento deste elemento nas folhas, e essa tendência foi representada pela equação do terceiro grau com coeficiente de determinação de 0,75 (tabela 22 e figura 18). Esta figura mostra que o efeito do aumento da soma de cátions em incrementar o teor de cálcio das folhas persistiu até aproximadamente 27,00 mg por litro, a partir da qual houve uma tendência de diminuição do mesmo.

4.3.6. Magnésio

O teor médio de magnésio nas folhas de tomateiro foi de

0,84%, e de 0,39% nos caules e 0,15% nos frutos. Portanto, não aconteceu como o cálcio que acumulou grande parte do absorvido nas folhas, apesar de que a maior concentração ocorreu nesta parte da planta.

A análise de variância de regressão indicou significância para o fator cálcio da solução nutritiva (tabela 21). A superfície de resposta correspondente (figura 14) e Teste Tukey para as médias do teor de magnésio em função das doses de cálcio (tabela 15) apontou sua diminuição com 200 ppm de cálcio na solução nutritiva em relação a 50 ou a 350 ppm. Este comportamento não possui explicação na literatura, e uma das especulações que pode ser feita, é que a translocação de magnésio das folhas para outros órgãos pode ter sido facilitado com o teor de 200 ppm de cálcio na solução nutritiva - teor considerado normal na maioria das soluções nutritivas sugeridas por vários autores.

O teor de magnésio nas folhas foi significativamente influenciado pelas doses do mesmo na solução nutritiva. Este fato pode ser comprovado com o auxílio do Teste Tukey aplicado às médias do teor de magnésio nas folhas em função da dose na solução nutritiva nas diversas combinações estudadas (tabela 16). A superfície de resposta da figura 14 mostra isso claramente, e essa resposta, isto é, o aumento do teor de magnésio nas folhas em função do incremento do mesmo na solução nutritiva foi independente da dose de cálcio. A análise de variância de regressão indicou um bom ajuste do Y_7 (teor de magnésio nas folhas) com 0,94 de coeficiente de determinação e falta de ajuste não significativo.

Já a influência das doses de potássio da solução nutritiva no teor de magnésio nas folhas foi mínimo, mesmo nas combinações em que a dose de magnésio era de 12 ppm, mostrando ausência de efeito antagônico do potássio sobre o magnésio das folhas. BESFORD (1978) trabalhando com três variedades de tomate, "Amberley Cross", "VF-145" e "VF-13L", em condições de níveis crescentes de potássio verificou que a concentração de magnésio das folhas diminuiu quando o potássio na solução nutritiva foi acima de 0,28 mg por litro.

O parâmetro soma de cátions, dado em emg/100 g de matéria seca, nas folhas foi muito sensível à modificação individual da concentração desses cátions na solução nutritiva (tabela 22). Nesse órgão, a soma de cátions aumentou com o incremento de magnésio na solução nutritiva, mesmo entre os tratamentos que variou somente o magnésio, significando que aqui não se verificou a teoria da constância da soma de cátions devido à compensação de absorção entre os cátions. LUCAS e SCARSETH (1942) citados por LUCAS e SCARSETH (1947) analisando os dados de composição de nutrientes de diversas plantas forrageiras coletadas de campos de três regiões da Indiana, nos Estados Unidos da América, mostraram que o total de equivalentes de bases tendeu a ser constante, mesmo com a variação individual dos cátions. DAVIDSON e BLAKE (1937) mostraram que a soma de cátions cálcio, magnésio, potássio e sódio na matéria seca de "Italian rye grass" permaneceu aproximadamente constante até mesmo quando houve grande variação de cada cátion na planta por ter o solo recebido diferentes quantidades de cáions. Por outro lado, nem todos os pesquisadores observaram o efeito da constância de cátion. MEHLICH e REED (1946) também citados pelos mesmos autores encontraram maior absorção de cálcio, magnésio e potássio em algodoeiro no maior grau de saturação de cálcio, sendo que as plantas de algodão cultivados nos solos de baixa saturação de cálcio e altos níveis de potássio absorveram somente 60 emg de bases e em solos com alta saturação de cálcio e baixa de potássio absorveram 140 emg/100 g de matéria seca. A soma de cátions cálcio, magnésio e potássio das folhas, foi influenciada pela soma desses mesmos cátions na solução nutritiva, e essa relação foi representada por uma equação do terceiro grau com R^2 de 0,85 (figura 19).

4.3.7. Enxofre

O teor de enxofre nas folhas de tomateiro não foi influenciado pelos tratamentos de doses de cálcio ou magnésio da solução nutritiva e o teor médio deste elemento foi 0,46%, portanto superior ao teor nos caules de 0,26% (tabelas 15 e 16). Isto pode ser justificado pela maior concentração de aminoácidos e proteínas nas folhas do que nos

caules. WARD (1976) encontrou dificuldade para definir a faixa de teor de enxofre considerado suficiente, porém níveis abaixo de 0,25% mostraram severa deficiência; EYSINGA e SMILDE (1981) citados por WINSOR e ADAMNS (1987) encontraram 0,96 - 3,20% de enxofre em folhas de tomateiro sadios, e com deficiência abaixo de 0,48% de enxofre. A produção de matéria seca de folhas aumentou com o incremento da dose de cálcio na solução nutritiva, no entanto, o teor de enxofre continuou constante, significando que houve maior acúmulo de enxofre pelas folhas com o aumento da dose de cálcio na solução nutritiva graças ao aumento da matéria seca. O comportamento do enxofre em função dos tratamentos de cálcio e magnésio foram similares ao ocorrido nos caules. DECHEN (1980) verificou que os teores de enxofre nas folhas inferiores das plantas da linhagem Samano aumentaram na proporção de 0,24% para cada incremento de 100 ppm de cálcio na solução nutritiva. NIGHTINGALE et alii (1931) observaram, para folhas inferiores de plantas cultivadas em solução com omissão e com 360 ppm de cálcio, teor de 1,01% e 1,45% de enxofre, respectivamente.

O teor de enxofre nas folhas foi também influenciado quando a concentração de potássio da solução nutritiva passou de 58 para 234 ppm, com aumento significativo do mesmo, independente das concentrações de cálcio e magnésio do substrato. Porém, os teores de enxofre nas folhas foram estatisticamente iguais quando as plantas de tomate foram cultivadas em solução nutritiva contendo 234 ou 410 ppm de potássio.

Tabela 15. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em folhas de tomateiro em função dos níveis de Ca dentro de Mg ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Ca (ppm)	Peso do material seco de folhas	N % (2)	P % (3)	K %	Ca % (4)	Mg %	S % (5)
Ca	50	11,80 c (6)	3,63 a	0,56 a	2,18 a	1,61 c	0,92 b	0,50 a
	200	17,33 b	2,84 b	0,33 b	1,22 b	3,71 b	0,66 c	0,47 a
	350	21,81 a	2,23 c	0,28 c	1,32 b	5,22 a	1,03 a	0,43 b
Ca(Mg12) (1)	50	9,65 b	3,90 a	0,64 a	2,54 a	1,41 c	0,53 a	0,50 a
	200	15,83 a	3,14 b	0,34 b	1,57 b	2,66 b	0,20 b	0,49 a
	350	19,47 a	2,28 c	0,26 c	1,68 b	5,49 a	0,48 a	0,40 b
Ca(Mg 48)	50	11,51 c	3,70 a	0,54 a	2,15 a	1,52 c	0,88 b	0,51 a
	200	17,29 b	2,84 b	0,31 b	1,18 b	4,15 b	0,71 c	0,47 a
	350	21,79 a	2,31 c	0,32 b	1,17 b	5,40 a	1,16 a	0,42 b
Ca(Mg 84)	50	14,25 c	3,30 a	0,49 a	1,86 a	1,91 b	1,34 b	0,50 a
	200	18,86 b	2,55 b	0,34 b	0,90 b	4,46 a	1,08 c	0,45 a
	350	24,17 a	2,10 c	0,26 c	1,10 b	4,79 a	1,45 a	0,46 a
Ca(K58)	50	6,82 c	4,75 a	0,69 a	1,25 a	1,73 c	0,91 a	0,43 a
	200	14,81 b	3,08 b	0,47 c	0,43 b	3,39 b	0,67 b	0,43 a
	350	20,16 a	2,60 c	0,60 b	0,35 b	5,57 a	0,97 a	0,30 b
Ca(K234)	50	13,21 b	3,45 a	0,58 a	2,21 a	1,46 c	0,84 b	0,49 a
	200	19,04 a	2,74 b	0,36 b	1,41 b	3,38 b	0,68 c	0,46 a
	350	22,84 a	2,05 c	0,18 c	1,55 b	5,38 a	1,01 a	0,48 a
Ca(K410)	50	15,38 b	2,80 a	0,41 a	3,09 a	1,63 b	0,99 b	0,59 a
	200	18,13 b	2,71 a	0,19 b	1,81 c	4,42 a	0,64 c	0,52 b
	350	22,43 a	2,07 b	0,15 b	2,05 b	4,72 a	1,10 a	0,50 b
Ca(Mg12.K58)	50	5,30 b	4,68 a	0,79 a	1,47 a	1,83 c	0,73 a	0,45 b
	200	11,54 ab	3,29 b	0,46 b	0,78 b	2,72 b	0,25 c	0,56 a
	350	14,00 a	2,64 c	0,39 b	0,36 c	5,24 a	0,50 b	0,22 c
Ca(Mg12.K234)	50	10,16 b	3,82 a	0,69 a	2,81 a	1,25 c	0,37 a	0,46 a
	200	17,30 ab	2,86 b	0,36 b	2,02 b	2,66 b	0,17 b	0,37 b
	350	19,80 a	2,29 c	0,22 c	2,18 b	5,41 a	0,49 a	0,45 a
Ca(Mg12.K410)	50	13,50 b	3,26 a	0,46 a	3,33 a	1,18 c	0,50 a	0,59 a
	200	18,66 ab	3,28 a	0,22 b	1,91 c	2,60 b	0,18 b	0,56 ab
	350	24,60 a	1,94 b	0,20 b	2,51 b	5,82 a	0,44 a	0,50 b
Ca(Mg48.K58)	50	6,56 b	5,22 a	0,80 a	1,34 a	1,68 c	0,87 ab	0,45 a
	200	15,84 a	3,07 b	0,50 b	0,23 b	4,02 b	0,72 b	0,43 a
	350	19,22 a	3,04 b	0,77 a	0,36 b	6,15 a	1,00 a	0,30 b
Ca(Mg48.K234)	50	14,22 b	3,45 a	0,48 a	2,18 a	1,45 c	0,82 b	0,49 a
	200	17,42 ab	2,88 b	0,26 b	1,35 b	3,66 b	0,68 b	0,51 a
	350	23,66 a	1,93 c	0,22 b	1,36 b	5,90 a	1,10 a	0,47 a
Ca(Mg48.K410)	50	13,74 b	2,63 a	0,38 a	2,94 a	1,44 b	0,94 b	0,59 a
	200	18,60 ab	2,59 a	0,20 b	1,97 b	4,81 a	0,74 c	0,49 b
	350	22,48 a	2,01 b	0,12 c	1,79 b	4,23 a	1,37 a	0,49 b
Ca(Mg84.K58)	50	8,60 c	4,37 a	0,52 b	0,94 a	1,69 c	1,14 b	0,41 a
	200	17,06 b	2,88 b	0,45 b	0,29 b	3,48 b	1,04 b	0,32 a
	350	27,26 a	2,16 c	0,69 a	0,33 b	5,34 a	1,42 a	0,38 a
Ca(Mg84.K234)	50	15,26 b	3,10 a	0,58 a	1,62 a	1,70 b	1,35 ab	0,50 a
	200	22,40 ab	2,50 b	0,47 a	0,86 b	3,86 a	1,20 b	0,50 a
	350	25,06 a	1,92 c	0,12 b	1,13 b	4,85 a	1,44 a	0,48 a
Ca(Mg84.K410)	50	18,90 a	2,53 a	0,38 a	3,01 a	2,38 c	1,53 a	0,59 a
	200	17,12 a	2,29 a	0,16 b	1,55 b	4,20 b	0,99 b	0,53 a
	350	20,20 a	2,24 a	0,13 b	1,84 b	6,25 a	1,48 a	0,50 a
C.V.		23,17	3,82	7,96	12,32	8,02	9,80	10,33

(1) Níveis de Ca dentro do Mg com 12 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em RAIZ (N% + 0,5);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (P%/100);

(4) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (Ca%/100);

(5) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em COS H (S%);

(6) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 16. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em folhas de tomateiro em função dos níveis de Mg dentro de Ca ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Mg (ppm)	Peso do material seco de folhas	N % (2)	P % (3)	K %	Ca % (4)	Mg %	S % (5)
Mg	12	14,98 b (6)	3,08 a	0,40 a	1,93 a	2,96 b	0,40 c	0,47 a
	48	16,86 ab	2,93 a	0,38 ab	1,50 b	3,48 a	0,91 b	0,47 a
	84	19,10 a	2,63 b	0,36 b	1,28 c	3,59 a	1,29 a	0,47 a
Mg (Ca50) (1)	12	9,65 b	3,90 a	0,64 a	2,54 a	1,41 b	0,53 c	0,50 a
	48	11,51 ab	3,70 a	0,54 b	2,15 b	1,52 ab	0,88 b	0,51 a
	84	14,25 a	3,30 b	0,49 b	1,86 c	1,91 a	1,34 a	0,50 a
Mg (Ca200)	12	15,83 a	3,14 a	0,34 a	1,57 a	2,66 b	0,20 c	0,49 a
	48	17,29 a	2,84 b	0,31 a	1,18 b	4,15 a	0,71 b	0,47 a
	84	18,86 a	2,55 c	0,34 a	0,90 c	4,46 a	1,08 a	0,45 a
Mg (Ca350)	12	19,47 b	2,29 a	0,26 a	1,68 a	5,49 a	0,48 c	0,40 a
	48	21,79 ab	2,31 a	0,32 a	1,17 b	5,40 a	1,16 b	0,42 a
	84	24,17 a	2,10 a	0,26 a	1,10 b	4,79 a	1,45 a	0,46 a
Mg (K58)	12	10,28 b	3,49 a	0,53 b	0,87 a	3,11 b	0,49 c	0,41 a
	48	13,87 ab	3,72 a	0,68 a	0,64 b	3,72 a	0,86 b	0,39 a
	84	17,64 a	3,08 b	0,54 b	0,52 b	3,34 ab	1,20 a	0,37 a
Mg (K234)	12	15,75 b	2,96 a	0,40 a	2,34 a	2,87 b	0,34 c	0,44 b
	48	18,43 ab	2,73 ab	0,31 b	1,63 b	3,43 a	0,86 b	0,49 ab
	84	20,91 a	2,49 b	0,36 ab	1,20 c	3,33 ab	1,33 a	0,50 a
Mg (K410)	12	18,92 a	2,80 a	0,28 a	2,58 a	2,91 b	0,37 c	0,55 a
	48	18,27 a	2,40 b	0,22 b	2,23 b	3,31 b	1,02 b	0,52 a
	84	18,74 a	2,35 b	0,21 b	2,13 b	4,13 a	1,33 a	0,54 a
Mg (Ca50.K58)	12	5,30 a	4,68 ab	0,79 a	1,47 a	1,83 a	0,73 b	0,45 a
	48	6,56 a	5,22 a	0,80 a	1,34 a	1,68 a	0,87 b	0,45 a
	84	8,60 a	4,37 b	0,52 b	0,94 b	1,69 a	1,14 a	0,41 a
Mg (Ca50.K234)	12	10,16 a	3,82 a	0,69 a	2,81 a	1,25 a	0,37 c	0,46 a
	48	14,22 a	3,45 ab	0,48 b	2,18 b	1,45 a	0,82 b	0,49 a
	84	15,26 a	3,10 b	0,58 ab	1,62 c	1,70 a	1,35 a	0,50 a
Mg (Ca50.K410)	12	13,50 a	3,26 a	0,46 a	3,33 a	1,18 b	0,50 c	0,59 a
	48	13,74 a	2,63 b	0,38 a	2,94 b	1,44 b	0,94 b	0,59 a
	84	18,90 a	2,52 b	0,38 a	3,01 ab	2,38 a	1,53 a	0,59 a
Mg (Ca200.K58)	12	11,54 a	3,29 a	0,46 a	0,78 a	2,72 b	0,25 c	0,56 a
	48	15,84 a	3,07 a	0,50 a	0,23 b	4,02 a	0,72 b	0,43 b
	84	17,06 a	2,88 a	0,45 a	0,29 b	3,48 ab	1,04 a	0,32 c
Mg (Ca200.K234)	12	17,30 a	2,86 a	0,36 a	2,02 a	2,66 b	0,17 c	0,37 b
	48	17,42 a	2,88 a	0,26 b	1,35 b	3,66 a	0,68 b	0,51 a
	84	22,40 a	2,50 a	0,46 a	0,86 c	3,86 a	1,20 a	0,50 a
Mg (Ca200.K410)	12	18,66 a	3,29 a	0,22 a	1,91 a	2,60 c	0,18 c	0,56 a
	48	18,60 a	2,59 b	0,20 a	1,97 a	4,81 b	0,74 b	0,49 a
	84	17,12 a	2,29 b	0,16 a	1,55 b	6,25 a	0,99 a	0,53 a
Mg (Ca350.K58)	12	14,00 b	2,64 a	0,39 b	0,36 a	5,24 a	0,50 c	0,22 b
	48	19,22 b	3,04 a	0,77 a	0,36 a	6,15 a	1,00 b	0,30 ab
	84	27,26 a	2,16 b	0,69 a	0,33 a	5,34 a	1,42 a	0,36 a
Mg (Ca350.K234)	12	19,80 a	2,29 a	0,22 a	2,18 a	5,41 a	0,49 c	0,49 a
	48	23,66 a	1,93 a	0,22 a	1,36 b	5,90 a	1,10 b	0,47 a
	84	25,06 a	1,92 a	0,12 b	1,13 b	4,85 a	1,44 a	0,48 a
Mg (Ca350.K410)	12	24,60 a	1,95 a	0,20 a	2,51 a	5,82 a	0,44 b	0,50 a
	48	22,48 a	2,02 a	0,12 b	1,79 b	4,23 b	1,37 a	0,49 a
	84	20,20 a	2,24 a	0,13 ab	1,84 b	4,20 b	1,48 a	0,50 a
C.V.		23,17	3,82	7,96	12,32	8,02	9,80	10,33

(1) Níveis de Mg dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em RAIZ (N% + 0,5);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (P%/100);

(4) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (Ca%/100);

(5) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em COS H (S%);

(6) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 17. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em folhas de tomateiro em função dos níveis de K dentro de Ca ou Mg

Interações	Níveis		Variáveis					
	de K (ppm)	Peso do material seco de folhas	N % (2)	P % (3)	K %	Ca % (4)	Mg %	S % (5)
K	58	13,93 b (6)	3,43 a	0,59 a	0,68 c	3,39 a	0,85 b	0,39 c
	234	18,36 a	2,72 b	0,36 b	1,72 b	3,21 a	0,85 b	0,47 b
	410	18,64 a	2,52 c	0,24 c	2,32 a	3,43 a	0,91 a	0,54 a
K(Ca50) ⁽¹⁾	58	6,82 b	4,75 a	0,70 a	1,25 c	1,73 a	0,91 ab	0,43 b
	234	13,21 a	3,45 b	0,58 b	2,21 b	1,46 a	0,84 b	0,49 b
	410	15,38 a	2,80 c	0,41 c	3,09 a	1,63 a	0,99 a	0,59 a
K(Ca200)	58	14,81 a	3,08 a	0,47 a	0,43 c	3,39 b	0,67 a	0,43 b
	234	19,04 a	2,74 b	0,36 b	1,41 b	3,38 b	0,68 a	0,46 b
	410	18,27 a	2,71 b	0,19 c	1,81 a	4,42 a	0,64 a	0,52 a
K(Ca350)	58	20,16 a	2,60 a	0,60 a	0,35 c	5,57 a	0,97 b	0,30 b
	234	22,84 a	2,04 b	0,19 b	1,55 b	5,38 ab	1,01 ab	0,48 a
	410	22,43 a	2,07 b	0,15 b	2,05 a	4,72 b	1,10 a	0,50 a
K(Mg12)	58	10,28 b	3,49 a	0,53 a	0,87 c	3,11 a	0,49 a	0,41 b
	234	15,75 a	2,96 b	0,40 b	2,34 b	2,87 a	0,34 b	0,44 b
	410	18,92 a	2,80 b	0,28 c	2,58 a	2,91 a	0,37 b	0,55 a
K(Mg48)	58	13,87 b	3,72 a	0,68 a	0,64 c	3,72 a	0,86 b	0,39 b
	234	18,43 a	2,73 b	0,31 b	1,63 b	3,43 a	0,86 b	0,49 a
	410	18,27 a	2,41 c	0,22 c	2,23 a	3,31 a	1,02 a	0,52 a
K(Mg84)	58	17,64 a	3,08 a	0,55 a	0,52 c	3,34 b	1,20 b	0,37 b
	234	20,91 a	2,49 b	0,36 b	1,20 b	3,33 b	1,33 a	0,49 a
	410	18,74 a	2,35 b	0,21 c	2,13 a	4,13 a	1,33 a	0,54 a
K(Ca50.Mg12)	58	5,30 b	4,68 a	0,79 a	1,47 c	1,83 a	0,73 a	0,45 b
	234	10,16 ab	3,82 b	0,69 a	2,81 b	1,25 a	0,37 b	0,46 b
	410	13,50 a	3,26 c	0,46 b	3,33 a	1,18 a	0,50 b	0,59 a
K(Ca50.Mg48)	58	6,56 b	5,23 a	0,80 a	1,34 c	1,68 a	0,87 a	0,45 b
	234	14,22 a	3,45 b	0,48 b	2,18 b	1,45 a	0,82 a	0,49 b
	410	13,74 ab	2,63 c	0,38 b	2,94 a	1,44 a	0,94 a	0,59 a
K(Ca50.Mg84)	58	8,60 b	4,37 a	0,52 a	0,94 c	1,69 a	1,14 c	0,41 b
	234	15,26 ab	3,10 b	0,58 a	1,62 b	1,70 a	1,35 b	0,50 a
	410	18,90 a	2,53 c	0,38 b	3,01 a	2,38 a	1,53 a	0,59 a
K(Ca200.Mg12)	58	11,54 a	3,29 a	0,46 a	0,78 b	2,72 a	0,25 a	0,56 a
	234	17,30 a	2,86 a	0,36 a	2,02 a	2,66 a	0,17 a	0,37 b
	410	18,66 a	3,29 a	0,22 b	1,91 a	2,60 a	0,18 a	0,56 a
K(Ca200.Mg48)	58	15,84 a	3,07 a	0,50 a	0,23 c	4,02 ab	0,72 a	0,43 a
	234	17,42 a	2,88 ab	0,26 b	1,35 b	3,66 b	0,68 a	0,51 a
	410	18,60 a	2,59 b	0,20 b	1,97 a	4,81 a	0,74 a	0,49 a
K(Ca200.Mg84)	58	17,06 a	2,88 a	0,45 a	0,29 c	3,48 b	1,04 ab	0,32 b
	234	17,12 a	2,50 ab	0,46 a	0,86 b	3,86 b	1,20 a	0,50 a
	410	22,40 a	2,29 b	0,16 b	1,55 a	6,25 a	0,99 b	0,53 a
K(Ca350.Mg12)	58	14,00 b	2,64 a	0,39 a	0,36 b	5,24 a	0,50 a	0,22 b
	234	19,80 ab	2,29 ab	0,22 b	2,18 a	5,41 a	0,49 a	0,49 a
	410	24,60 a	1,95 b	0,20 b	2,51 a	5,82 a	0,44 a	0,50 a
K(Ca350.Mg48)	58	19,22 a	3,04 a	0,77 a	0,36 c	6,15 a	1,00 b	0,30 b
	234	23,66 a	1,93 b	0,22 b	1,36 b	5,90 a	1,10 b	0,47 a
	410	22,48 a	2,02 b	0,12 c	1,79 a	4,23 b	1,37 a	0,49 a
K(Ca350.Mg84)	58	27,26 a	2,16 a	0,69 a	0,33 c	5,34 a	1,42 a	0,38 b
	234	25,06 a	1,92 a	0,12 b	1,13 b	4,85 a	1,44 a	0,48 a
	410	20,02 a	2,24 a	0,13 b	1,84 a	4,20 a	1,48 a	0,50 a
C.V.		23,17	3,82	7,96	12,32	8,02	9,80	10,33

(1) Níveis de K dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em RAIZ (N% + 0,5);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (P%/100);

(4) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (Ca%/100);

(5) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em COS H (S%);

(6) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 18. Análise de variância para Y_5 = peso do material seco de folha (g/planta)

$$Y_5 = 17,9945 + 5,0056 X_1 + 2,0611 X_2 + 2,3556 X_3 - 0,2524 X_1^2 + 0,0333 X_1 X_2 + 0,4476 X_2^2 - 1,5667 X_1 X_3 - 1,9000 X_2 X_3 - 1,8358 X_3^2$$

Média das respostas	17,0419
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8635
Coefficiente de variação	0,1372

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	627,3433	0,7460	38,25	0,0001
Quadrático	3	25,9719	0,0309	1,58	0,2231
Interação	3	72,7867	0,0866	4,44	0,0145
Regressão	9	726,1200	0,8635	14,76	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	76,9856	4,5286	0,48	0,8727
Erro puro	4	37,8080	9,4520		
Erro total	21	114,7936	5,4663		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	480,9146	120,2287	21,99	0,0001
X_2	4	121,2071	30,3018	5,54	0,0033
X_3	4	196,3106	49,0777	8,98	0,0002

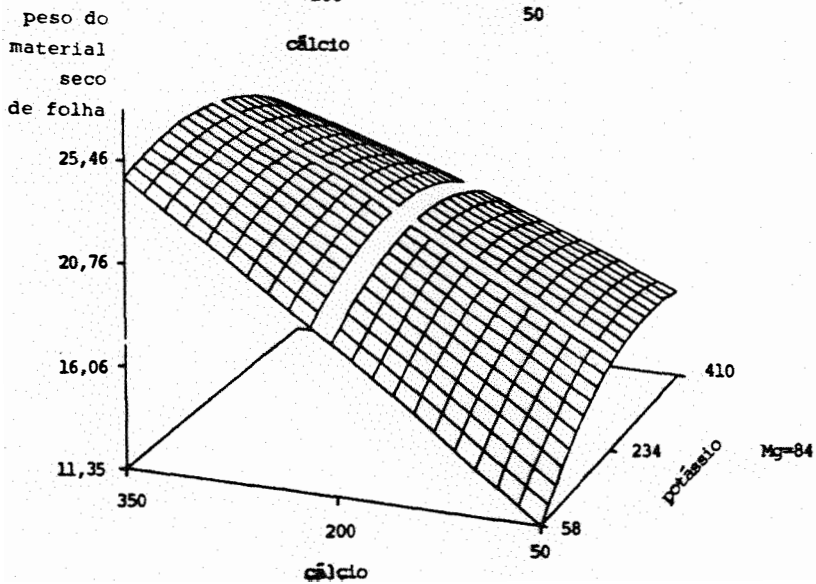
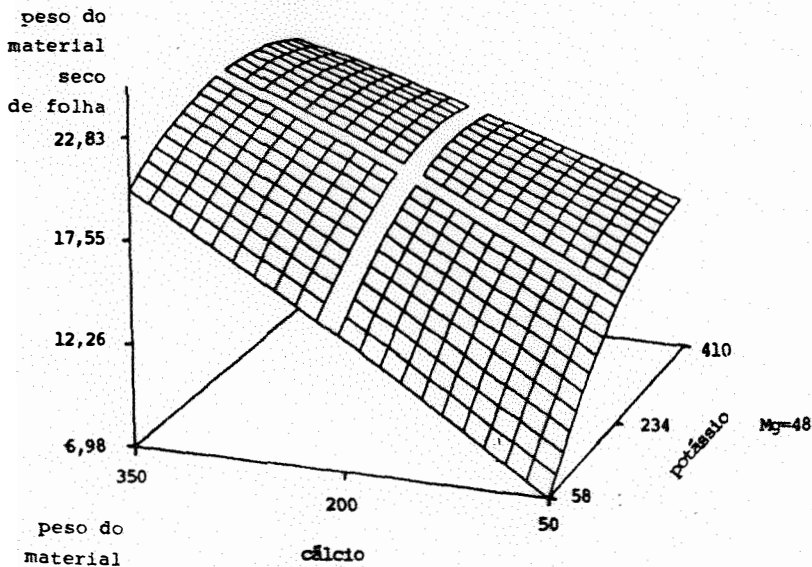
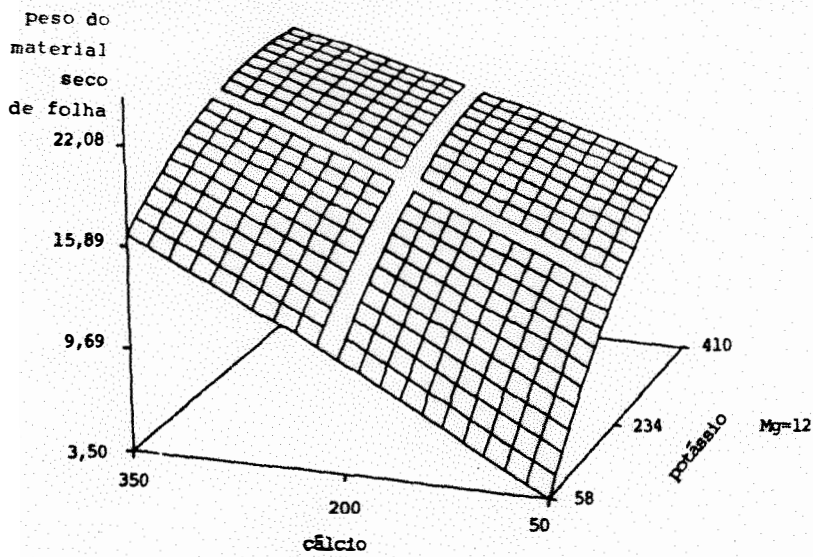


Fig.11. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no peso do material seco de folhas de tomateiro (g/planta)

Tabela 19. Análise de variância para $Y_8 = \% \text{ de potássio na folha}$

$$Y_8 = 1,3258 - 0,4322 X_1 - 0,3222 X_2 + 0,8194 X_3 + 0,5204 X_1^2 + 0,024 X_1 X_2 + 0,0937 X_2^2 - 0,0367 X_1 X_3 - 0,0250 X_2 X_3 - 0,2380 X_3^2$$

Média das respostas	1,5441
Coefficiente de determinação (R^2)	0,9402
Coefficiente de variação	0,1578

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	17,3183	0,8314	97,26	0,0001
Quadrático	3	2,2361	0,1073	12,56	0,0001
Interação	3	0,0306	0,0015	0,17	0,9141
Regressão	9	19,5851	0,9402	36,66	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	1,1731	0,0690	3,77	0,1039
Erro puro	4	0,0733	0,0183		
Erro total	21	1,2464	0,0594		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	5,2870	1,3218	22,27	0,0001
X_2	4	1,9450	0,4863	8,19	0,0004
X_3	4	12,5081	3,1270	52,69	0,0001

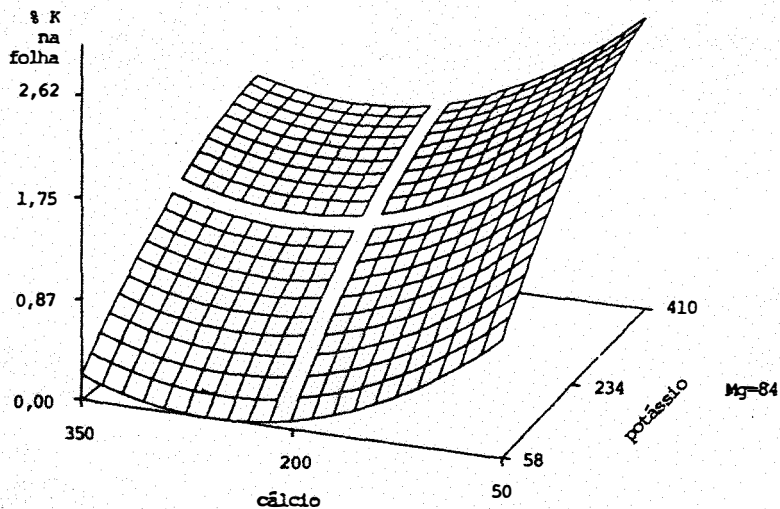
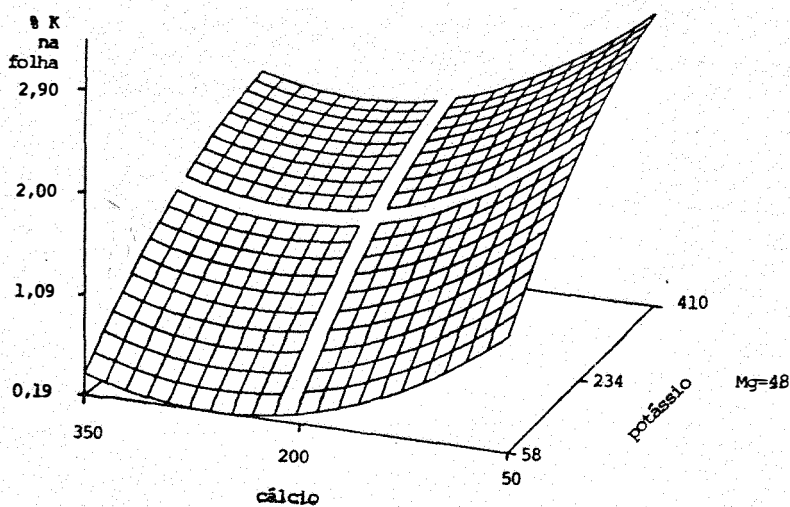
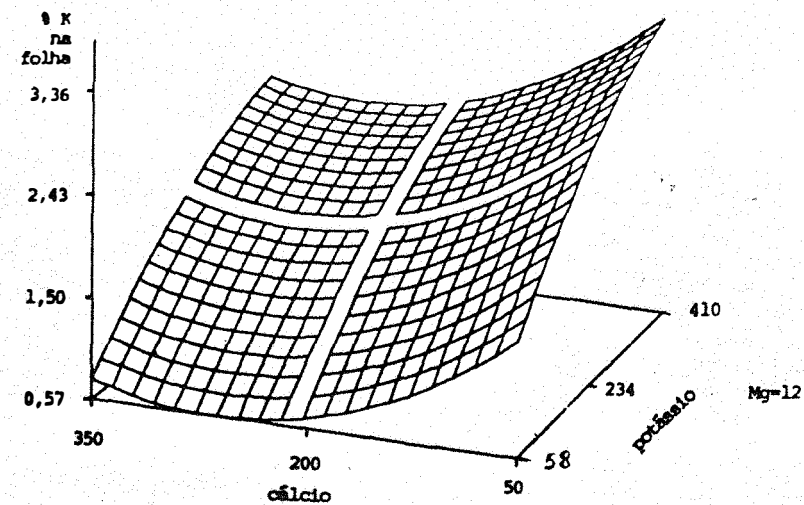


Fig. 12. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no teor de potássio nas folhas de tomateiro.

Tabela 20. Análise de variância para $Y_6 = \% \text{ de cálcio na folha}$

$$Y_6 = 3,7458 + 1,8005 X_1 + 0,2944 X_2 + 0,0389 X_3 - 0,3446 X_1^2 - 0,2808 X_1 X_2 - 0,2096 X_2^2 - 0,1983 X_1 X_3 + 0,2125 X_2 X_3 + 0,2504 X_3^2$$

Média das respostas	3,5694
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8378
Coefficiente de variação	0,2142

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	59,9438	0,7922	34,19	0,0001
Quadrático	3	1,4954	0,0198	0,85	0,4806
Interação	3	1,9603	0,0259	1,12	0,3641
Regressão	9	63,4000	0,8378	12,05	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	11,8762	0,6986	7,07	0,0357
Erro puro	4	0,3953	0,0988		
Erro total	21	12,2715	0,5844		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	60,6084	15,1521	25,93	0,0001
X_2	4	3,3574	0,8394	1,44	0,2569
X_3	4	1,4812	0,3703	0,63	0,6440

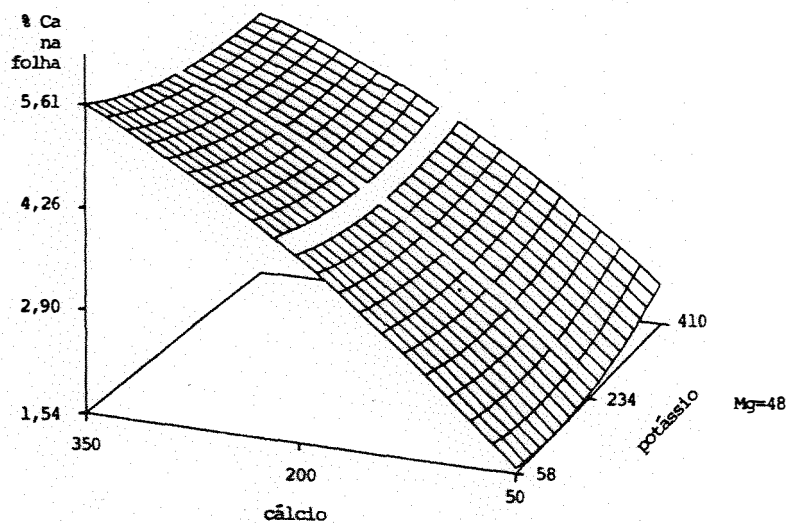


Fig. 13. Efeitos dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva, em ppm, no teor de cálcio das folhas de tomateiro.

Tabela 21. Análise de variância para $Y_7 = \% \text{ de magnésio na folha}$

$$Y_7 = 0,6813 + 0,0550 X_1 + 0,4422 X_2 + 0,0278 X_3 + 0,3111 X_1^2 + 0,0408 X_1 X_2 - 0,0672 X_2^2 + 0,0117 X_1 X_3 + 0,0633 X_2 X_3 + 0,0361 X_3^2$$

Média das respostas	0,8439
Coefficiente de determinação (R^2)	0,9363
Coefficiente de variação	0,1414

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	3,5884	0,7644	84,01	0,0001
Quadrático	3	0,7371	0,1570	17,26	0,0001
Interação	3	0,0698	0,0149	1,63	0,2118
Regressão	9	4,3953	0,9363	34,30	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	0,2521	0,0148	1,26	0,4531
Erro puro	4	0,0469	0,0117		
Erro total	21	0,2990	0,0142		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	0,7557	0,1889	13,27	0,0001
X_2	4	3,6199	0,9050	63,56	0,0001
X_3	4	0,0728	0,0182	1,28	0,3100

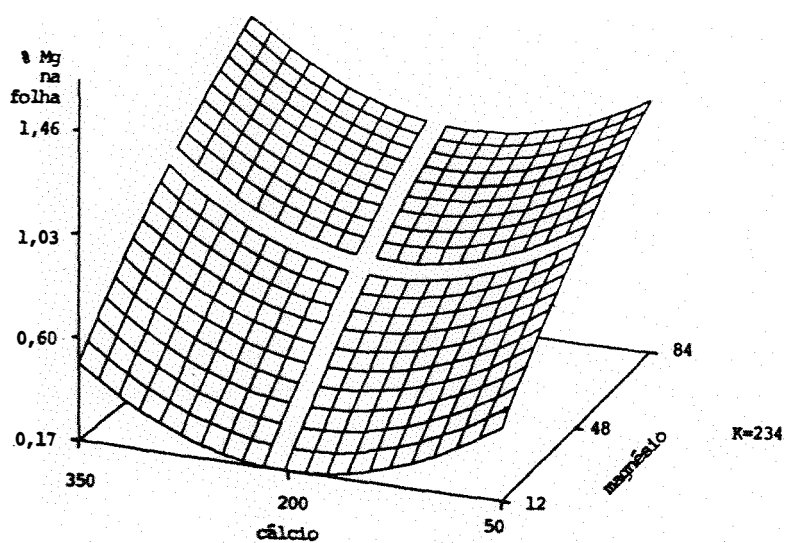


Fig. 14. Efeitos dos teores de cálcio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no teor de magnésio nas folhas de tomateiro.

Tabela 22. Conteúdo de Ca, Mg e K em folha de tomateiro, e peso do material seco em função das diversas concentrações e relações catiônicas na solução nutritiva

Tratamentos	Relações catiônicas na solução nutritiva			Peso m.s. folha g/planta	Conteúdo na folha (mg/100 g m.s.)			Soma
	Ca/Mg+K	Ca+Mg+K	Ca/K		Ca	Mg	K	
1. 2,5- 1,0- 1,5*	1,68	2,35	4,99	1,68	91,50	60,83	37,69	190,02
2. 2,5- 4,0- 1,5	0,46	4,36	7,99	1,68	84,00	72,50	34,35	190,85
3. 2,5- 7,0- 1,5	0,29	6,38	10,99	1,68	84,50	95,00	24,10	203,60
4. 2,5- 1,0- 6,0	0,36	0,58	9,50	0,42	62,50	30,83	72,05	165,38
5. 2,5- 4,0- 6,0	0,25	1,08	12,50	0,42	73,00	68,33	55,90	197,23
6. 2,5- 7,0- 6,0	0,19	1,58	15,50	0,42	86,00	112,50	41,54	240,04
7. 2,5- 1,0- 10,4	0,22	0,34	13,91	0,24	59,00	41,67	85,38	186,05
8. 2,5- 4,0- 10,4	0,17	0,62	16,91	0,24	72,50	78,33	75,39	226,22
9. 2,5- 7,0- 10,4	0,14	0,91	19,91	0,24	119,50	127,50	77,18	324,18
10. 10,0- 1,0- 1,5	4,02	7,38	12,49	6,71	136,00	20,83	20,00	176,83
11. 10,0- 4,0- 1,5	1,82	9,40	15,49	6,71	201,50	60,00	5,90	267,40
12. 10,0- 7,0- 1,5	1,17	11,41	18,49	6,71	176,00	86,67	7,44	270,11
13. 10,0- 1,0- 6,0	1,43	1,83	17,00	1,66	137,50	14,17	51,79	203,46
14. 10,0- 4,0- 6,0	1,00	2,33	20,00	1,66	183,50	56,67	34,62	274,90
15. 10,0- 7,0- 6,0	0,77	2,83	23,00	1,66	193,50	100,00	22,05	315,55
16. 10,0- 1,0- 10,4	0,88	1,06	21,41	0,96	130,00	15,00	48,97	193,97
17. 10,0- 4,0- 10,4	0,69	1,34	24,41	0,96	242,00	61,67	50,51	354,18
18. 10,0- 7,0- 10,4	0,57	1,63	27,41	0,96	313,50	82,50	39,74	435,74
19. 17,5- 1,0- 1,5	7,02	12,41	19,99	11,74	265,50	41,67	9,23	316,40
20. 17,5- 4,0- 1,5	3,19	14,43	22,99	11,74	308,00	83,33	9,23	400,56
21. 17,5- 7,0- 1,5	2,06	16,44	25,99	11,74	267,50	118,33	8,46	394,29
22. 17,5- 1,0- 6,0	2,50	3,08	24,50	2,91	257,00	40,83	55,90	353,73
23. 17,5- 4,0- 6,0	1,75	3,58	27,50	2,91	297,00	91,67	34,87	423,54
24. 17,5- 7,0- 6,0	1,35	4,08	30,50	2,91	245,00	120,00	28,97	393,97
25. 17,5- 1,0- 10,4	1,53	1,78	28,91	1,68	291,50	36,67	64,36	392,53
26. 17,5- 4,0- 10,4	1,21	2,07	31,91	1,68	211,50	114,17	45,90	371,57
27. 17,5- 7,0- 10,4	1,01	2,35	34,91	1,68	210,00	123,33	47,18	380,51

* Concentração de Ca, Mg e K, emg/l na solução nutritiva

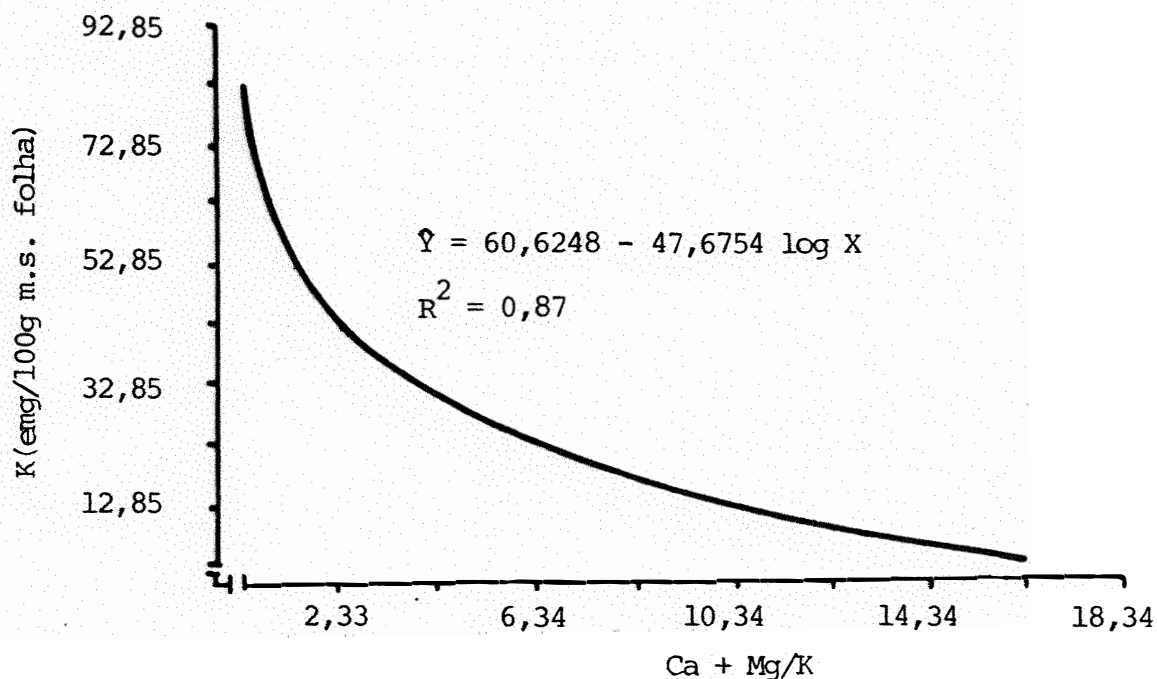


Fig. 15 . Curva e equação de regressão do teor de K (\hat{Y}) nas folhas de tomateiro, em função da relação Ca + Mg/K (X) na solução nutritiva.

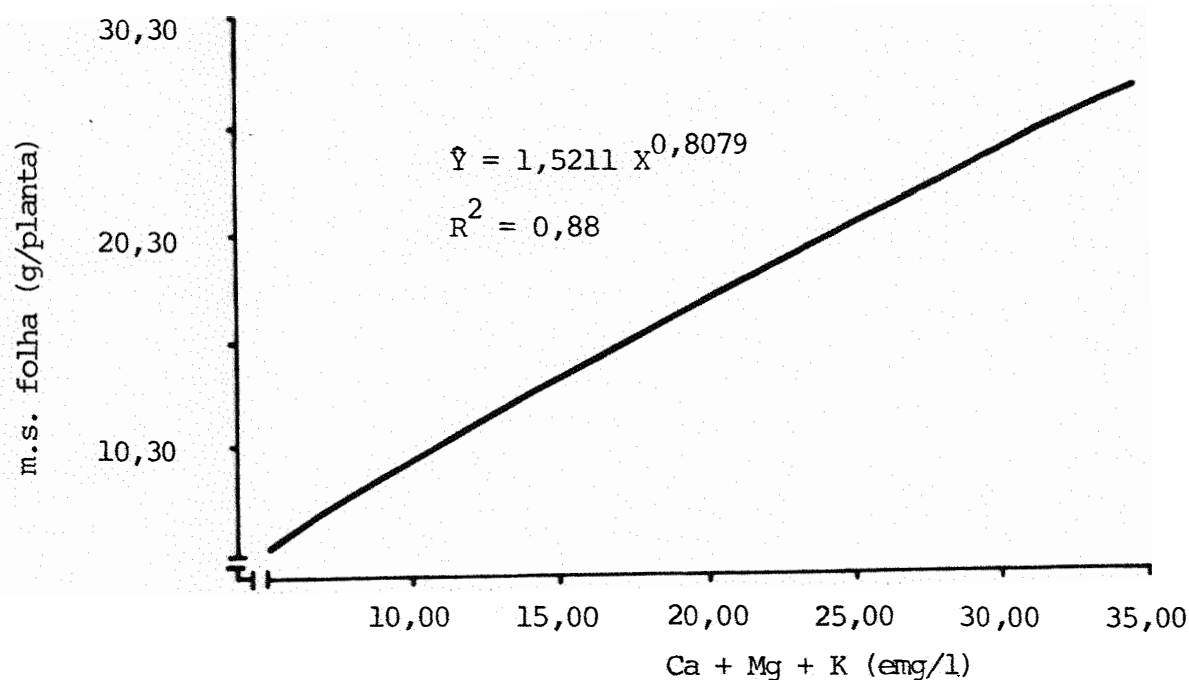


Fig. 16 . Curva e equação de regressão da matéria seca (\hat{Y}) de folha de tomateiro, em função da soma de cátions Ca, Mg e K (X) na solução nutritiva.

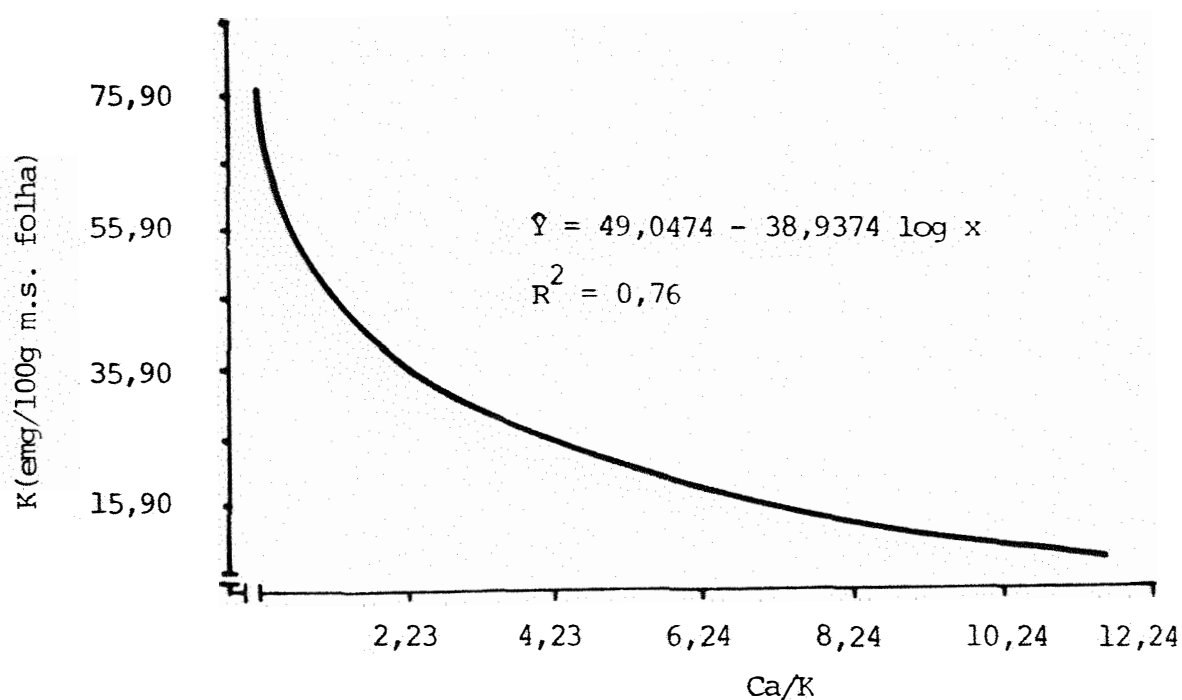


Fig. 17. Curva e equação de regressão do teor de K (\hat{Y}) nas folhas de tomateiro em função da relação Ca/K (X) na solução nutritiva.

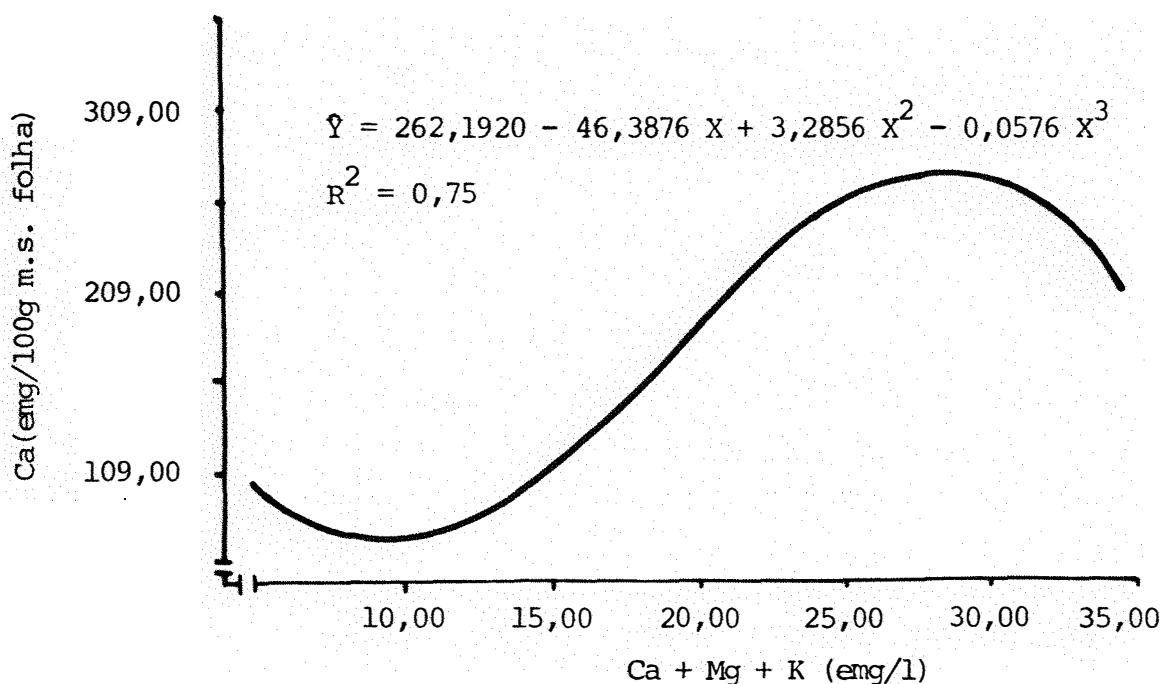


Fig. 18. Curva e equação de regressão do teor de cálcio (\hat{Y}) nas folhas de tomateiro em função da soma de cátions Ca, Mg e K (X) na solução nutritiva.

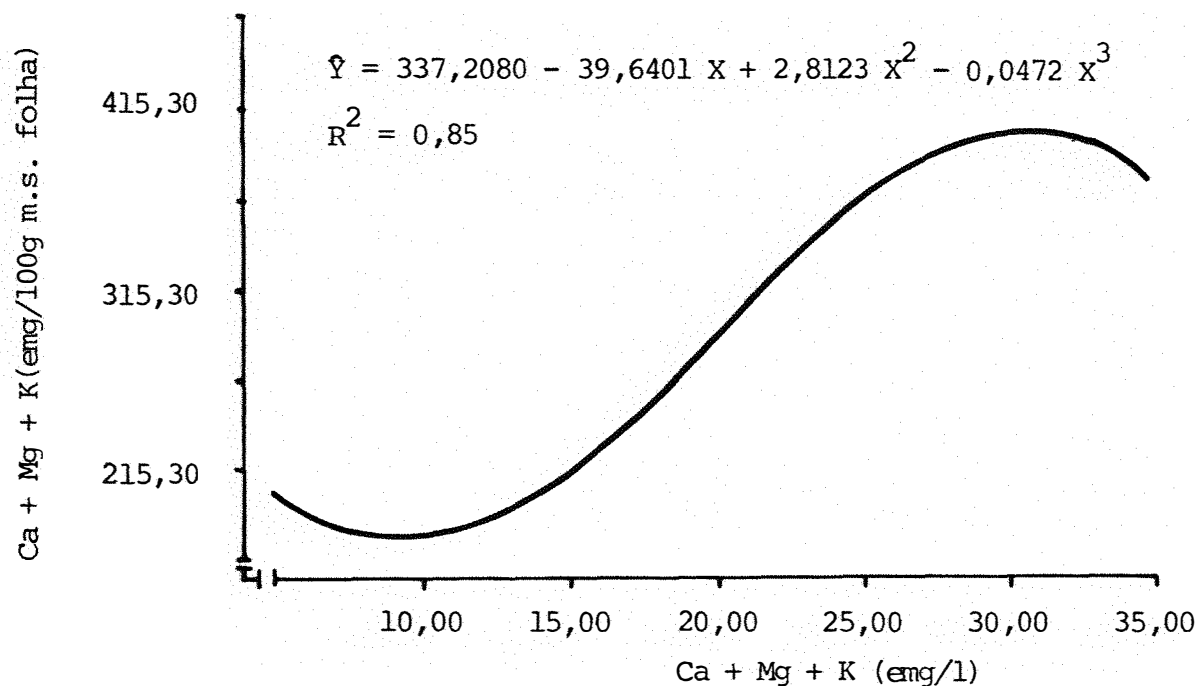


Fig. 19. Curva e equação de regressão da soma de cátions Ca, Mg e K (\hat{Y}) nas folhas de tomateiro, em função da soma de cátions Ca, Mg e K (X) na solução nutritiva.

4.4. Fruto

4.4.1. Produção de frutos

Algumas características da produção de frutos de tomateiro em função das variações nas concentrações catiônicas na solução nutritiva encontram-se nas tabelas 23, 24 e 25.

O peso do material fresco total, número de frutos comerciais e peso fresco de frutos comerciais responderam positivamente ao aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva, principalmente quando passou de 50 para 200 ppm. As letras do Teste Tukey dessas três variáveis, são praticamente idênticas em função dos tratamentos, significando que houve uma correlação entre elas. Quando as concentrações de cálcio e potássio na solução nutritiva coincidiram de ser a menor dose - 50 e 58 ppm, respectivamente - a produção de frutos comerciais foi zero, e nota-se que nesses tratamentos, o número total de frutos foram reduzidos, e, o número de cachos foi afetado. Portanto, baixas concentrações de cálcio e potássio, influenciaram no pegamento de frutos e no seu desenvolvimento. Nesses tratamentos observou-se grande quantidade de sépalas sem a formação de frutos. Em todos os tratamentos em que a dose de cálcio era deficiente - 50 ppm - houve incidência de podridão apical; com 200 ou 350 ppm de cálcio na solução nutritiva, o número de frutos com podridão apical era insignificante. MAYNARD et alii (1957) constataram que houve uma resposta direta do nível de cálcio do solo sobre a incidência de podridão apical, sendo que no nível mais baixo, praticamente todos os frutos estavam com podridão apical, e nenhum na maior concentração; na concentração intermediária de cálcio foi possível notar uma pequena diferença de susceptibilidade entre as cultivares, onde apresentaram 0,9; 46,9 e 26,3% de podridão apical, respectivamente para as cultivares "Doublerich", "Step 158" e "Rutgers". Provavelmente a incidência desse distúrbio nos frutos com plantas sob baixo nível de nutrição cálcica não foi mais severo por ter predominado baixas temperaturas durante a fase de desenvolvimento dos frutos, com isso diminuindo a taxa de crescimento dos mesmos. WESTERHOUT (1962) apontou a taxa de crescimento da planta e dos frutos como a principal causa do apare-

cimento de podridão apical nos tomateiros; os frutos com crescimento lento, mesmo com o sintoma evidente de falta de cálcio na planta, não apresentaram podridão apical e nas plantas vigorosas, ocorreu de 7 a 10 dias após a antese. CASTRO (1978) estudou em condições de casa de vegetação a influência de diversos reguladores de crescimento de plantas e verificou que o SADH (ácido succínico-2, 2-dimetilhidrazida) reduziu a incidência de podridão apical porque reduziu a taxa de crescimento do tomateiro, diminuiu a transpiração foliar e aumentou o teor de cálcio nos frutos; já a aplicação de IAA reduziu a incidência de podridão apical porque manteve um alto potencial osmótico foliar devido a redução da translocação foliar.

Os efeitos das doses de magnésio da solução nutritiva nas diversas características da produção de frutos de tomateiro não foram muito consistentes (tabela 24). O parâmetro "peso do material fresco de frutos comerciais" não foi influenciado pelo magnésio nas situações em que a concentração de cálcio era 350 ppm, e nas menores doses de cálcio, houve efeitos isolados. No desdobramento de graus de liberdade denominado "níveis de magnésio dentro de cálcio" com 50 ppm e potássio com 234 ou 410 ppm, foi claro o efeito do magnésio em aumentar a incidência de frutos com podridão apical. Esses dados (tabela 24) mostraram com clareza o efeito antagônico entre cátions da solução do solo, pois, quando o potássio era 58 ppm e cálcio 50 ppm, o aumento de magnésio não provocou incremento de incidência de podridão apical. No entanto, quando se confronta essa evolução do número de frutos com podridão apical nos tratamentos com menor dose de cálcio e potássio com 234 ou 410 ppm em função das doses de magnésio versus teor de cálcio nos frutos (tabela 24) conclui-se que esse aumento de magnésio não ocasionou diminuição significativa de cálcio nos frutos.

O peso do material fresco total, número de frutos comerciais e peso do material fresco de frutos comerciais tiveram idênticas respostas ao aumento da concentração de potássio na solução nutritiva (tabela 25). Isto significa que quando houve aumento da produção de peso do material fresco total devido à maior dose de potássio, isso aconteceu com o número de frutos comerciais e também com o peso do material fresco de frutos comerciais. Esses parâmetros responderam às três doses de potássio quando as concentrações de outros cátions eram baixos, mas à medida que estes aumen-

taram, persistiu somente o efeito da primeira para a segunda dose de potássio - 58 para 234 ppm - e esse comportamento faz pensar que quando o cálcio ou magnésio são deficientes, de certa forma o potássio substitui, aumentando a produtividade. SAXENA et alii (1975) em experimento com tomateiro para avaliar os efeitos de níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, durante a estação chuvosa de verão e a estação chuvosa de inverno, verificaram que embora não houvesse efeito de doses de potássio sobre o tamanho dos frutos, a produção aumentou na maior dose de potássio em ambas as estações. BESFORD e MAW (1975) também observaram respostas a potássio, em que obtiveram a máxima produção de frutos de tomateiro das cultivares "Amberley Cross" e "Moneymaker" cultivadas em areia que receberam 5,03 ou 10,23 mg K/l. Os dados referentes a número de frutos com podridão apical em função das doses de potássio não permitiram tirar nenhuma relação destas com aqueles, portanto, uma das hipóteses do trabalho de que a diminuição de cálcio nos frutos, provocada pelo efeito antagônico do potássio, não ocorreu no presente caso. O número total de frutos aumentou significativamente quando a concentração de potássio na solução nutritiva passou de 58 para 234 ppm, mas não teve diferença estatística entre as doses 234 e 410 ppm. Com os dados obtidos para o número de cachos por planta, não permite nenhum argumento para explicar o efeito do potássio sobre esse parâmetro (tabela 25).

O peso do material seco de frutos em função das diversas concentrações catiônicas se comportou da mesma forma que o parâmetro peso do material fresco total (tabelas 26, 27 e 28). A análise de variância de regressão apontou a existência de significância para os três fatores estudados (tabela 29). Esse efeito significativo encontra-se ilustrado na forma de superfície de resposta - figura 20 - onde pode-se perceber o aumento de produtividade de matéria seca de frutos com o aumento da concentração de potássio e cálcio da solução nutritiva nas três doses estudadas. Já o efeito do magnésio foi significativo somente da primeira para a segunda dose - 12 para 48 ppm - conforme certifica o Teste Tukey a 1% de probabilidade (tabela 27) e onde as concentrações de cálcio e potássio eram as máximas - 350 e 410 ppm respectivamente - a concentração de 12 ppm de magnésio garantiu as produções estatisticamente semelhantes daqueles produzidos com

com 48 ou 84 ppm.

Na ocasião da colheita, cada fruto foi cortado longitudinalmente para verificar presença ou não de "coração preto", porém, de todos os frutos examinados foram encontrados somente dois frutos com esse distúrbio. Portanto, aquela hipótese de trabalho em que atribuía o "coração preto" como sendo uma espécie de podridão apical em menor grau de severidade não foi verificado, inclusive um dos objetivos do trabalho com diferentes combinações de concentrações catiônicas foi a de fornecer deficiência de cálcio em diferentes graus de intensidade. Provavelmente, isso ocorreu porque a taxa de crescimento durante o ciclo foi muito lento devido às baixas temperaturas terem predominado nesse período.

4.4.2. Nitrogênio

Os efeitos das combinações de diferentes concentrações de cálcio, magnésio e potássio da solução nutritiva no teor de nitrogênio dos frutos de tomateiro encontram-se nas tabelas 26, 27 e 28.

O Teste Tukey aplicado às médias do teor de nitrogênio em função dos tratamentos nos diversos desdobramentos de graus de liberdade indicou praticamente nenhuma influência das concentrações catiônicas no teor de nitrogênio nos frutos. Somente o aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva causou diminuição de nitrogênio nos frutos em alguns casos isolados, sem mostrar uma tendência. O teor médio de nitrogênio nos frutos foi de 2,76%. Como o aumento da concentração de cátions na solução nutritiva estudados influiu aumentando, na maioria das situações, a produção de matéria seca de frutos, significa que esse aumento de cátions incrementou significativamente a acumulação de nitrogênio nos frutos. DECHEN (1980) constatou uma diminuição do teor de nitrogênio nos frutos devido o incremento da concentração de cálcio na solução nutritiva, em tomateiro linhagens SAMANO e KADA, com teores variando entre 2,97% e 3,80%.

4.4.3. Fósforo

O efeito das doses de cálcio no teor de fósforo de frutos de tomate não seguiu uma tendência, porém, na maioria dos tratamentos em que a concentração de cálcio na solução nutritiva era 50 ppm, o teor de fósforo era superior em relação às outras doses (tabela 26). A interpretação torna-se difícil para os teores de fósforo nos frutos obtidos com cálcio na solução nutritiva de 200 ou 350 ppm; em algumas combinações, o aumento de cálcio na solução nutritiva de 50 para 200 ppm ocasionou uma diminuição de fósforo e novamente aumentou com o incremento de cálcio de 200 para 350 ppm, já em outras situações, o teor de fósforo nos frutos não foi influenciado quando passou de 200 para 350 ppm.

O efeito do magnésio da solução nutritiva no teor de fósforo nos frutos de tomateiro foi insignificante na maioria das combinações estudadas, com exceção dos tratamentos em que as doses de cálcio e potássio eram máximas, onde o incremento de magnésio da solução nutritiva diminuiu significativamente o teor de fósforo nos frutos, e no entanto, a produção de matéria seca de frutos em função da dose de magnésio não apresentaram diferenças significativas, significando que não houve efeito de diluição, com isso, contrariando o efeito sinérgico do magnésio sobre o fósforo.

As médias dos teores de fósforo nos frutos, obtidas de todos os tratamentos para cada dose de potássio na solução nutritiva indicou uma diminuição significativa do mesmo devido à maior disponibilidade de potássio no substrato (tabela 28). Quando estudou-se o efeito do potássio da solução nutritiva no teor do fósforo de frutos, conforme, possíveis desdobramentos do grau de liberdade, a maioria deles seguiu a tendência acima comentada, mas não é possível afirmar que houve somente efeito de diluição, pois essa diminuição muitas vezes não veio acompanhada do aumento de matéria seca de frutos.

4.4.4. Potássio

A influência do cálcio da solução nutritiva no teor de potássio dos frutos de tomateiro foi distinta em função da concentração de po-

tássio da solução nutritiva (tabela 26). Analisando as médias do teor de potássio nos frutos em função das doses crescentes de cálcio na solução nutritiva percebe-se a diminuição da concentração do mesmo, principalmente quando o cálcio da solução passa de 50 para 200 e a concentração de potássio era 58 ppm, e para os tratamentos onde a disponibilidade de potássio era maior, em vez de efeito antagônico do cálcio na absorção de potássio, ocorreu um efeito sinérgico, aumentando a concentração de potássio nos frutos quando a concentração de cálcio passou de 200 para 350 ppm.

Quando se analisa o teor de potássio nos frutos de tomateiro em função da concentração de magnésio na solução nutritiva, nota-se que não houve nenhuma influência, e, este fato pode ser certificado através do teste de comparação de médias constante na tabela 27 ou na falta de significância para X^2 com $p = 0,9976$ conforme demonstra a análise de variância de regressão, detalhada na tabela 30.

Essa mesma análise de variância de regressão acima comentada indicou ter significância para o fator potássio da solução nutritiva no teor do mesmo nos frutos, e esse efeito pode ser visualizado na sua respectiva superfície de resposta (figura 21). O detalhe desse efeito pode ser melhor entendido através do Teste Tukey aplicado às médias do teor de potássio em função dos tratamentos (tabela 26). Ela mostra com muita clareza que nos tratamentos onde a concentração de cálcio na solução nutritiva era 50 ppm, não houve efeito do potássio da solução no teor deste nos frutos, mas nas combinações em que o cálcio da solução era 200 ou 350 ppm, a medida que aumentou o potássio da solução, incrementou o teor desse elemento nos frutos. Essa ausência de resposta a potássio nos tratamentos com baixa concentração de cálcio na solução nutritiva, pode ser, devido aos danos causados no sistema radicular em função da deficiência de cálcio. Durante a colheita foi possível perceber um enegrecimento acentuado das raízes nos vasos que receberam somente 50 ppm de solução nutritiva. BEESON et alii (1944) detectaram em tomateiro da cultivar "Bonny Best" que o aumento da concentração de potássio na solução nutritiva provocou o aumento do mesmo nos frutos. BESFORD e MAW (1975) avaliaram os efeitos de doses crescentes de potássio na solução nutritiva - 0,53 a 10,23 mg de potássio por litro de solução - no tomateiro das cultivares "Amberley Cross" e

"Moneymaker" e obtiveram concentrações de potássio 10 vezes superiores ao de frutos de plantas desenvolvidos com concentração de potássio superior a 5,03 emg/l de solução.

O teor de potássio nos frutos foi correlacionado também com algumas relações catiônicas da solução nutritiva, com o objetivo de estudar não somente o efeito isolado dos cátions, mas também para avaliar os efeitos das relações que possam existir entre si no processo de absorção iônica. No caso do teor de potássio nos frutos, as relações $Ca + Mg/K$ e Ca/K , apresentaram tendência a ter uma correlação negativa, isto é, à medida que estas relações aumentaram, o teor de potássio nos frutos, expressos em emg/100 g de matéria seca de frutos, diminuíram. O modelo que foi escolhido para correlacionar a relação $Ca + Mg/k$ com o teor de potássio nos frutos foi o hiperbólico 2 com R^2 de 0,68 (figura 27); já para a segunda relação acima mencionada foi ajustada uma equação do terceiro grau, coincidentemente com R^2 também de 0,68 (figura 29). Em função de apresentar um coeficiente de determinação muito baixo, para ambas as equações, somente serve para reforçar a tendência de que em termos de absorção catiônica, é importante também a sua disponibilidade relativa na solução nutritiva, no caso em questão, o aumento dessas relações estudadas, ocasionaram uma diminuição do teor de potássio nos frutos.

O método de Cate e Nelson (figura 22) indicou o teor crítico de potássio nos frutos de tomateiro em 2,80%. Confrontando esse teor crítico com os teores de potássio nos frutos obtidos em função dos tratamentos (tabela 28), pode-se dizer em linhas gerais que, com 234 ppm de potássio na solução foi suficiente para obter no mínimo o nível crítico de potássio nos frutos. RALEIGH e CHUCKA (1944) obtiveram teor de 4,31% de potássio nos frutos de tomateiro da cultivar "Marglobe" com 200 ppm de potássio na solução nutritiva.

O cátion potássio participou em média com 80% do total de cátions acumulados nos frutos (tabela 33). BESFORD e MAW (1975) também verificaram que o potássio constitui 86 a 90% do total de cátions nos frutos de tomate, e, portanto, desempenha um importante papel na neutrali-

zação de ácidos presentes; notou ainda que a concentração de ácidos é duas vezes maior nos tecidos da região locular do que nos tecidos do pericarpo, sendo que, acima de 64% do total de potássio nos frutos está localizado no pericarpo, e esta distribuição confere uma maior acidez na região locular.

4.4.5. Cálcio

O teor de cálcio nos frutos de tomateiro em função dos tratamentos encontram-se nas tabelas 26, 27 e 28.

As influências dos tratamentos no teor de cálcio nos frutos de tomateiro foram avaliadas pelo Teste Tukey a 1% de probabilidade para cada um dos possíveis desdobramentos e também com o auxílio do método de superfície de resposta (tabela 31 e figura 23). Praticamente o único fator da solução que influenciou o teor de cálcio nos frutos com uma certa tendência foi o cálcio. Porém, inclusive este, apresentou efeitos variáveis em alguns desdobramentos dos graus de liberdade estudados. DECHEN (1980) também notou que a concentração de cálcio na solução nutritiva não afeta a concentração desse elemento nos frutos de tomate da variedade Santa Cruz. Os resultados do teor de cálcio nos frutos são difíceis de serem interpretados, pois inúmeros fatores interferem na sua absorção e transferência para os frutos, e no presente estudo, foram analisados o teor médio de cálcio nos frutos formados ao longo do seu estágio de desenvolvimento, e este amplia ainda mais a probabilidade de ter entrado em contato com maior número de fatores externos não controláveis.

O teor médio de cálcio nos frutos entre todos os tratamentos foi de 0,10%, portanto muito baixo, comparado ao teor nas folhas que foi de 3,57%. Estes dados demonstram que muito pouco cálcio movimentou, das folhas aos frutos, juntamente com fotossintetados via floema, e daí a dificuldade dos frutos em obter este elemento, para o seu normal desenvolvimento, e também a facilidade de apresentar deficiência quando submetidos a algum estresse. SPURR (1959) realizou amplo estudo sobre po-

podridão apical com tomateiro cultivar "San Manzano" e notou que os frutos tinham baixo conteúdo de cálcio; comentou os seus resultados confrontado com as informações da literatura concluindo que as folhas maduras possuem altas concentrações de cálcio e os frutos jovens baixas concentrações de cálcio no fruto e que o cálcio existente na porção madura da planta não é disponível para as partes em crescimento, consequentemente, os primeiros sintomas de deficiência de cálcio ocorrem nas extremidades em crescimento da planta, e neste estudo o autor verificou que a parte apical do fruto jovem em alongação era baixo o teor de cálcio. LONERAGAN e SNOWBALL (1969) afirmaram que a deficiência de cálcio se restringe a certas partes da planta, em particular ao meristema de crescimento a frutos e aos órgãos de reserva com alto conteúdo de água, e mesmo quando a planta é adequadamente suprida com cálcio, estes órgãos possuem baixo conteúdo de cálcio em comparação com as folhas; o aparecimento desta deficiência em certas partes da planta, mesmo quando em outras partes o conteúdo de cálcio é alto, indica que as plantas superiores não são capazes de regular esta distribuição e isto pode ser demonstrado transferindo plantas de um substrato bem suprido com cálcio para outro sem e a deficiência é observada em tecidos novos em desenvolvimento. EVANS e TROXLER (1953) enunciaram que os frutos de tomate obtidos no experimento em casa de vegetação que exibiam sintomas iniciais de podridão apical continham menor concentração de cálcio quando comparados com os frutos normais - 0,07 e 0,09% de cálcio, respectivamente - e sugeriram que os ácidos orgânicos, tais como o citrato ou oxalato podem ser a causa da imobilização de cálcio dentro da planta, o citrato agindo como agente quelante, enquanto o oxalato precipitando-o nos caules antes de atingir os frutos, e esse mecanismo pode ser a causa do pouco cálcio nos frutos. SHEAR (1975) em sua revisão bastante abrangente sobre a nutrição cálcica e a qualidade dos frutos comenta que a disponibilidade de cálcio para as raízes e condições favoráveis para sua translocação aos frutos são de máxima importância durante o estágio inicial do seu desenvolvimento, e em relação à nutrição nitrogenada, o autor cita trabalhos que mostram que, independente da fonte, o nitrogênio desempenha importante papel na nutrição cálcica, e a adubação nitrogenada, durante o período inicial de desenvolvimento dos frutos, age reduzindo a

concentração de cálcio do fruto de várias maneiras; por exemplo, estimulando o crescimento de ramos e fornecendo um desvio preferencial de cálcio, portanto, retirando o cálcio que iria para o fruto. GERARD e HIPPEL (1968) observaram que as altas transpirações diminuí o movimento de cálcio para os frutos; em contraste, baixa transpiração aumentou o fluxo, e estes dados sugerem que as folhas, direta ou indiretamente, desviam o movimento de água e cálcio que caminha pelo xilema. WIERSUM (1966) demonstrou que durante períodos de rápido crescimento ou reduzida transpiração dos frutos, o fornecimento de cálcio para os mesmos em plantas de tomate pode ser limitado, e afirmou que o mesmo acontece quando do maior desenvolvimento das plantas devido ao aumento da competição pela água disponível, e isto reduziria a quantidade de fluxo do xilema para os frutos e acentuaria a deficiência de cálcio.

A variação do teor de cálcio nos frutos em função das diversas combinações de concentrações catiônicas na solução nutritiva foi de 0,01% a 0,26%, e as maiores concentrações foram encontradas nos tratamentos com concentrações altas de cálcio, e a influência dos cátions magnésio e potássio na translocação desse elemento para os frutos não foi detectada. Com os teores de cálcio nos frutos obtidos nos diversos tratamentos, adotando a metodologia preconizada por CATE e NELSON (1965), chegou-se a nível crítico de 0,104% de cálcio no fruto (figura 24). RALEIGH e CHUCKA (1944) analisaram o teor de cálcio nos frutos de tomateiro variedade "Marglobe" e concluíram que os frutos com porcentagem menor do que 0,20% de cálcio, geralmente, a podridão apical estava presente. RALEIGH e CHUCKA (1944) propuseram 0,20% de cálcio como o teor crítico nos frutos de tomateiro, portanto, muito superior ao nível crítico encontrado neste ensaio. GERARD e HIPPEL (1968) mostraram que os frutos, especialmente a parte apical, continham baixos teores de cálcio - 0,03 a 0,15% - e alto teor de potássio e conseqüentemente uma alta relação K/Ca (13 a 60/1). MILIKAN et alii (1971) constataram que a relação Mg/K e K/Ca de frutos de plantas de tomateiro cultivadas em solução com baixa concentração de cálcio (40 ppm) foi maior do que em frutos de plantas cultivadas com concentrações consideradas normais e as duas relações foram também maiores na parte apical do que na parte

basal do fruto; a incidência de podridão apical não foi associada com a relação Mg/Ca, mas sim com o aumento da relação K/Ca da parte basal de frutos com baixo nível de cálcio e da parte apical do fruto em nível normal de cálcio. Os autores concluíram que a necessidade específica para manter o crescimento adequado de frutos de tomateiro não é conhecida, mas ela é menor e independente do nível de cálcio total presente nos tecidos; os resultados desse trabalho mostraram que o cálcio total variou com o suprimento deste no substrato, e também decresceu do cacho mais velho para o mais jovem da planta, porém os frutos com menor concentração não foram necessariamente afetados pela podridão apical. WARD (1973) sugeriu o nível de cálcio nos frutos normais ao redor de 0,08% e aqueles com podridão apical de 0,02 a 0,08%. CERDA et alii (1979) verificaram que a concentração de cálcio de frutos normais maduros variou de 0,039 - 0,076%, comparado com 0,028 - 0,043% para frutos com podridão apical. Esses dados de literatura, e também os obtidos no presente experimento mostraram que realmente os frutos de tomate possuem baixíssimos teores de cálcio, e com isso explica a facilidade de aparecimento de sintomas de deficiência nos frutos mesmo com condição mínima de estresse.

Na tentativa de encontrar alguma correlação entre os tratamentos e o teor de cálcio nos frutos, procurou-se efetuar estudos de correlação entre algumas relações catiônicas da solução nutritiva e o teor de cálcio nos frutos de tomateiro, porém, nenhuma delas apresentou significância para os 12 modelos matemáticos testados (tabela 5 e 33) com isso mostrando que os fatores que influenciam o teor de cálcio nos frutos são bastante complexos.

Não foi possível determinar estatisticamente a faixa do teor de cálcio nos frutos acima da qual não ocorre incidência de podridão apical, devido os dados de número de frutos com podridão apical não apresentarem distribuição normal, porém, comparando as tabelas 23 e 26, é possível dizer que praticamente não houve incidência da anomalia com teores de cálcio superiores a 0,104% - nível crítico. CASTRO (1978) observou que as plantas com frutos apresentando a anomalia mostra-

ram teores mais baixos de cálcio nos frutos e folhas, sendo que os frutos com anomalia continham 0,06% de cálcio e os sadios 0,10%, portanto concorda com observações feitas acima.

4.4.6. Magnésio

Os teores de magnésio nos frutos de tomateiro em função das doses de cálcio, magnésio e potássio encontram-se nas tabelas 26, 27 e 28.

Observando o teor de magnésio nos frutos nas diversas doses de cálcio na solução nutritiva, verifica-se que os menores valores foram obtidos com 200 ppm de concentração de cálcio, sendo que praticamente nessa dose intermediária, foi o ponto de mínimo (tabela 26 e figura 25). Esse comportamento do teor de magnésio em função de cálcio nos frututos ocorreu também nos caules e folhas, e os dados de matéria seca de cada um dos órgãos comprovam que não se trata de efeito de diluição e não foi encontrada nenhuma explicação na literatura para este tipo de comportamento.

O aumento da concentração de magnésio na solução nutritiva incrementou significativamente o teor deste elemento nos frutos de tomateiro, conforme demonstrou o Teste Tukey (tabela 27) e é ilustrada pela superfície de resposta (figura 25). Esse tipo de resposta é típico de elementos facilmente translocáveis pelo floema.

A análise de variância de regressão indicou alta significância para o fator X_3 (potássio) da solução nutritiva em relação ao magnésio nos frutos (tabela 32) e os dados mostram que o aumento da dose de potássio favoreceu o transporte e por consequência incrementou o teor de magnésio nos frutos. À primeira vista, espera-se um efeito antagônico do potássio sobre o magnésio, porém, neste caso como se trata provavelmente de transferência de um elemento, e como uma das funções do potássio é de facilitar o fluxo de fotossintetatos, principalmente para os órgãos de reserva, esse maior fluxo pelo floema poderia ter faci-

litado também o fluxo de magnésio para esses órgãos. VIRO e HAEDER (1971) relataram que em plantas de tomate restritas a um cacho de 5 frutos e com o fornecimento de alta concentração de potássio, a proporção de carbono fixado nas folhas e caules translocado para frutos e raízes durante o período de 18 horas foi praticamente o dobro em comparação com baixo nível de potássio; porém quando nenhuma restrição do número de cachos ou de frutos por cacho foi feita, a acumulação de potássio correlacionou com o aumento da matéria seca dos frutos. Apesar disso, o teor médio de magnésio nos frutos foi de somente 0,15%, portanto muito baixo, comparado a 0,39% nos caules e 0,84% nos folhas. Uma das causas da baixa concentração de cálcio e magnésio nos frutos apontada pela literatura é devido à pequena taxa de transpiração pelos frutos de tomate, que apresentam uma película praticamente impermeável à troca gasosa. RALEIGH e CHUCKA (1944) encontraram 0,26% de magnésio nos frutos em tomateiro cultivado com 100 ppm de magnésio na solução nutritiva.

Empregando também o método de CATE E NELSON, 1965) determinou-se o nível crítico de magnésio nos frutos que foi de 0,14%. Pela disposição dos pontos no gráfico, pode-se dizer que houve uma boa correlação (figura 26) entre o teor de magnésio nos frutos e sua produção, e isso significa que o teor de magnésio nos frutos foi um parâmetro confiável para expressar o estado nutricional de magnésio dentro das condições experimentais empregadas.

4.4.7. Enxofre

Os teores de enxofre nos frutos de tomateiro em função dos tratamentos encontram-se nas tabelas 26, 27 e 28. As diferentes concentrações de cátions na solução nutritiva não promoveu grande influência no teor de enxofre nos frutos de tomateiro. O cálcio e o potássio da solução, em alguns desdobramentos, influenciaram no teor de enxofre, porém essa variação não foi consistente. Neste experimento, a concentração de enxofre na solução foi de 64 ppm para todos os tratamentos, e como este elemento é absorvido na forma aniônica, juntamente com o nitro-

gênio e o fósforo, justifica a pouca influência da concentração catiônica na sua absorção. O teor médio de enxofre nos frutos foi de 0,26%.

Tabela 23. Algumas características da produção de frutos de tomateiro em função dos níveis de Ca dentro de Mg ou K

Interações	Níveis		Variáveis				
	de Ca (ppm)	Peso do material fresco total (5)	Nº total frutos	Nº cachos	Nº frutos comerciais	Peso do material fresco de frutos comerciais (5)	Nº frutos com P.A. (4)
Ca	50	573,76 c (2)	17,69 c	8,29 b	9,44 c	419,29 c	3,73 (3)
	200	1090,21 b	25,00 b	9,20 ab	20,13 b	1015,49 b	0,13
	350	1324,53 a	31,56 a	10,60 a	25,27 a	1239,20 a	0,04
Ca(Mg12) (1)	50	363,26 c	12,47 b	6,40 b	6,20 c	252,33 c	1,67
	200	727,47 b	15,87 b	7,00 b	11,80 b	663,75 b	0,20
	350	1205,58 a	27,13 a	9,93 a	23,60 a	1144,59 a	0,00
Ca(Mg48)	50	509,88 b	16,60 b	7,73 b	7,60 b	355,07 b	4,13
	200	1249,41 a	28,87 a	9,87 ab	24,40 a	1184,27 a	0,00
	350	1392,12 a	34,33 a	10,93 a	26,73 a	1290,29 a	0,07
Ca(Mg84)	50	848,14 b	24,00 b	10,73 a	14,53 b	650,46 b	5,40
	200	1293,77 a	30,27 ab	10,73 a	24,20 a	1198,44 a	0,20
	350	1375,88 a	33,20 a	10,93 a	25,47 a	1282,74 a	0,07
Ca(K58)	50	118,61 c	5,87 c	8,27 a	0,00 c	0,00 c	1,20
	200	684,06 b	16,93 b	5,73 b	12,27 b	609,57 b	0,13
	350	1065,81 a	25,73 a	8,87 a	18,87 a	955,11 a	0,07
Ca(K234)	50	600,07 c	18,53 b	6,33 b	9,33 c	430,12 c	5,40
	200	1299,19 b	32,33 a	11,13 a	24,33 b	1178,30 b	0,20
	350	1484,63 a	35,80 a	12,60 a	28,60 a	1399,44 a	0,00
Ca(K410)	50	1002,60 b	28,67 ab	10,27 a	19,00 c	827,74 b	4,60
	200	1287,39 a	25,73 b	10,73 a	23,80 b	1258,59 a	0,07
	350	1423,14 a	33,13 a	10,33 a	28,33 a	1363,06 a	0,07
Ca(Mg12.K58)	50	74,20 b	5,00 a	7,00 a	0,00 b	0,00 b	0,60
	200	299,78 b	9,60 a	3,40 a	3,40 b	194,26 b	0,00
	350	785,60 a	15,80 a	6,00 a	14,40 a	767,10 a	0,00
Ca(Mg12.K234)	50	299,34 c	10,00 b	3,60 b	4,00 c	192,52 c	0,60
	200	750,82 b	17,20 b	8,40 a	12,20 b	671,20 b	0,00
	350	1342,66 a	29,20 a	12,00 a	25,20 a	1247,70 a	0,00
Ca(Mg12.K410)	50	716,24 c	22,40 b	8,60 a	14,60 b	564,46 b	3,80
	200	1131,80 b	20,80 b	9,20 a	19,80 b	1125,80 a	0,00
	350	1488,48 a	36,40 a	11,80 a	31,20 a	1418,96 a	0,00
Ca(Mg48.K58)	50	116,90 c	5,40 b	8,00 a	0,00 b	0,00 b	1,60
	200	808,64 b	18,00 a	6,20 a	15,00 a	758,24 a	0,00
	350	1189,78 a	28,20 a	9,80 a	21,60 a	1060,62 a	0,20
Ca(Mg48.K234)	50	547,16 b	18,80 b	5,80 b	8,20 b	379,30 b	6,60
	200	1459,60 a	35,80 a	10,20 a	28,80 a	1361,87 a	0,00
	350	1592,48 a	41,60 a	13,00 a	30,60 a	1476,48 a	0,00
Ca(Mg48.K410)	50	865,58 b	25,60 a	9,40 a	14,60 b	685,92 b	4,20
	200	1479,98 a	32,80 a	13,20 a	29,40 a	1432,70 a	0,00
	350	1394,10 a	33,20 a	10,00 a	28,00 a	1333,76 a	0,00
Ca(Mg84.K58)	50	164,72 b	7,20 b	9,80 a	0,00 b	0,00 b	1,40
	200	943,76 a	23,20 a	7,60 a	18,40 a	876,20 a	0,40
	350	1222,04 a	33,20 a	10,80 a	20,60 a	1037,62 a	0,00
Ca(Mg84.K234)	50	953,72 b	26,80 b	9,60 b	15,80 b	718,54 b	9,00
	200	1687,14 a	44,00 a	14,80 a	32,00 a	1501,84 a	0,00
	350	1518,76 a	36,60 ab	12,80 ab	30,00 a	1474,14 a	0,00
Ca(Mg84.K410)	50	1425,98 a	38,00 a	12,80 a	27,80 a	1232,83 a	5,80
	200	1250,40 a	23,60 b	9,80 a	22,20 a	1217,28 a	0,20
	350	1386,84 a	29,80 ab	9,20 a	25,80 a	1336,45 a	0,20
C.V. (%)		15,32	24,71	24,31	21,03	18,45	---

(1) Níveis de Ca dentro do Mg com 12 ppm de concentração;

(2) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste Tukey;

(3) Não foi aplicado o teste Tukey, pois os dados não apresentam distribuição normal mesmo com transformações;

(4) P.A. = podridão apical;

(5) Em g/planta .

Tabela 24. Algumas características da produção de frutos de tomateiro em função dos níveis de Mg dentro de Ca ou K

Interações	Níveis		Variáveis				
	de Mg (ppm)	Peso do material fresco total (5)	Nº total frutos	Nº cachos	Nº frutos comerciais	Peso do material fresco de frutos comerciais (5)	Nº frutos com P.A. (4)
Mg	12	765,44 c (2)	18,49 b	7,78 b	13,87 b	686,89 b	0,62 (3)
	48	1050,47 b	26,60 a	9,51 a	19,58 a	943,21 a	1,40
	84	1172,60 a	29,16 a	10,80 a	21,40 a	1043,88 a	1,88
Mg(Ca50) (1)	12	363,26 b	12,47 b	6,40 b	6,20 b	252,83 b	1,67
	48	509,88 b	16,60 b	7,73 b	7,60 b	355,07 b	4,13
	84	848,14 a	24,00 a	10,73 a	14,53 a	650,46 a	5,40
Mg(Ca200)	12	727,47 b	15,87 b	7,00 b	11,80 b	663,75 b	0,20
	48	1249,41 a	28,87 a	9,87 a	24,40 a	1184,27 a	0,00
	84	1293,77 a	30,27 a	10,73 a	24,20 a	1198,44 a	0,20
Mg(Ca350)	12	1205,58 b	27,13 b	9,93 a	23,60 a	1144,59 a	0,00
	48	1392,12 a	34,33 a	10,93 a	26,73 a	1290,29 a	0,07
	84	1375,88 a	33,20 ab	10,93 a	25,47 a	1282,74 a	0,07
Mg(K58)	12	386,53 b	10,13 b	5,47 b	5,93 b	320,45 b	0,20
	48	705,11 a	17,20 a	8,00 a	12,20 a	606,29 a	0,60
	84	776,84 a	21,20 a	9,40 a	13,00 a	637,94 a	0,60
Mg(K234)	12	797,61 c	18,80 b	8,00 b	13,80 b	703,81 b	0,40
	48	1199,75 b	32,07 a	9,67 b	22,53 a	1072,55 a	2,20
	84	1386,54 a	35,80 a	12,40 a	25,93 a	1231,51 a	3,00
Mg(K410)	12	1112,17 b	26,53 a	9,87 a	21,87 a	1036,41 b	1,27
	48	1246,55 ab	30,53 a	10,87 a	24,00 a	1150,79 ab	1,40
	84	1354,41 a	30,47 a	10,60 a	25,27 a	1262,18 a	2,07
Mg(Ca50.K58)	12	74,20 a	5,00 a	7,00 a	0,00 a	0,00 a	0,60
	48	116,90 a	5,40 a	8,00 a	0,00 a	0,00 a	1,60
	84	164,72 a	7,20 a	9,80 a	0,00 a	0,00 a	1,40
Mg(Ca50.K234)	12	299,34 b	10,00 b	3,60 b	4,00 b	192,52 b	0,60
	48	547,16 b	18,80 ab	5,80 ab	8,20 b	379,30 b	6,60
	84	953,72 a	26,80 a	9,60 a	15,80 a	718,54 a	9,00
Mg(Ca50.K410)	12	716,24 b	22,40 b	8,60 a	14,60 b	564,46 b	3,80
	48	865,58 b	25,60 b	9,40 a	14,60 b	685,92 b	4,20
	84	1425,98 a	38,00 a	12,80 a	27,80 a	1232,83 a	5,80
Mg(Ca200.K58)	12	299,78 b	9,60 b	3,40 a	3,40 b	194,26 b	0,00
	48	808,64 a	18,00 ab	6,20 a	15,00 a	758,24 a	0,00
	84	943,76 a	23,20 a	7,60 a	18,40 a	876,20 a	0,40
Mg(Ca200.K234)	12	750,82 b	17,20 b	8,40 b	12,20 b	671,20 b	0,60
	48	1459,60 a	35,80 a	10,20 b	28,80 a	1361,87 a	0,00
	84	1687,14 a	44,00 a	14,80 a	32,00 a	1501,84 a	0,00
Mg(Ca200.K410)	12	1131,80 b	20,80 b	9,20 a	19,80 b	1125,80 a	0,00
	48	1479,98 a	32,80 a	13,20 a	29,40 a	1432,70 a	0,00
	84	1250,40 ab	23,60 ab	9,80 a	22,20 b	1217,28 a	0,20
Mg(Ca350.K58)	12	785,60 b	15,80 b	6,00 b	14,40 b	767,10 a	0,00
	48	1189,78 a	28,20 a	9,80 ab	21,60 a	1060,62 a	0,20
	84	1222,04 a	33,20 a	10,80 a	20,60 ab	1037,62 a	0,00
Mg(Ca350.K234)	12	1342,66 a	29,20 b	12,00 a	25,20 a	1247,70 a	0,00
	48	1592,48 a	41,60 a	13,00 a	30,60 a	1476,48 a	0,00
	84	1518,76 a	36,60 ab	12,80 a	30,00 a	1474,14 a	0,00
Mg(Ca350.K410)	12	1488,48 a	36,40 a	11,80 a	31,20 a	1418,96 a	0,00
	48	1394,10 a	33,20 a	10,00 a	28,00 a	1333,76 a	0,00
	84	1386,84 a	29,80 a	9,20 a	25,80 a	1336,45 a	0,20
C.V. (%)		15,32	24,71	24,31	21,03	18,45	---

(1) Níveis de Mg dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste Tukey;

(3) Não foi aplicado o Teste Tukey, pois os dados não apresentam distribuição normal mesmo com transformações;

(4) P.A. = podridão apical;

(5) Em g/planta.

Tabela 25. Algumas características da produção de frutos de tomateiro em função dos níveis de K dentro de Ca ou Mg

Interações	Níveis		Variáveis				
	de K (ppm)	Peso do material fresco total (5)	Nº total frutos	Nº cachos	Nº frutos comerciais	Peso do material fresco de frutos comerciais (5)	Nº frutos com P.A. (4)
K	58	622,82 c (2)	16,18 b	7,62 b	10,38 c	521,56 c	0,47 (3)
	234	1127,96 b	28,89 a	10,02 a	20,76 b	1002,62 b	1,87
	410	1237,71 a	29,18 a	10,44 a	23,71 a	1149,79 a	1,58
K(Ca50) (1)	58	118,61 c	5,87 c	8,26 ab	0,00 c	0,00 c	1,20
	234	600,07 b	18,53 b	6,33 b	9,33 b	430,12 b	5,40
	410	1002,60 a	28,67 a	10,27 a	19,00 a	827,74 a	4,60
K(Ca200)	58	684,06 b	16,93 b	5,73 b	12,27 b	609,57 b	0,13
	234	1299,19 a	32,33 a	11,13 a	24,33 a	1178,30 a	0,20
	410	1287,39 a	25,73 a	10,73 a	23,80 a	1258,59 a	0,07
K(Ca350)	58	1065,81 b	25,73 b	8,87 b	18,87 b	955,11 b	0,07
	234	1484,63 a	35,80 a	12,60 a	28,60 a	1399,44 a	0,00
	410	1423,14 a	33,13 a	10,33 ab	28,33 a	1363,06 a	0,07
K(Mg12)	58	386,53 c	10,13 c	5,47 b	5,93 c	320,45 c	0,20
	234	797,61 b	18,80 b	8,00 a	13,80 b	703,81 b	0,40
	410	1112,17 a	26,53 a	9,87 a	21,87 a	1036,41 a	1,27
K(Mg48)	58	705,11 b	17,20 b	8,00 b	12,20 b	606,29 b	0,60
	234	1199,75 a	32,07 a	9,67 ab	22,53 a	1072,55 a	2,20
	410	1246,55 a	30,53 a	10,87 a	24,00 a	1150,79 a	1,40
K(Mg84)	58	776,84 b	21,20 b	9,40 b	13,00 b	637,94 b	0,60
	234	1386,54 a	35,80 a	12,40 a	25,93 a	1231,51 a	3,00
	410	1354,41 a	30,47 a	10,60 ab	25,27 a	1262,18 a	2,07
K(Ca50.Mg12)	58	74,20 b	5,00 b	7,00 ab	0,00 b	0,00 b	0,60
	234	299,34 b	10,00 b	3,60 b	4,00 b	192,52 b	0,60
	410	716,24 a	22,40 a	8,60 a	14,60 a	564,46 a	3,80
K(Ca50.Mg48)	58	116,90 c	5,40 b	8,00 a	0,00 b	0,00 b	1,60
	234	547,16 b	18,80 a	5,80 a	8,20 a	379,30 a	6,60
	410	865,58 a	25,60 a	9,40 a	14,60 a	685,92 a	4,20
K(Ca50.Mg84)	58	164,72 c	7,20 b	9,80 a	0,00 c	0,00 c	1,40
	234	953,72 b	26,80 a	9,60 a	15,80 b	718,54 b	9,00
	410	1425,98 a	38,00 a	12,80 a	27,80 a	1232,83 a	5,80
K(Ca200.Mg12)	58	299,78 c	9,60 a	3,40 b	3,40 c	194,26 c	0,00
	234	750,82 b	17,20 a	8,40 a	12,20 b	671,20 b	0,60
	410	1131,80 a	20,80 a	9,20 a	19,80 a	1125,80 a	0,00
K(Ca200.Mg48)	58	808,64 b	18,00 b	6,20 b	15,00 b	758,24 b	0,00
	234	1459,60 a	35,80 a	10,20 ab	28,80 a	1361,87 a	0,00
	410	1479,98 a	32,80 a	13,20 a	29,40 a	1432,70 a	0,00
K(Ca200.Mg84)	58	943,76 c	23,20 b	7,60 b	18,40 b	876,20 b	0,40
	234	1687,14 a	44,00 a	14,80 a	32,00 a	1501,84 a	0,00
	410	1250,40 b	23,60 b	9,80 b	22,20 b	1217,28 a	0,20
K(Ca350.Mg12)	58	785,60 b	15,80 b	6,00 b	14,40 b	767,10 b	0,00
	234	1342,60 a	29,20 a	12,00 a	25,20 a	1247,70 a	0,00
	410	1488,48 a	36,40 a	11,80 a	31,20 a	1418,96 a	0,00
K(Ca350.Mg48)	58	1189,78 b	28,20 b	9,80 a	21,60 b	1060,62 b	0,20
	234	1592,48 a	41,60 a	13,00 a	30,60 a	1476,48 a	0,00
	410	1394,10 ab	33,20 ab	10,00 a	28,00 ab	1333,76 ab	0,00
K(Ca350.Mg84)	58	1222,04 b	33,20 a	10,80 a	20,60 b	1037,62 b	0,00
	234	1518,76 a	36,60 a	12,80 a	30,00 a	1474,14 a	0,00
	410	1386,84 ab	29,80 a	9,20 a	25,80 ab	1336,45 ab	0,20
C.V. (%)		15,32	24,71	24,31	21,03	18,45	---

(1) Níveis de K dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo Teste Tukey;

(3) Não foi aplicado o Teste Tukey, pois os dados não apresentam distribuição normal mesmo com transformações;

(4) P.A. = podridão apical;

(5) Em g/planta.

Tabela 26. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em frutos de tomateiro em função dos níveis de Ca dentro de Mg ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Ca (ppm)	Peso do material seco de frutos	N %	P % (2)	K %	Ca %	Mg % (3)	S %
Ca	50	38,54 c (4)	2,98 a	0,39 a	2,97 a	0,06 c	0,15 b	0,24 b
	200	64,92 b	2,83 a	0,24 c	2,48 b	0,10 b	0,12 c	0,26 ab
	350	80,45 a	2,49 b	0,28 b	3,12 a	0,16 a	0,17 a	0,28 a
Ca(Mg12) (1)	50	26,94 c	3,03 a	0,38 a	2,92 a	0,09 b	0,10 b	0,24 a
	200	40,66 b	3,02 a	0,24 c	2,51 b	0,10 ab	0,10 b	0,24 a
	350	71,20 a	2,50 b	0,32 b	3,10 a	0,13 a	0,14 a	0,28 a
Ca(Mg48)	50	34,63 b	3,10 a	0,41 a	3,09 a	0,06 c	0,15 b	0,23 a
	200	77,42 a	2,86 a	0,25 b	2,44 b	0,09 b	0,11 c	0,27 a
	350	85,98 a	2,39 b	0,28 b	3,17 a	0,18 a	0,18 a	0,26 a
Ca(Mg84)	50	54,03 b	2,79 a	0,37 a	2,92 a	0,04 c	0,19 a	0,23 b
	200	76,67 a	2,61 a	0,22 b	2,49 b	0,12 b	0,15 b	0,27 ab
	350	84,18 a	2,57 a	0,24 b	3,07 a	0,16 a	0,19 a	0,29 a
Ca(K58)	50	8,08 c	3,22 a	0,45 a	2,85 a	0,04 c	0,12 a	0,18 b
	200	38,76 b	2,95 ab	0,28 c	1,63 b	0,08 b	0,10 b	0,27 a
	350	62,55 a	2,67 b	0,35 b	1,71 b	0,15 a	0,11 ab	0,31 a
Ca(K234)	50	42,52 c	2,91 a	0,37 a	2,91 b	0,07 b	0,13 b	0,19 a
	200	75,81 b	2,59 b	0,27 b	2,58 c	0,12 a	0,13 b	0,22 a
	350	89,77 a	2,45 b	0,29 b	3,51 a	0,10 a	0,18 a	0,23 a
Ca(K410)	50	65,00 b	2,79 a	0,36 a	3,17 b	0,08 c	0,20 a	0,34 a
	200	80,18 a	2,95 a	0,17 c	3,22 b	0,11 b	0,14 b	0,28 b
	350	89,05 a	2,34 b	0,21 b	4,13 a	0,21 a	0,21 a	0,29 b
Ca(Mg12.K58)	50	5,48 b	3,23 a	0,44 a	2,84 a	0,09 ab	0,10 a	0,22 b
	200	18,48 b	3,04 ab	0,26 b	1,51 b	0,07 b	0,08 a	0,27 ab
	350	43,90 a	2,67 b	0,25 b	1,64 b	0,12 a	0,08 a	0,31 a
Ca(Mg12.K234)	50	20,32 c	2,98 a	0,38 a	2,73 b	0,12 a	0,09 b	0,20 ab
	200	41,28 b	2,62 a	0,26 b	2,71 b	0,10 a	0,11 b	0,15 b
	350	78,50 a	2,51 a	0,38 a	3,49 a	0,12 a	0,16 a	0,26 a
Ca(Mg12.K410)	50	55,02 b	2,88 b	0,33 a	3,18 b	0,06 b	0,12 b	0,32 a
	200	62,22 b	3,41 a	0,20 b	3,30 b	0,12 a	0,12 b	0,30 a
	350	91,20 a	2,32 c	0,34 a	4,18 a	0,13 a	0,19 a	0,28 a
Ca(Mg48.K58)	50	7,50 c	3,42 a	0,49 a	2,89 a	0,01 b	0,12 a	0,34 a
	200	45,96 b	2,90 b	0,36 b	1,94 b	0,05 b	0,09 b	0,25 b
	350	68,46 a	2,58 b	0,37 b	1,90 b	0,19 a	0,11 a	0,13 c
Ca(Mg48.K234)	50	42,80 b	3,12 a	0,38 a	2,99 b	0,05 b	0,13 b	0,20 a
	200	85,62 a	2,43 b	0,27 b	2,58 b	0,12 a	0,13 b	0,25 a
	350	96,36 a	2,35 b	0,28 b	3,59 a	0,11 a	0,21 a	0,23 a
Ca(Mg48.K410)	50	53,60 b	2,78 a	0,37 a	3,38 b	0,11 b	0,21 a	0,36 a
	200	100,68 a	3,25 a	0,14 c	2,81 c	0,10 b	0,13 b	0,22 b
	350	93,12 a	2,23 b	0,21 b	4,04 a	0,24 a	0,21 a	0,30 ab
Ca(Mg84.K58)	50	11,26 c	3,02 a	0,41 a	2,81 a	0,01 b	0,13 a	0,18 b
	200	51,84 b	2,91 a	0,22 b	1,45 b	0,12 a	0,13 a	0,21 b
	350	75,28 a	2,77 a	0,43 a	1,58 b	0,15 a	0,14 a	0,36 a
Ca(Mg84.K234)	50	64,44 b	2,63 a	0,34 a	3,00 a	0,04 b	0,18 a	0,17 b
	200	100,52 a	2,72 a	0,28 ab	2,46 b	0,13 a	0,15 b	0,27 a
	350	94,44 a	2,49 a	0,23 b	3,46 a	0,08 ab	0,19 a	0,19 b
Ca(Mg84.K410)	50	86,40 a	2,73 a	0,37 a	2,95 c	0,07 b	0,27 a	0,35 a
	200	77,64 a	2,21 b	0,17 b	3,54 b	0,11 b	0,18 b	0,32 a
	350	82,82 a	2,46 ab	0,12 c	4,19 a	0,26 a	0,24 a	0,31 a
C.V.		17,24	9,30	6,66	10,00	25,15	11,14	16,67

(1) Níveis de Ca dentro do Mg com 12 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (P%/100);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENSO DA RAIZ (Mg%/100) + 10;

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 27. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em frutos de tomateiro em função dos níveis de Mg dentro de Ca ou K

Interações	Níveis		Variáveis					
	de Mg (ppm)	Peso do material seco de frutos	N %	P % (2)	K %	Ca %	Mg % (3)	S %
Mg	12	46,27 b (4)	2,85 a	0,31 a	2,84 a	0,10 a	0,12 c	0,26 a
	48	66,01 a	2,78 ab	0,31 a	2,90 a	0,11 a	0,15 b	0,25 a
	84	71,63 a	2,66 b	0,28 b	2,83 a	0,11 a	0,18 a	0,26 a
Mg(Ca50) (1)	12	26,94 b	3,03 ab	0,38 a	2,92 a	0,09 a	0,10 c	0,24 a
	48	34,63 b	3,10 a	0,41 a	3,09 a	0,06 b	0,15 b	0,23 a
	84	54,03 a	2,79 b	0,37 a	2,92 a	0,04 b	0,19 a	0,23 a
Mg(Ca200)	12	40,66 b	3,02 a	0,24 a	2,51 a	0,10 ab	0,10 b	0,24 a
	48	77,42 a	2,86 ab	0,25 a	2,44 a	0,09 b	0,11 b	0,27 a
	84	76,67 a	2,61 b	0,22 a	2,49 a	0,12 a	0,15 a	0,27 a
Mg(Ca350)	12	71,20 b	2,50 a	0,32 a	3,10 a	0,13 b	0,14 b	0,28 a
	48	85,98 a	2,39 a	0,28 ab	3,17 a	0,18 a	0,18 a	0,26 a
	84	84,18 a	2,57 a	0,24 b	3,07 a	0,16 a	0,19 a	0,29 a
Mg(K58)	12	22,62 b	2,98 a	0,31 b	2,00 a	0,09 a	0,09 c	0,27 a
	48	40,64 a	2,97 a	0,40 a	2,24 a	0,08 a	0,11 b	0,24 a
	84	46,13 a	2,90 a	0,35 b	1,95 a	0,09 a	0,13 a	0,25 a
Mg(K234)	12	46,70 c	2,70 a	0,34 a	2,98 a	0,12 a	0,12 b	0,20 a
	48	74,93 b	2,63 a	0,31 ab	3,05 a	0,09 ab	0,16 a	0,23 a
	84	86,47 a	2,61 a	0,28 b	2,97 a	0,08 b	0,17 a	0,21 a
Mg(K410)	12	69,48 b	2,87 a	0,28 a	3,55 a	0,10 b	0,14 c	0,30 a
	48	82,47 a	2,75 a	0,23 b	3,41 a	0,15 a	0,18 b	0,29 a
	84	82,29 a	2,46 b	0,21 b	3,56 a	0,15 a	0,23 a	0,33 a
Mg(Ca50.K58)	12	5,48 a	3,23 a	0,44 a	2,84 a	0,09 a	0,10 b	0,22 a
	48	7,50 a	3,42 a	0,49 a	2,89 a	0,01 b	0,12 ab	0,13 b
	84	11,26 a	3,02 a	0,41 a	2,81 a	0,01 b	0,13 a	0,18 ab
Mg(Ca50.K234)	12	20,32 c	2,98 ab	0,38 a	2,73 a	0,12 a	0,09 c	0,20 a
	48	42,80 b	3,12 a	0,38 a	2,99 a	0,05 b	0,13 b	0,20 a
	84	64,44 a	2,63 b	0,34 a	3,00 a	0,04 b	0,19 a	0,17 a
Mg(Ca50.K410)	12	55,02 b	2,88 a	0,33 a	3,18 a	0,06 a	0,12 c	0,32 a
	48	53,60 b	2,78 a	0,37 a	3,38 a	0,11 a	0,21 b	0,36 a
	84	86,40 a	2,73 a	0,37 a	2,95 a	0,07 a	0,27 a	0,35 a
Mg(Ca200.K58)	12	18,48 b	3,04 a	0,26 b	1,51 a	0,07 ab	0,08 b	0,27 ab
	48	45,96 a	2,90 a	0,36 a	1,94 a	0,05 b	0,09 b	0,34 a
	84	51,84 a	2,91 a	0,22 b	1,45 a	0,12 a	0,13 a	0,21 b
Mg(Ca200.K234)	12	41,28 b	2,62 a	0,26 a	2,71 a	0,10 a	0,11 b	0,15 b
	48	85,62 a	2,43 a	0,27 a	2,58 a	0,12 a	0,13 ab	0,25 a
	84	100,52 a	2,72 a	0,28 a	2,46 a	0,13 a	0,15 a	0,27 a
Mg(Ca200.K410)	12	62,22 b	3,41 a	0,20 a	3,30 ab	0,12 a	0,12 b	0,30 ab
	48	100,68 a	3,25 a	0,15 a	2,81 b	0,10 a	0,13 b	0,22 b
	84	77,64 b	2,21 b	0,17 a	3,54 a	0,11 a	0,18 a	0,32 a
Mg(Ca350.K58)	12	43,90 b	2,67 a	0,25 b	1,64 a	0,12 b	0,08 c	0,31 ab
	48	68,46 a	2,58 a	0,37 a	1,90 a	0,19 a	0,11 b	0,25 b
	84	75,28 a	2,77 a	0,43 a	1,58 a	0,15 ab	0,14 a	0,36 a
Mg(Ca350.K234)	12	78,50 a	2,51 a	0,38 a	3,49 a	0,12 a	0,16 b	0,26 a
	48	96,36 a	2,35 a	0,28 b	3,59 a	0,11 a	0,19 ab	0,23 a
	84	94,44 a	2,49 a	0,23 b	3,46 a	0,08 a	0,21 a	0,19 a
Mg(Ca350.K410)	12	91,20 a	2,32 a	0,34 a	4,18 a	0,13 b	0,19 b	0,28 a
	48	93,12 a	2,23 a	0,21 b	4,04 a	0,24 a	0,21 ab	0,30 a
	84	82,82 a	2,46 a	0,12 c	4,19 a	0,26 a	0,24 a	0,31 a
C.V.		17,24	9,30	6,66	10,00	25,15	11,14	16,67

(1) Níveis de Mg dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (P%/100);

(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em ARCO SENO DA RAIZ (Mg%/100) + 10;

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 28. Peso do material seco (g/planta) e teores médios de macronutrientes em frutos de tomateiro em função dos níveis de K dentro de Ca ou Mg

Interações	Níveis		Variáveis					
	de K (ppm)	Peso do material seco de frutos	N %	P % (2)	K %	Ca %	Mg % (3)	S %
K	58	36,46 c (4)	2,95 a	0,35 a	2,06 c	0,09 b	0,11 c	0,25 b
	234	69,36 b	2,65 b	0,31 b	3,00 b	0,10 b	0,15 b	0,21 c
	410	78,08 a	2,69 b	0,24 c	3,51 a	0,13 a	0,19 a	0,31 a
K(Ca50) (1)	58	8,08 c	3,22 a	0,45 a	2,85 b	0,04 b	0,12 b	0,18 b
	234	42,52 b	2,91 b	0,37 b	2,91 ab	0,07 a	0,13 b	0,19 b
	410	65,01 a	2,79 b	0,36 b	3,17 a	0,08 a	0,20 a	0,34 a
K(Ca200)	58	38,76 b	2,95 a	0,28 a	1,63 c	0,08 b	0,10 b	0,27 a
	234	75,81 a	2,59 b	0,27 a	2,58 b	0,12 a	0,13 a	0,22 b
	410	80,18 a	2,95 a	0,17 b	3,22 a	0,11 a	0,14 a	0,28 a
K(Ca350)	58	62,55 b	2,67 a	0,35 a	1,71 c	0,15 b	0,11 c	0,31 a
	234	89,77 a	2,45 ab	0,29 b	3,51 b	0,10 c	0,18 b	0,23 b
	410	89,05 a	2,34 b	0,21 c	4,13 a	0,21 a	0,21 a	0,29 a
K(Mg12)	58	22,62 c	2,98 a	0,31 ab	2,00 c	0,09 a	0,09 c	0,27 a
	234	46,70 b	2,70 a	0,34 a	2,98 b	0,12 a	0,12 b	0,20 b
	410	69,48 a	2,87 a	0,28 b	3,55 a	0,10 a	0,14 a	0,30 a
K(Mg48)	58	40,64 b	2,97 a	0,40 a	2,24 c	0,08 b	0,11 c	0,24 b
	234	74,93 a	2,63 b	0,31 b	3,05 b	0,09 b	0,16 b	0,23 b
	410	82,47 a	2,75 ab	0,23 c	3,41 a	0,15 a	0,18 a	0,29 a
K(Mg84)	58	46,13 b	2,90 a	0,35 a	1,95 c	0,09 b	0,13 c	0,25 b
	234	86,47 a	2,61 b	0,28 b	2,97 b	0,08 b	0,17 b	0,21 b
	410	82,29 a	2,46 b	0,21 c	3,56 a	0,15 a	0,23 a	0,33 a
K(Ca50.Mg12)	58	5,48 b	3,23 a	0,44 a	2,84 a	0,09 ab	0,10 a	0,22 b
	234	20,32 b	2,98 a	0,38 ab	2,73 a	0,12 a	0,09 a	0,20 b
	410	55,02 a	2,88 a	0,33 b	3,18 a	0,06 b	0,12 a	0,32 a
K(Ca50.Mg48)	58	7,50 b	3,42 a	0,49 a	2,89 a	0,01 b	0,12 b	0,13 b
	234	42,80 a	3,12 ab	0,38 b	2,99 a	0,05 b	0,13 b	0,20 b
	410	53,60 a	2,78 b	0,37 b	3,38 a	0,11 a	0,21 a	0,36 a
K(Ca50.Mg84)	58	11,26 c	3,02 a	0,41 a	2,81 a	0,01 b	0,13 c	0,18 b
	234	64,44 b	2,63 a	0,34 a	3,00 a	0,04 ab	0,18 b	0,17 b
	410	86,40 a	2,73 a	0,37 a	2,95 a	0,07 a	0,27 a	0,35 a
K(Ca200.Mg12)	58	18,48 c	3,04 ab	0,26 a	1,51 c	0,07 b	0,08 b	0,27 a
	234	41,28 b	2,62 b	0,26 a	2,71 b	0,10 ab	0,11 ab	0,15 b
	410	62,22 a	3,41 a	0,20 a	3,30 a	0,12 a	0,12 a	0,30 a
K(Ca200.Mg48)	58	45,96 b	2,90 ab	0,36 a	1,94 b	0,05 b	0,09 b	0,34 a
	234	85,62 a	2,43 b	0,27 b	2,58 a	0,12 a	0,13 a	0,25 b
	410	100,68 a	3,24 a	0,15 c	2,81 a	0,10 ab	0,13 a	0,22 b
K(Ca200.Mg84)	58	51,84 c	2,91 a	0,22 ab	1,45 c	0,12 a	0,13 b	0,21 b
	234	100,52 a	2,72 a	0,28 a	2,46 b	0,13 a	0,15 ab	0,27 ab
	410	77,64 b	2,21 b	0,17 b	3,54 a	0,11 a	0,18 a	0,32 a
K(Ca350.Mg12)	58	43,90 b	2,67 a	0,25 b	1,64 c	0,12 a	0,09 b	0,31 a
	234	78,50 a	2,51 a	0,38 a	3,49 b	0,12 a	0,16 a	0,26 a
	410	91,20 a	2,32 a	0,34 a	4,18 a	0,13 a	0,19 a	0,28 a
K(Ca350.Mg48)	58	68,46 b	2,58 a	0,37 a	1,90 b	0,19 b	0,11 b	0,25 a
	234	96,36 a	2,35 a	0,28 b	3,59 a	0,11 c	0,21 a	0,23 a
	410	93,12 a	2,23 a	0,21 c	4,04 a	0,24 a	0,21 a	0,30 a
K(Ca350.Mg84)	58	75,28 a	2,77 a	0,43 a	1,58 c	0,15 b	0,14 c	0,36 a
	234	94,44 a	2,49 a	0,23 b	3,46 b	0,08 c	0,19 b	0,19 b
	410	82,82 a	2,46 a	0,12 c	4,19 a	0,26 a	0,24 a	0,31 a
C.V.		17,24	9,30	6,66	10,00	25,15	11,14	16,67

(1) Níveis de K dentro do Ca com 50 ppm de concentração;

(2) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em $\text{ARCO SENO DA RAIZ (P\%/100)}$;(3) Para análise de variância e Teste Tukey, os dados foram transformados em $\text{ARCO SENO DA RAIZ (Mg\%/100) + 10}$;

(4) Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 29. Análise de variância par Y_9 = peso do material seco de fruto (g/planta)

$$Y_9 = 80,3545 + 20,9833 X_1 + 11,6111 X_2 + 20,8167 X_3 - 5,6591 X_1^2 - 3,5667 X_1 X_2 - 10,4424 X_2^2 - 7,5750 X_1 X_3 - 2,7083 X_2 X_3 - 12,3258 X_3^2$$

Média das respostas	63,8484
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8833
Coefficiente de variação	0,1846

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	18152,1322	0,7258	43,55	0,0001
Quadratico	3	3009,2298	0,1203	7,22	0,0016
Interação	3	929,2417	0,0372	2,23	0,1146
Regressão	9	22090,6037	0,8833	17,67	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	2296,2457	135,0732	0,87	0,6330
Erro puro	4	621,3280	155,3320		
Erro total	21	2917,5737	138,9321		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	8991,4840	2247,8710	16,18	0,0001
X_2	4	3433,0260	858,2565	6,18	0,0019
X_3	4	9643,2960	2410,8240	17,35	0,0001

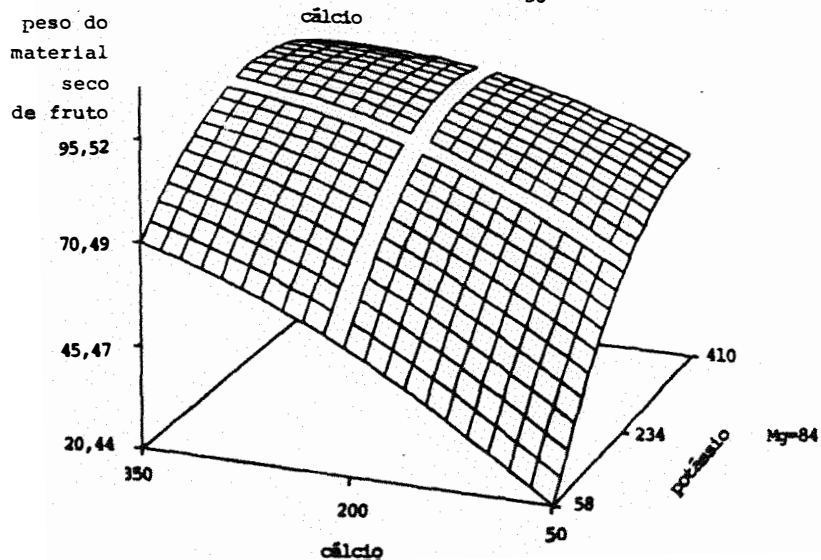
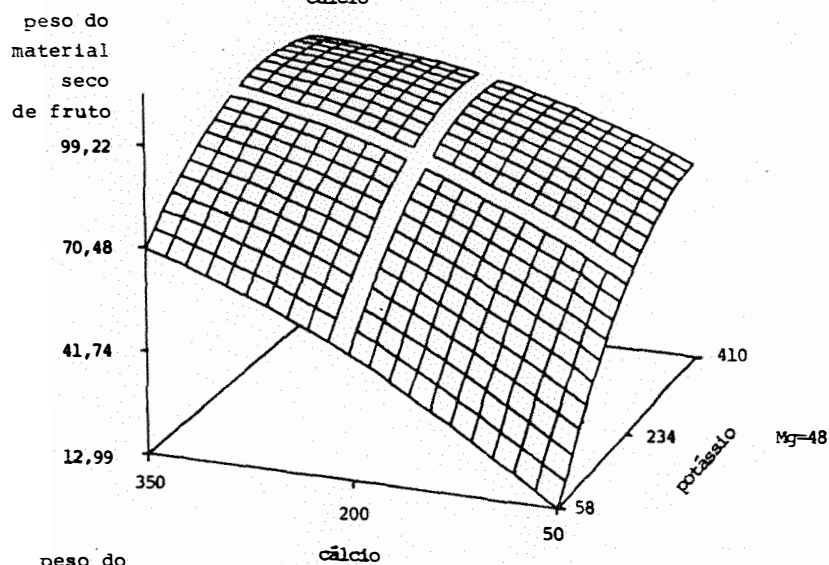
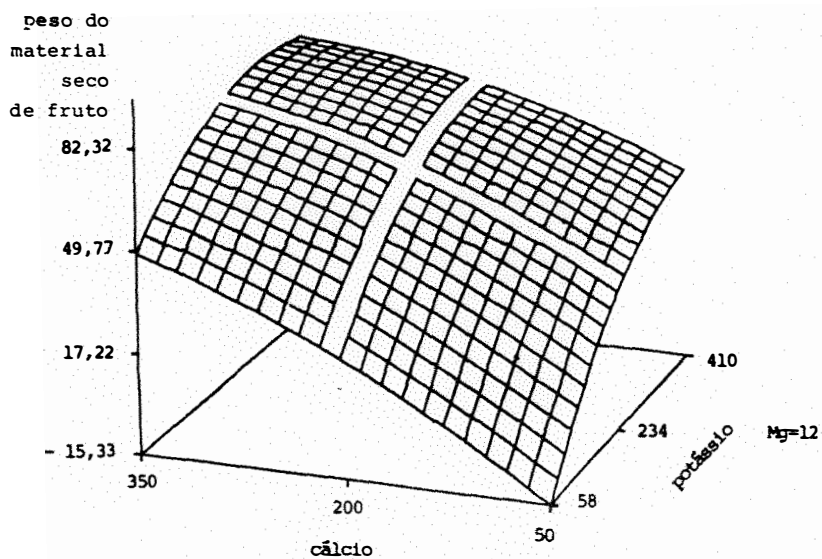


Fig.20. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no peso do material seco de frutos de tomateiro (g/planta)

Tabela 30. Análise de variância para Y_{12} = % de potássio no fruto

$$Y_{12} = 2,6055 + 0,0728 X_1 - 0,0072 X_2 + 0,7339 X_3 + 0,6040 X_1^2 - 0,0083 X_1 X_2 - 0,0326 X_2^2 + 0,5267 X_1 X_3 + 0,0142 X_2 X_3 - 0,2126 X_3^2$$

Média das respostas	2,8139
Coefficiente de determinação (R^2)	0,9000
Coefficiente de variação	0,1040

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	9,7910	0,5567	38,09	0,0001
Quadrático	3	2,6665	0,1516	10,37	0,0002
Interação	3	3,3318	0,1894	12,96	0,0001
Regressão	9	15,7893	0,8977	20,48	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	1,1367	0,0669	0,40	0,9167
Erro puro	4	0,6625	0,1656		
Erro total	21	1,7993	0,0857		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	5,9870	1,4967	17,47	0,0001
X_2	4	0,0116	0,0029	0,03	0,9976
X_3	4	13,3429	3,3357	38,93	0,0001

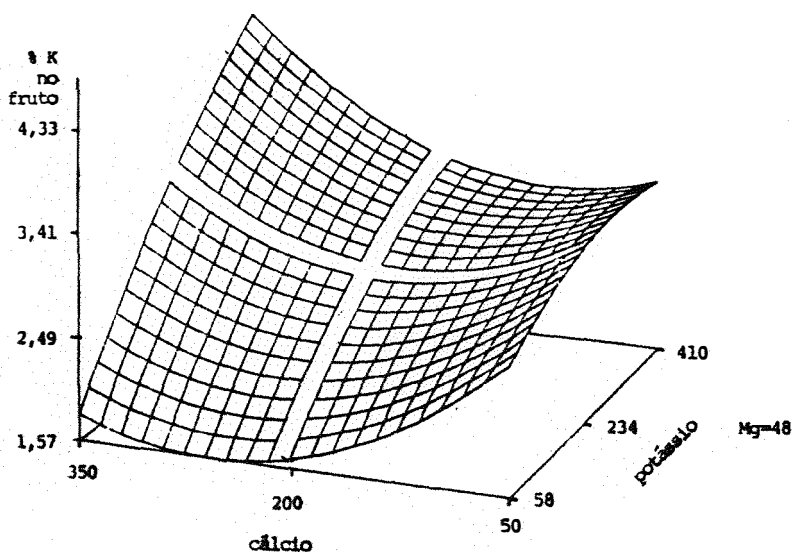


Fig. 21. Efeitos dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva, em ppm, no teor de potássio de frutos de tomateiro.

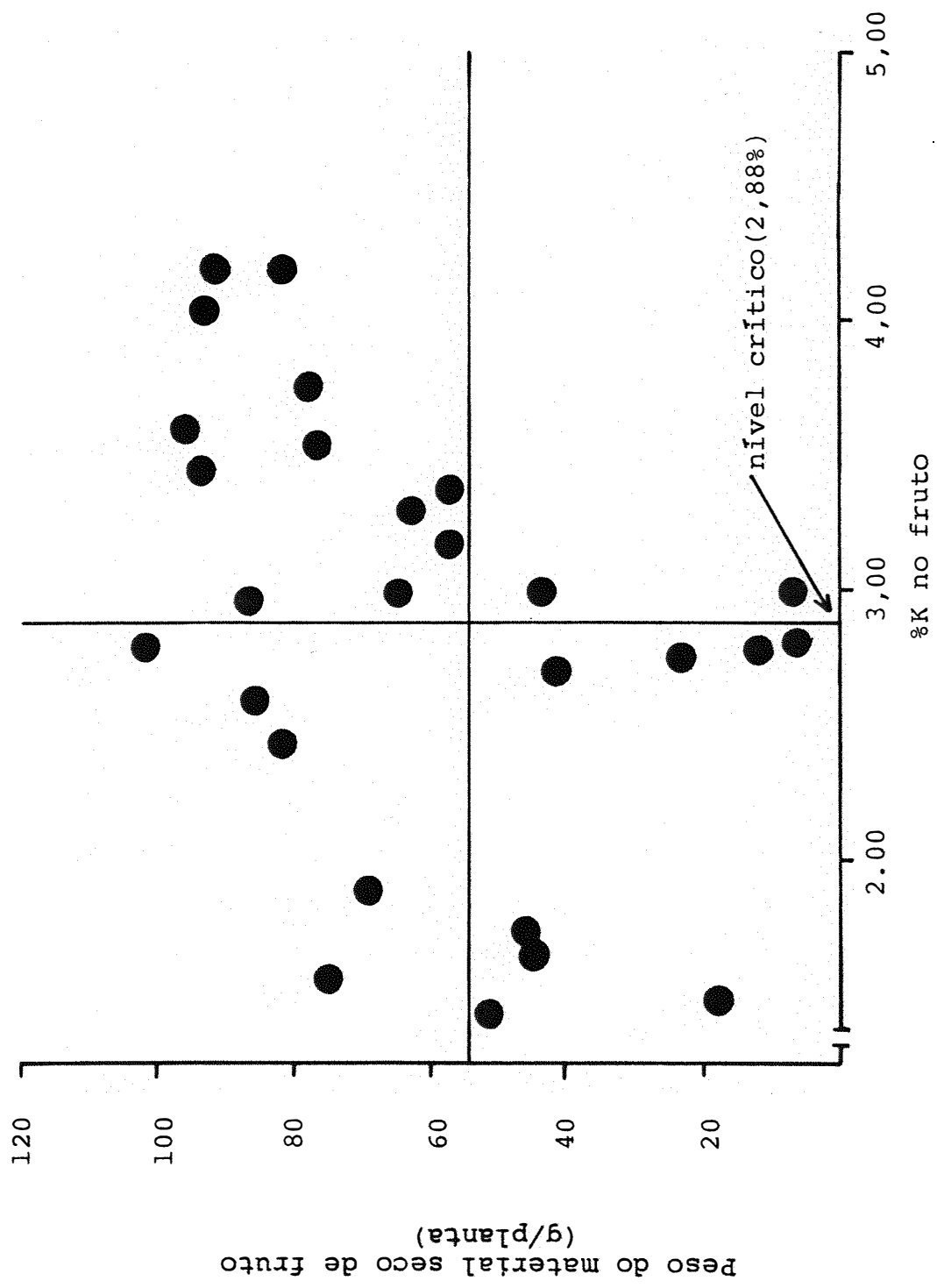


Fig. 22. Peso do material seco de frutos de tomateiro em função de níveis de potássio do fruto.

Tabela 31. Análise de variância para Y_{10} = % de cálcio no fruto

$$Y_{10} = 0,1062 + 0,0467 X_1 + 0,0022 X_2 + 0,0217 X_3 + 0,0016 X_1^2 + 0,0225 X_1 X_2 - 0,0084 X_2^2 + 0,0033 X_1 X_3 + 0,0108 X_2 X_3 + 0,0100 X_3^2$$

Média das respostas					0,1080
Coefficiente de determinação (R^2)					0,6112
Coefficiente de variação					0,3825
Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	0,0477	0,5173	9,31	0,0004
Quadrático	3	0,0010	0,0114	0,20	0,8921
Interação	3	0,0076	0,0825	1,49	0,2472
Regressão	9	0,0564	0,6112	3,67	0,0068
Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	0,03180	0,0019	1,83	0,2952
Erro puro	4	0,0040	0,0010		
Erro total	21	0,0359	0,0017		
Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	0,0454	0,0114	6,65	0,0013
X_2	4	0,0081	0,0020	1,18	0,3483
X_3	4	0,0107	0,0027	1,56	0,2206

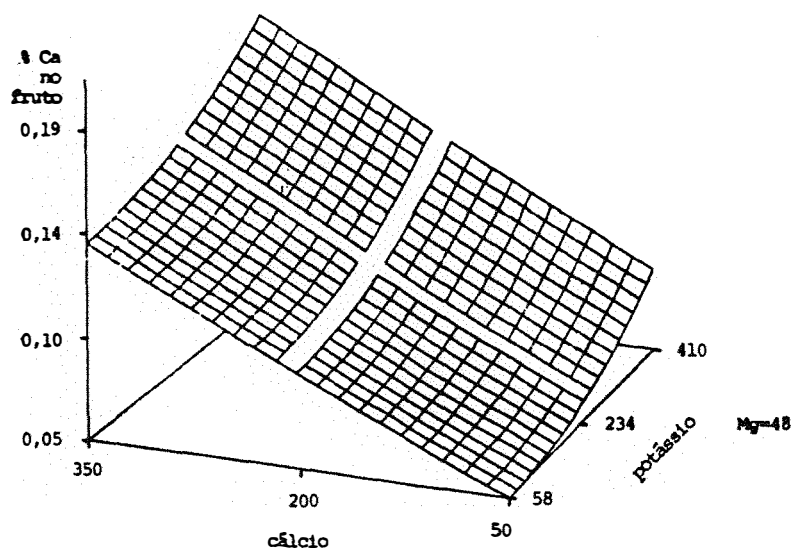


Fig. 23. Efeitos dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva, em ppm, no teor de cálcio de frutos de tomateiro.

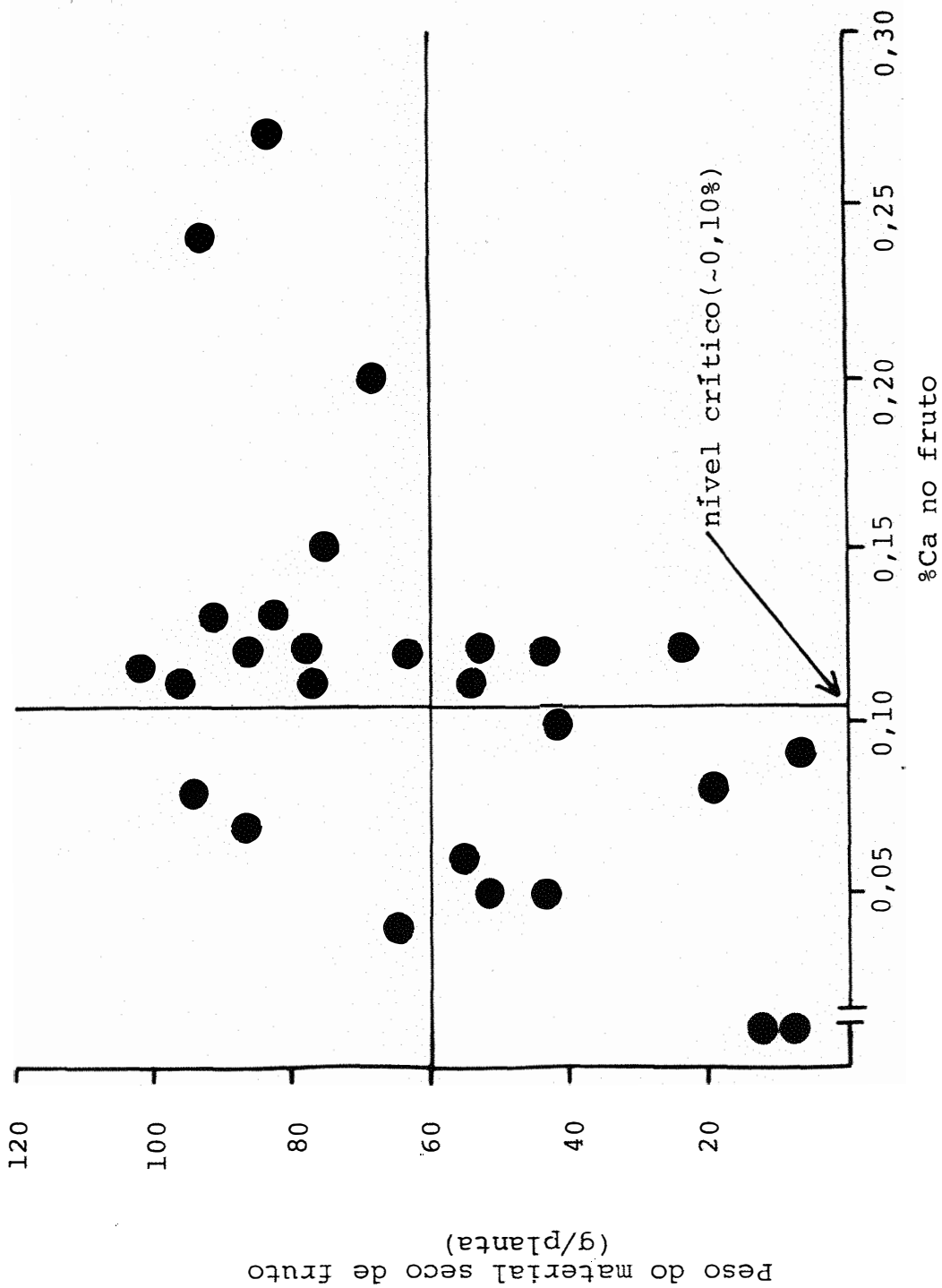


Fig. 24. Peso do material seco de frutos de tomateiro em função de níveis de cálcio do fruto.

Tabela 32. Análise de variância para Y_{11} = % de magnésio no fruto

$$Y_{11} = 0,1285 + 0,0100 X_1 + 0,0311 X_2 + 0,0383 X_3 + 0,0349 X_1^2 - 0,0108 X_1 X_2 - 0,0018 X_2^2 + 0,0050 X_1 X_3 + 0,0100 X_2 X_3 - 0,0034 X_3^2$$

Média das respostas	0,1458
Coefficiente de determinação (R^2)	0,8464
Coefficiente de variação	0,1527

Regressão	gl	SQ	R^2	F	p
Linear	3	0,0457	0,6741	30,73	0,0001
Quadrático	3	0,0088	0,1294	5,90	0,0044
Interação	3	0,0029	0,0429	1,96	0,1515
Regressão	9	0,0573	0,8464	12,86	0,0001

Resíduos	gl	SQ	QM	F	p
Falta de ajuste	17	0,0096	0,0006	2,83	0,1623
Erro puro	4	0,0008	0,0002		
Erro total	21	0,0104	0,0010		

Fatores	gl	SQ	QM	F	p
X_1	4	0,0120	0,0030	6,09	0,0020
X_2	4	0,0200	0,0050	10,12	0,0001
X_3	4	0,0280	0,0070	14,14	0,0001

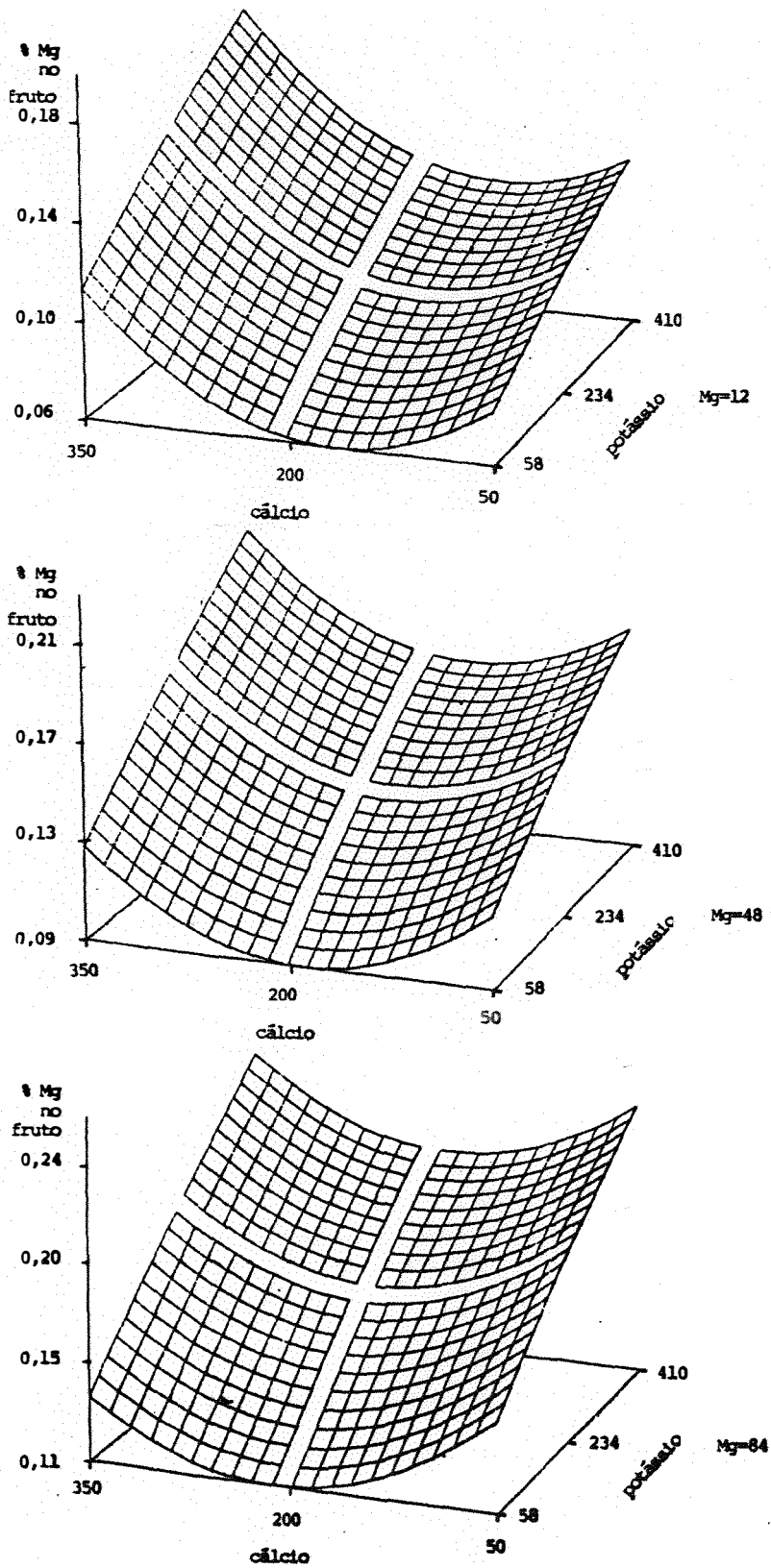


Fig. 25. Efeitos dos teores de cálcio, potássio e magnésio da solução nutritiva, em ppm, no teor de magnésio de frutos de tomateiro.

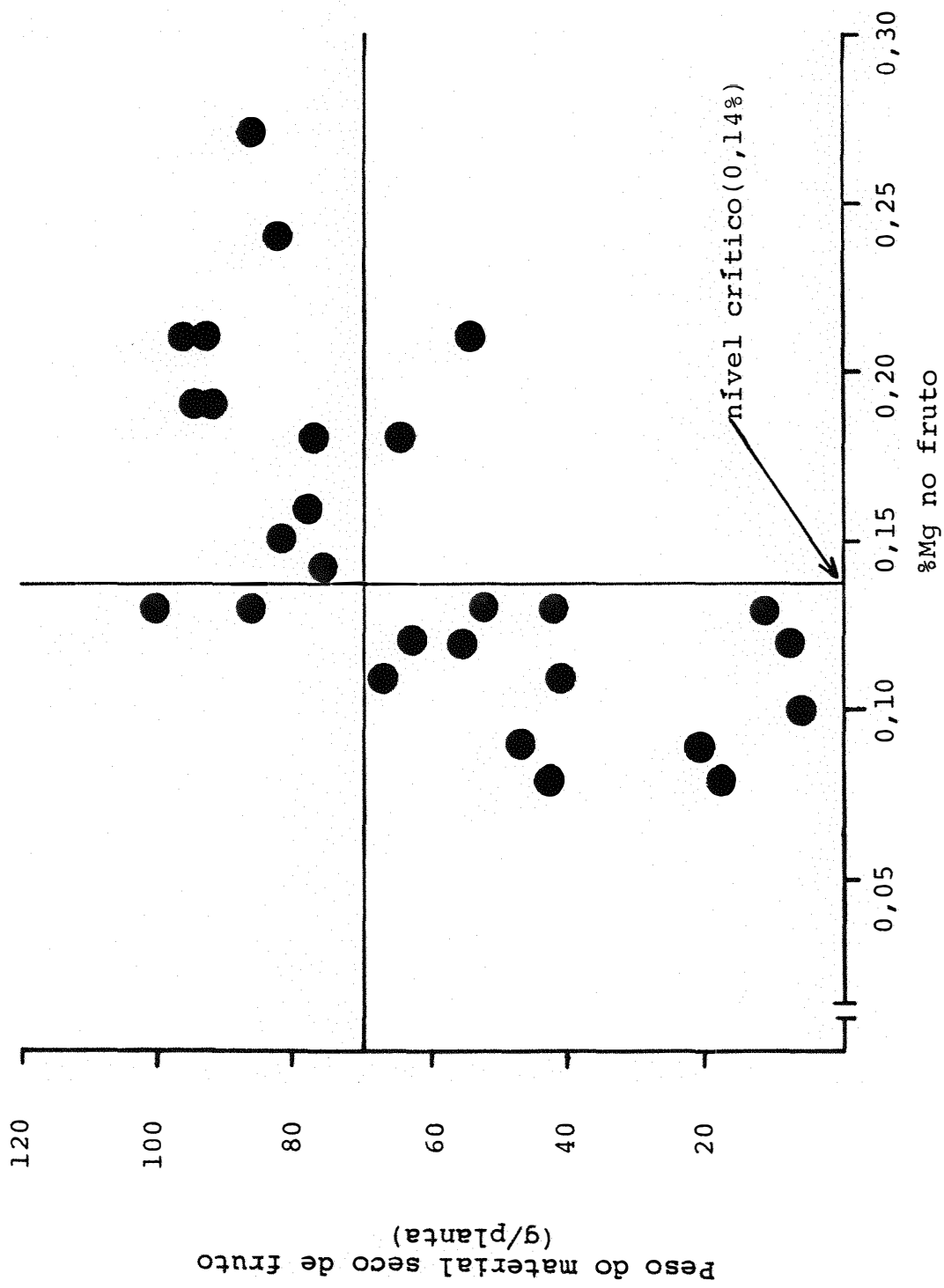


Fig. 26. Peso do material seco de frutos de tomateiro em função de níveis se magnésio do fruto

Tabela 33. Conteúdo de Ca, Mg e K em fruto de tomateiro, e peso do material seco em função das diversas concentrações e relações catiônicas na solução nutritiva

Tratamentos	Relações catiônicas na solução nutritiva				Peso m.s. fruto			Conteúdo no fruto (eng/100 g m.s.)				
	Ca/Mg+K	Ca/Mg/K	Ca+Mg+K	Ca/K	g/planta	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Soma
1. 2,5- 1,0- 1,5*	1,68	2,35	4,99	1,68	5,5	4,50	8,33	72,82	4,50	8,33	72,82	85,65
2. 2,5- 4,0- 1,5	0,46	4,36	7,99	1,68	7,5	0,50	10,00	74,10	0,50	10,00	74,10	84,60
3. 2,5- 7,0- 1,5	0,29	6,38	10,99	1,68	11,3	0,50	10,83	72,05	0,50	10,83	72,05	83,38
4. 2,5- 1,0- 6,0	0,36	0,58	9,50	0,42	20,3	6,00	7,50	69,74	6,00	7,50	69,74	83,24
5. 2,5- 4,0- 6,0	0,25	1,08	12,50	0,42	42,8	2,50	10,83	76,67	2,50	10,83	76,67	90,00
6. 2,5- 7,0- 6,0	0,19	1,58	15,50	0,42	64,4	2,00	15,00	76,92	2,00	15,00	76,92	93,92
7. 2,5- 1,0- 10,4	0,22	0,34	13,91	0,24	55,0	3,00	10,00	81,54	3,00	10,00	81,54	94,54
8. 2,5- 4,0- 10,4	0,17	0,62	16,91	0,24	53,6	5,50	17,50	86,67	5,50	17,50	86,67	109,67
9. 2,5- 7,0- 10,4	0,14	0,91	19,91	0,24	86,4	3,50	22,50	74,87	3,50	22,50	74,87	100,87
10. 10,0- 1,0- 1,5	4,02	7,38	12,49	6,71	18,5	3,50	6,67	38,72	3,50	6,67	38,72	48,89
11. 10,0- 4,0- 1,5	1,82	9,40	15,49	6,71	46,0	2,50	7,50	44,62	2,50	7,50	44,62	54,62
12. 10,0- 7,0- 1,5	1,17	11,41	18,49	6,71	51,8	6,00	10,83	37,18	6,00	10,83	37,18	54,01
13. 10,0- 1,0- 6,0	1,43	1,83	17,00	1,66	41,3	5,00	9,17	69,49	5,00	9,17	69,49	83,66
14. 10,0- 4,0- 6,0	1,00	2,33	20,00	1,66	85,6	6,00	10,83	66,15	6,00	10,83	66,15	82,98
15. 10,0- 7,0- 6,0	0,77	2,83	23,00	1,66	81,8	6,50	12,50	63,08	6,50	12,50	63,08	82,08
16. 10,0- 1,0- 10,4	0,88	1,06	21,41	0,96	62,2	6,00	10,00	84,62	6,00	10,00	84,62	100,62
17. 10,0- 4,0- 10,4	0,69	1,34	24,41	0,96	100,7	5,00	10,83	72,05	5,00	10,83	72,05	87,88
18. 10,0- 7,0- 10,4	0,57	1,63	27,41	0,96	77,6	5,50	15,00	90,77	5,50	15,00	90,77	111,27
19. 17,5- 1,0- 1,5	7,02	12,41	19,99	11,74	43,9	6,00	6,67	42,05	6,00	6,67	42,05	54,72
20. 17,5- 4,0- 1,5	3,19	14,43	22,99	11,74	68,5	9,50	9,17	48,72	9,50	9,17	48,72	67,39
21. 17,5- 7,0- 1,5	2,06	16,44	25,99	11,74	75,3	7,50	11,67	40,51	7,50	11,67	40,51	59,68
22. 17,5- 1,0- 6,0	2,50	3,08	24,50	2,91	78,5	6,00	13,33	89,49	6,00	13,33	89,49	108,82
23. 17,5- 4,0- 6,0	1,75	3,58	27,50	2,91	96,4	5,50	17,50	92,05	5,50	17,50	92,05	115,05
24. 17,5- 7,0- 6,0	1,35	4,08	30,50	2,91	94,4	4,00	15,83	88,72	4,00	15,83	88,72	108,55
25. 17,5- 1,0- 10,4	1,53	1,78	28,91	1,68	91,6	6,50	15,83	107,18	6,50	15,83	107,18	129,51
26. 17,5- 4,0- 10,4	1,21	2,07	31,91	1,68	93,1	12,00	17,50	103,59	12,00	17,50	103,59	133,09
27. 17,5- 7,0- 10,4	1,01	2,35	34,91	1,68	82,8	13,00	20,00	107,44	13,00	20,00	107,44	140,44

* Concentração de Ca, Mg e K, eng/l na solução nutritiva

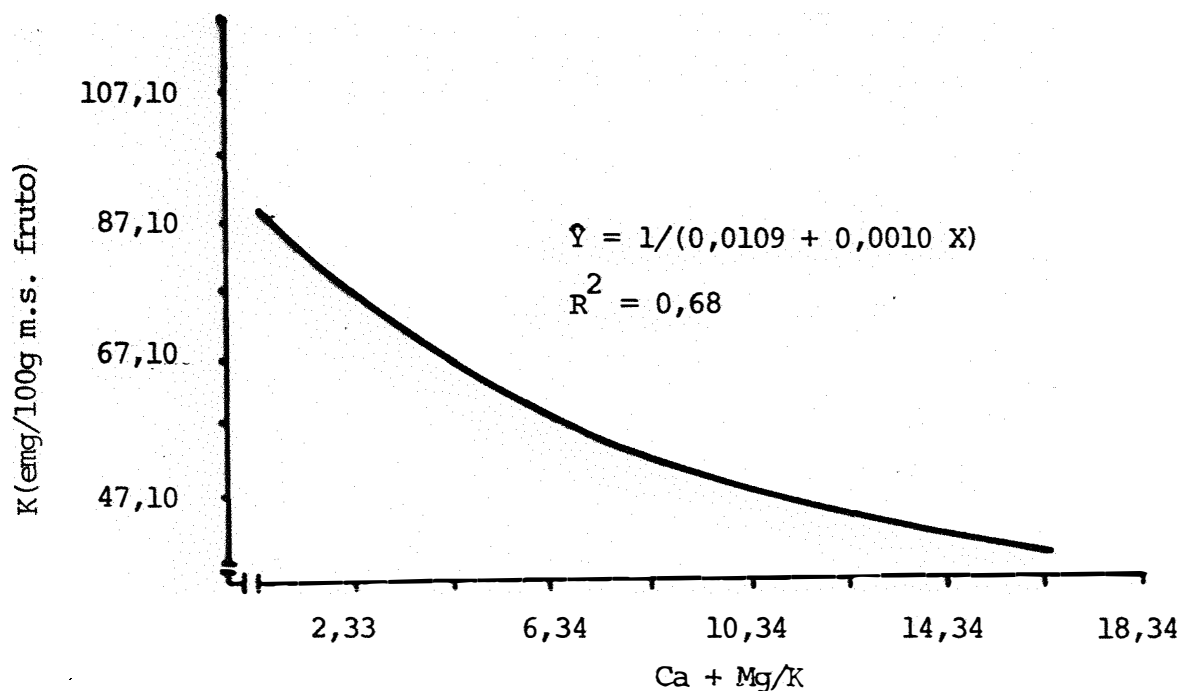


Fig. 27. Curva e equação de regressão do teor de potássio (\hat{Y}) nos frutos de tomateiro, em função da relação Ca + Mg/K (X) na solução nutritiva.

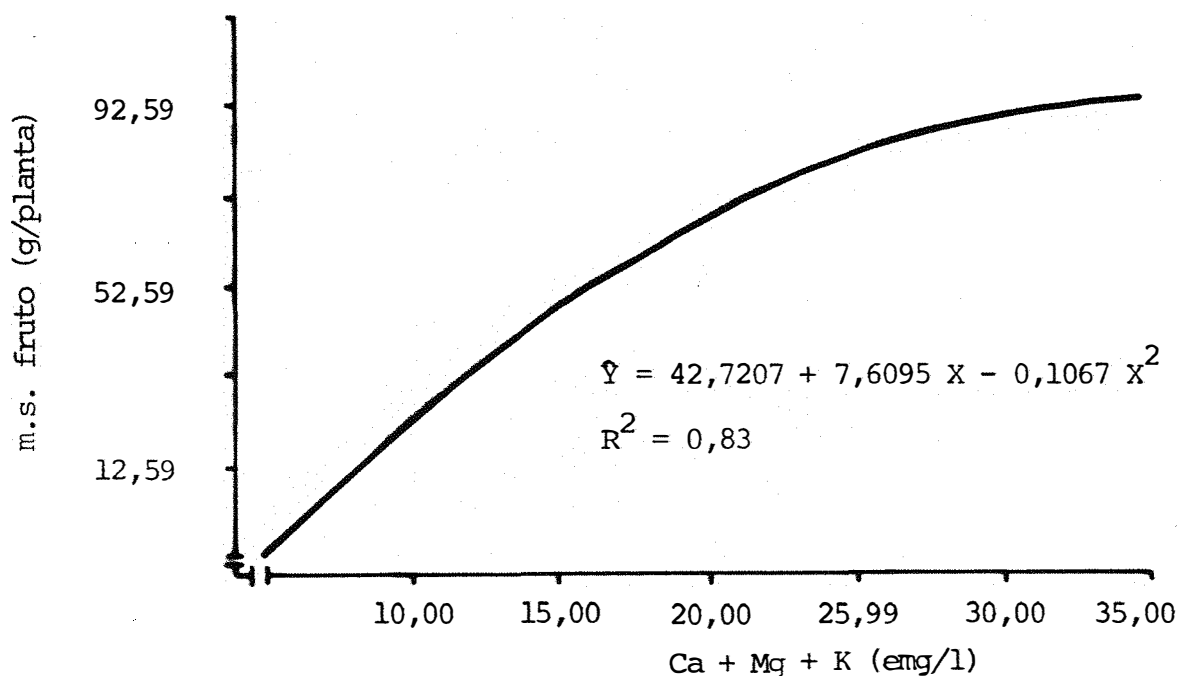


Fig. 28. Curva e equação de regressão da matéria seca (\hat{Y}) de frutos de tomateiro, em função da soma de cátions Ca, Mg e K (X) na solução nutritiva.

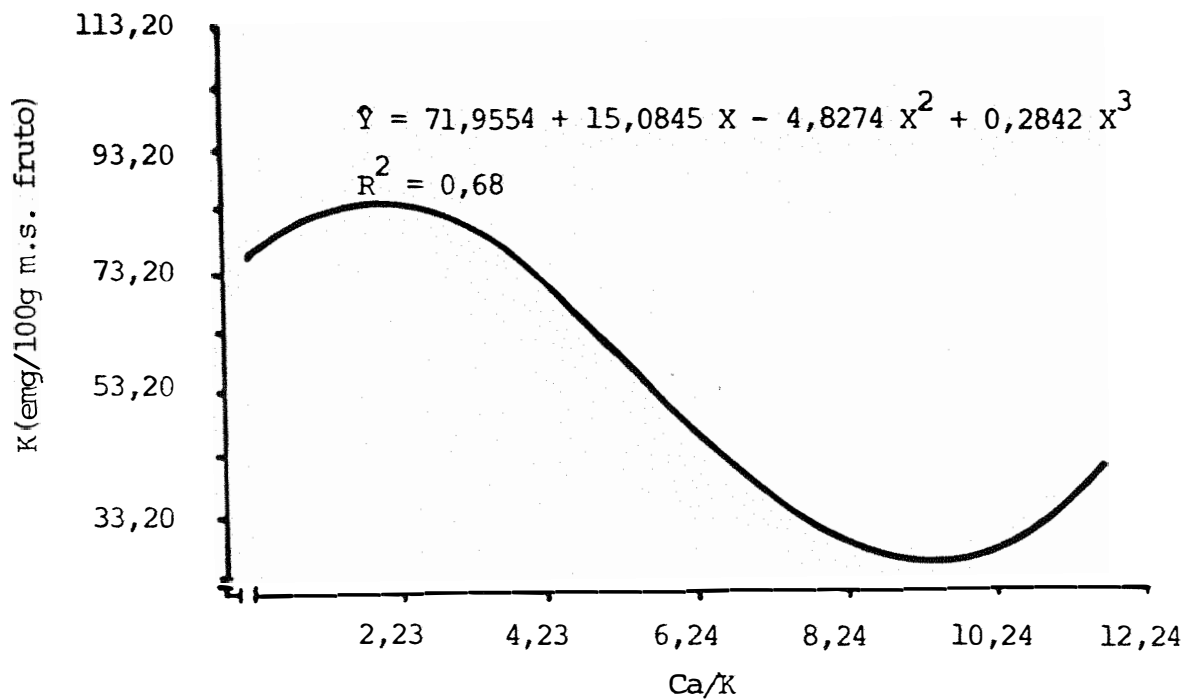


Fig. 29 . Curva e equação de regressão do teor de K (\hat{Y}) nos frutos de toma teiro, em função da relação Ca/K (X) na solução nutritiva.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente ensaio permitiu as seguintes observações:

- O primeiro sintoma de deficiência de cálcio foi a paralização completa de crescimento dos brotos laterais nos tratamentos na dose de 50 ppm de cálcio, e quando associada com a dose de 410 ppm de potássio, essa paralização evoluiu para necrose dos mesmos;

- Sintomas de deficiência de potássio e magnésio, nos tratamentos com doses de 58 e 12 ppm respectivamente, associadas com concentrações de cálcio na solução de 200 ou 350 ppm, somente tornaram visíveis com o avanço do estágio de desenvolvimento e principalmente após o início da maturação dos frutos;

- Na concentração de 58 ppm de potássio, portanto em condições de deficiência, não se observou alterações na coloração dos frutos;

- Aumentos nos níveis de cálcio na solução nutritiva afetaram significativamente e positivamente a produção de matéria seca nos caules;

- O aumento de matéria seca dos caules em função da dose de potássio somente ocorreu quando o potássio da solução nutritiva passou de 58 para 234 ppm;

- Os níveis de magnésio na solução nutritiva pouco influenciaram a produção de matéria seca de caules;

- O aumento da concentração catiônica da solução nutritiva (soma de cálcio, magnésio e potássio) proporcionou maior produção de matéria seca de caules; não se observando nenhum efeito antagônico entre cátions da solução nutritiva;

- Com o aumento da disponibilidade de cálcio e potássio na solução nutritiva, diminuiu o teor de nitrogênio nos caules;

- O aumento da concentração de cálcio na solução nutritiva reduziu o teor de potássio nos caules significativamente somente nos tratamentos em que o nível de potássio fornecido era 58 ppm, e nos demais houve respostas a cálcio;

- O teor de cálcio nos caules foi influenciado somente pelas doses de cálcio na solução nutritiva;

- O aumento das concentrações catiônicas da solução nutritiva, proporcionou maior produção de matéria seca de folhas;

- O teor de nitrogênio nas folhas sofreu diluição em função do incremento dos teores de cálcio e potássio da solução nutritiva; porém, o magnésio da solução em nada influiu;

- O aumento da concentração de cálcio e potássio da solução nutritiva acarretou diminuição do teor e a acumulação de fósforo nas folhas;

- O único fator que influenciou o teor de cálcio na folha foi o próprio cálcio da solução nutritiva;

- A soma de cátions, dado em mg/100 g de matéria seca de folha, foi influenciado pela modificação individual da concentração desses cátions na solução nutritiva, portanto não se verificou a teoria da constância da soma de cátions devido a compensação de absorção

entre cátions;

- O aumento da dose de magnésio na solução nutritiva nas combinações em que o cálcio era 50 ppm, provocou maior incidência de frutos com podridão apical;

- Nas combinações em que a concentração de cálcio era 200 ou 350 ppm, o aumento da dose de potássio na solução nutritiva proporcionou o aumento do teor do mesmo no fruto, no entanto, com cálcio deficiente, não se verificou esta resposta.

6. CONCLUSÕES

- Não foi possível comprovar a hipótese de que o distúrbio denominado "coração preto" seria uma espécie de podridão apical em menor grau de severidade;

- Os teores críticos de potássio, cálcio e magnésio no fruto, determinado pelo método de Cate e Nelson foram 2,88%, 0,10% e 0,14%, respectivamente;

- As doses de magnésio empregadas não influenciaram o teor de potássio nos caules em nenhuma das combinações estudadas;

- Estudos de regressão entre a relação $Ca + Mg/K$ da solução nutritiva e o teor de potássio nos caules mostrou uma correlação inversa entre os fatores;

- O incremento da concentração de magnésio da solução nutritiva causou diminuição no teor de potássio nas folhas; esse efeito antagônico não foi observado nos caules,

- O teor médio de cálcio nas folhas entre todos os tratamentos foi 3,57% e em teores superiores a 2,39% não foi observada a ocorrência de podridão apical;

- A distribuição de matéria seca entre os órgãos da parte

aérea da planta de tomateiro foi 9%, 19% e 72% para caules, folhas e frutos, e a distribuição de cálcio foi 12%, 79% e 9%, respectivamente;

- O teor médio de magnésio nas folhas foi de 0,84%, contra 0,39% nos caules e 0,15% nos frutos;

- Em todos os tratamentos em que a dose de cálcio era 50 ppm, sempre houve incidência de podridão apical;

- Não se verificou o efeito sinérgico do magnésio na acumulação de fósforo nos frutos;

- A variação do teor de cálcio nos frutos em função das diversas combinações de concentrações catiônicas na solução nutritiva foi 0,01 a 0,26%, e os maiores teores foram encontradas nos tratamentos com concentrações altas de cálcio;

- As concentrações de potássio e magnésio da solução nutritiva não influenciaram na acumulação de cálcio nos frutos.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, P., 1988. Tomatoes in peat. Part 2. Effects of nutrition on tomato quality. *Grower*, 89: 1142-1145.
- ASHER, C.J. e P.G. OZANNE, 1967. Growth and potassium content of plants in solution cultures maintained at constant potassium concentrations. *Soil Sci.*, Baltimore, 103: 155-161.
- BARBER, S.A. e P.G. OZANNE, 1970. Autoradiographic evidence for the differential effect of four plant species in alternating the calcium content of rhizosphere soil. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 34: 635-637.
- BARKER, A.V.; D.N. MAYNARD e W.H. LACHMAN, 1967. Induction of tomato stem and leaf lesions, and potassium deficiency, by excessive ammonium nutrition. *Soil Sci.*, Baltimore, 103(5): 319-327.
- BARKE, R.E. e R.C. MENARY, 1971. Calcium nutrition of the tomato as influenced by total salts and ammonium nutrition. *Austral. J. Expt. Anim. Husb.*, Melbourne, 11: 562-569.
- BEESON, K.C.; C.B. LYON e M.W. BARRENTINE, 1944. Ionic absorption by tomato plants as correlated with variations in the composition of the nutrient medium. *Plant Physiol.*, Rockville, 19(2): 258-277.

- BENNET-CLARK, J.A., 1956. Salt accumulation and the mode of action of auxin. A preliminary hypothesis. In: WAIN, R.L. e F. WIGHTMAN, Ed. *The Chemistry and Mode of Action of Plant Growth Substances*, London Butterworth Scientific Publ., p. 284-291.
- BESFORD, R.T., 1978. Effect of potassium nutrition of three tomato varieties on incidence of blossom end rot. *Plant and Soil*, The Hague, 50(1): 179-191.
- BESFORD, R.T., 1979. Uptake and distribution of phosphorus in tomato plants. *Plant and Soil*, The Hague, 51: 331-340.
- BESFORD, R.T. e G.A. MAW, 1974. Uptake and distribution of potassium in tomato plants. *Plant and Soil*, The Hague, 41: 601-618.
- BESFORD, R.T. e G.A. MAW, 1975. Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil*, The Hague, 42:395-412.
- BOON, J. vander, 1973. Influence of K/Ca ratio and drought on physiological disorders in tomato. *Neth. J. Agric. Sci.*, Wageningen, 21(1):56-67.
- BOX, G.E.P. e K.B. WILSON, 1951. On the experimental attainment of optimum condition. *J. R. Statist. Soc.*, 13: 1-45.
- BROOKS, C., 1914. Blossom-end rot of tomatoes. *Phytopathology*, Lancaster, 4(5): 345-379.
- BURLING, E. e W.T. JACKSON, 1965. Changes in calcium levels in cell walls during elongation of oat coleoptile sections. *Plant Physiol.* Rockville, 40: 138-141.
- BURSTRÖM, H.G., 1954. Studies on growth and metabolism of roots. X. Investigations of the calcium effect. *Physiol. Plantarum*, Copenhagen, 7:332-342.
- BURSTRÖM, H.G., 1968. Calcium and plant growth. *Biol. Rev.*, Prague, 43:

287-316.

- CAROLUS, R.L., 1949. Calcium and potassium relationships in tomatoes and spinach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 54: 281-285.
- CAROLUS, R.L., 1975. Calcium relationships in vegetable nutrition and quality. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, New York, 6(3): 285-298.
- CASTELLANE, P.D.; P.H. MONNERAT e R. SANT'ANNA, 1987. Absorção e distribuição de ^{45}Ca em cultivares de tomateiro cultivados em soluções nutritivas com diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ e diferentes períodos de absorção. *Revista Ceres*, Viçosa, 34(194): 407-420.
- CASTRO, P.R.C., 1978. Relações entre reguladores de crescimento, nutrição mineral, potencial osmótico e incidência da podridão estilar em tomates. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 13(2): 61-67.
- CATE, R.B. e L.A. NELSON, 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. *Int. Soil Test. Sec. Tech. Bull.*, Raleigh - North Carolina Agric. Exp. Stn., 1.
- CERDA, A., F.T. BINGHAM e C.K. LABANAUSKAS, 1979. Blossom-end rot of tomato fruit as influenced by osmotic potential and phosphorus concentrations of nutrient solution media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 104(2): 236-239.
- CLAY, D.W.T. e J.P. HUDSON, 1960. Effects of high levels of potassium and magnesium sulphates on tomatoes. *J. Hort. Sci.*, Ashford, 35: 85-97.
- CLELAND, R., 1960. Effect of auxin upon loss of calcium from cell walls. *Plant Physiol.*, Rockville, 35: 581-584.
- COLLIN, G.H. e R.A. CLINE, 1966. The interaction effect of potassium and environment on tomato ripening disorders. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, 46: 379-387.
- DAVIDSON, O.W. e M.A. BLAKE, 1937. Nutrient deficiency and nutrient balance in the peach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 35: 339-346.

- DECHEN, A.R., 1980. Cálcio no desenvolvimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). Piracicaba, ESAIQ/USP, 91p. (Tese de Doutorado)
- DRAPER, N.R. e H. SMITH, 1966. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley e Sons, Inc., 407p.
- EVANS, H.J. e R.V. TROXLER, 1953. Relation of calcium nutrition to the incidence of blossom-end rot in tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 61: 346-352.
- EYSINGA, J.P.N.L.R. van, 1971. *Fertilization of tomatoes with phosphate*. Agrc. Res. Rep. 755. Wageningen, 10p.
- FASSBENDER, H.W. e L.A. LAROCHE, 1968. The nutritive potentials of soil and the proportions of K:Ca:Mg in tomato plants. *Plant and Soil*, The Hague, 28(3): 431-441.
- FAUST, M. e C.B. SHEAR, 1968. Corking disorders of apples: a physiological review. *Bot. Rev.*, New York, 34:441-469.
- FELIPE, M.R. de e M.P. SÁNCHEZ CONDE, 1984. Estudio de la composición mineral y ultraestructura de la hoja de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sometidas a diferentes presiones osmóticas y niveles de cálcio. *Anales de Edafología e Agrobiología*, Madrid, 43: 269-282.
- FISHER, K.J., 1967. Specific ion effects on certain excess soluble salts on the growth and development of glasshouse tomatoes grown in nutrient culture. *J. Hort. Sci.*, Ashford, 42: 243-252.
- GERALDSON, C.M., 1957. Control of blossom-end rot of tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 69: 309-317.
- GERALDSON, C.M., 1967. Evaluation of the nutrient intensity and balance system of soil testing. *Proc. Soil Crop Sci. Soc.*, Flórida, 27: 59-67.
- GERARD, C.J. e B.W. HIPPI, 1968. Blossom-end rot of "Chico" and "Chico Grande" tomatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 93: 521-531.

- GERARD, C.J. e W.R. COWLEY, 1964. The influence of irrigation and spacing treatments on the production of Rio Grande Valley tomatoes. *Rio Grande Valley Hort. Soc. J.*, Weslaco, 18: 82-90.
- GOOR, B.J. van, 1974. Influence of restricted water supply on blossom-end rot and ionic composition of tomatoes grown in nutrient solution. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, New York, 5(1): 13-24.
- GREENWALD, H. e M.G. PITMAN, 1965. Potassium retranslocation in seedlings of *Hordeum vulgare*. *Aust. J. Biol. Sci.*, Melbourne, 18: 235-247.
- GUSTAFSON, F.G., 1927. Growth studies on fruits, chemical analyses of tomato fruits. *Papers Michigan Acad. Sci., Arts and Letters*, 8: 121-127.
- HALLOCK, D.L. e K.H. GARREN, 1969. Pod breakdown, yield, and grade of Virginia type peanuts as affected by Ca, Mg and K sulfates. *Agron. J.*, Madison, 60: 253-257.
- HEWITT, E.J., 1958. The role of mineral elements in the activity of plant enzyme systems. In: *Encyclopedia of plant physiology*, vol. IV, 427-481 Springer-Verlag.
- ITALIE, T.B. van, 1938. Cation equilibria in plants in relation to the soil. *Soil Sci.*, Baltimore, 46: 175-186.
- JACOBSON, L.; R.J. HANNAPEL, D.R. MOORE e M. SCHAEDEL, 1961. Influence of calcium on selectivity of ion absorption process. *Plant Physiol.*, Rockville, 36: 58-61.
- JOHANSEN, C.; D.G. EDWARDS e J.F. LONERAGAN, 1968. Interactions between potassium and calcium in their absorption by intact barley plants. I. Effects of potassium on calcium absorption. *Plant Physiol.*, Rockville, 43: 1717-1721.
- JONES, L.H., 1961. Some effects of potassium deficiency on the metabolism of the tomato plant. *Can. J. Bot.*, Ottawa, 39: 593-606.
- JONES, L.H., 1966. Carbon-14 studies of intermediary metabolism in potas-

- sium deficient tomato plants. *Can. J. Bot.*, Ottawa , 44: 297-307.
- JONES, R.G.W. e O.R. LUNT, 1968. The function of calcium in plants. *Bot. Rev.*, New York, 407-426.
- KAFKAFI, J., J. WALERSTEIN e S.FEIGENBAUM, 1971. Effect of potassium nitrate and ammonium nitrate on the growth, cation uptake, and water requirement of tomato grown in sand culture. *Israel J. Agr. Res.*, 21: 13-20.
- KALRA, G.S., 1956. Responses of the tomato plant to calcium deficiency . *Bot. Gaz.*, Chicago, 118: 18-37.
- KOCK, P.C. de; A. HALL, R.H.E. INKSON e R.A. ROBERTSON, 1979. Blossom-end rot in tomatoes. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, 30: 508-514.
- LEOPOLD, A.C. e F.S. GUERNSEY, 1953. The effect of nitrogen upon fruit abnormalities in the tomato. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 61:333-338.
- LIMA, L.A.; M.M. MISCHAN, T. KIMOTO, J. NAKAGAWA e F.A.D. CONCEIÇÃO, 1976. Distribuição de cálcio em frutos de tomate sadios e com podridão apical, nas cultivares Castle e Roma VF. In: *Anais do XVI Congresso de Olericultura Brasileira*, Lavras, p. 201-204.
- LINGLE, J.C. e O.A. LORENZ, 1969. Potassium nutrition of tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 94(6): 679-683.
- LONERAGAN, J.F. e K. SNOWBALL, 1969. Rate of calcium absorption by plant roots and its relation to growth. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 20: 479-490.
- LUCAS, R.E. e G.D. SCARSETH, 1947. Potassium, calcium and magnesium balance and reciprocal relationship in plants. *J. Amer. Soc. Agron.*, Madison, 39(1): 887-896.
- LUNE, P. van e GOOR, B.J. van, 1977. Ripening disorders of tomatoes as affected by the K/Ca ratio in the culture solution. *J. Hort. Sci.*, Ash

ford, 52: 173-180.

LYON, C.B.; K.C. BEESON e M. BARRENTINE, 1942. Macro-element nutrition of the tomato plant as correlated with fruitfulness and occurrence of blossom-end rot. *Bot. Gaz.*, Chicago, 103: 651-667.

LYON, C. e C.R. GARCIA, 1944. Anatomical responses of tomato stems to variations in the macronutrient anion supply. *Bot. Gaz.*, Chicago, 105: 394-405.

MALAVOLTA, E.; P.R.C. CASTRO, V.F. CRUZ e T. YAMADA, 1975. Calcium and its relationship to blossom-end rot in tomato. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, New York, 6(3): 273-284.

MARINOS, N.G., 1962. Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. I. Calcium deficiency in the shoot apex of barley. *Amer. J. Bot.*, Columbus, 49: 834-841.

MARSCHNER, H., 1974. Calcium nutrition of higher plants. *Neth. J. Agr. Sci.*, Wageningen, 22: 275-282.

MAYNARD, D.N., W.S. BARHAM e C.L. MCCOMBS, 1957. The effect of calcium nutrition of tomatoes as related to the incidence and severity of blossom-end rot. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 69: 318-322.

McILRATH, W.J., 1950. Growth responses of tomato to nutrient ions adsorbed on a pumice substrate. *Plant Physiol.*, Rockville, 25: 682-701.

MILIKAN, C.R.; E.N. BJARNASON, R.K. OSBORN e B.C. HANGER, 1971. Calcium concentration in tomato fruits in relation to the incidence of blossom-end rot. *Austral. J. Expt. Anim. Husband.*, Melbourne, 11: 570-575.

MULLINS, C.A. e J.D. WOLT, 1983. Effects of calcium and magnesium lime sources on yield, fruit quality and elemental uptake of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 108(5): 850-854.

NIGHTINGALE, G.T.; R.M. ADDOMS, W.R. ROBBINS e L.G. SCHERMERHORN, 1931.

Effects of calcium deficiency on nitrate absorption and on metabolism in tomato. *Plant Physiol.*, Rockville, 6(4): 605-630.

OSTERHOUT, W.J.V., 1907. The antagonistic action of K and Mg in plants. *Bot. Gaz.*, Chicago, 45: 117-124.

OZBUN, J.L.; C.E. BOUTONNET, S. SADIK e P.A. MINGES, 1967. Tomato fruit ripening. I. Effect of potassium nutrition on occurrence of white tissue. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 91: 566-572.

PARKER, F.W. e W.H. PIERRE, 1928. The relation between the concentration of mineral elements in a culture medium and the absorption and utilization of those elements by plants. *Soil Sci.*, Baltimore, 25:337-343.

PEARSON, R.W.; J. CHILDS e Z.F. LUND, 1973. Uniformity of limestone mixing in acid subsoil as a factor in cotton root penetration. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 37: 727-732.

PIERRE, W.H. e C.A. BOWER, 1943. Potassium absorption by plants as affected by cationic relationships. *Soil Sci.*, Baltimore, 55: 23-36.

PILL, W.G. e V.N. LAMBETH, 1980. Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relations, and elemental composition of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 105(5) : 730-734.

PILL, W.G.; V.N. LAMBETH e T.M. HINCKLEY, 1978. Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress, and blossom-end rot incidence in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 103(2) : 265-268.

QUEBEDEAUX, B., Jr. e J.L. OZBUN, 1973. Effect of ammonium nutrition on water stress, water uptake, and root pressure in *Lycopersicon esculentum* Mill., *Plant Physiol.*, Rockville, 52: 677-679.

RALEIGH, S.M. e J.A. CHUCKA, 1944. Effect of nutrient ratio and concentration on growth and composition of tomato plants and on the

- occurrence of blossom-end rot of the fruit. *Plant Physiol.*, Rockville, 19: 671-678.
- RASMUSSEN, H.P., 1967. Calcium and strength of leaves. I. Anatomy and histochemistry. *Bot. Gaz.*, Chicago, 128(3-4): 219-223.
- REEVE, E. e J.W. SHIVE, 1943. Potassium - Boron and Calcium - Boron relationships in plant nutrition. *Soil Sci.*, Baltimore, 57: 1-14.
- ROBBINS, W.R., 1937. Relation of nutrient salt concentration to growth of the tomato and to incidence of blossom-end rot of the fruit. *Plant Physiol.*, Rockville, 12: 21-50.
- SADIK, S. e P.A. MINGES, 1966. Symptoms and histology of tomato fruits affected by blotchy ripening. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 88: 532-543.
- SALMON, R.C., 1964. Cation activity ratios in equilibrium soil solutions and the availability of magnesium. *Soil Sci.*, Baltimore, 98: 213-221.
- SARRUGE, J.R., 1975. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica*. Piracicaba, 1: 231-233.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP. 56p.
- SAXENA, G.K.; S.J. LOCASCIO e J.B. LUCAS, 1975. Effect of N, P and K rates on response of cabbage and tomato grown on a coastal clay soil of Guyana. *Tropical Agriculture*, Guildford, 52(2): 149-156.
- SHEAR, C.B., 1975. Calcium nutrition and quality in fruit crops. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis*, New York, 6(3): 233-244.
- SOROKIN, H. e A.L. SOMMER, 1929. Changes in the cells and tissues of root tips induced by the absence of calcium. *Amer. J. Bot.*, Columbus, 16: 23-39.
- SOROKIN, H. e A.L. SOMMER, 1940. Effects of calcium deficiency upon the

- roots of *Pisum sativum*. *Amer. J. Bot.*, Columbus, 27: 308-318.
- SPENCER, E.L. e J.R. BECKENBACH, 1949. *Blossom-end rot of tomatoes*. Circular Florida Agric. Experiment Station, S6, 7p.
- SPURR, A.R., 1959. Anatomical aspects of blossom-end rot in the tomato with special reference to calcium nutrition. *Hilgardia*, Berkeley, 28 (12): 269-295.
- TAYLOR, G.A. e C.B. SMITH, 1957. The use of plant analysis in the study of blossom-end rot of tomato. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 70: 341-349.
- VIETS, F.G., Jr., 1942. Effects of calcium and other divalent ions on the accumulation of monovalent ions by barley root cells. *Science*, Washington, 95: 486-487.
- VIRO, M. e H.E. HAEDER, 1971. The effect of potassium status of tomato plants on the transport of organic compounds to the fruits. In: *Proc. 8th Coll. Internat. Potash Inst. Uppsala/Sweden*. p.118-124.
- WALL, M.E., 1939. The role of potassium in plants: I. Effect of varying amounts of potassium on nitrogenous, carbohydrate, and mineral metabolism in the tomato plant. *Soil Sci.*, Baltimore, 47: 143-161.
- WARD, G.M., 1963. The application of tissue analysis to greenhouse tomato nutrition. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Itaca, 83: 695-699.
- WARD, G.M., 1973. Causes of blossom-end rot of tomatoes based on tissue analysis. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, 53: 169-174.
- WELTE, E. e W. WERNER, 1963. Potassium - magnesium antagonism in soils and crops. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, 14: 180-186.
- WESTERHOUT, J., 1962. Relation of fruit development to the incidence of blossom-end rot of tomatoes. *Neth. J. Agric. Sci.*, Wageningen, 10:223-234.

- WIERSUM, L.K., 1966. Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. *Acta Botannica Neerlandica*, Leiden, 15: 406-418.
- WILCOX, G.E.; J.E. HOFF e C.M. JONES, 1973. Ammonium reduction of calcium and magnesium content of tomato and sweet corn leaf tissue and influence on incidence of blossom-end rot of tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, 98(1): 86-89.
- ZONTA, E.P.; A.A. MACHADO e P. SILVEIRA JUNIOR, (s.d.). *Sistema de análises estatísticas para microcomputadores. Manual de utilização.* 84p.