CONCENTRAÇÃO E EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E
DISTURBIOS NUTRICIONAIS NA CULTURA DE PEPINO
(*Cucumis sativus* L.) VAR. AODAI

FRANCISCO AUGUSTO MORA SOLÍS

Orientador: Prof. Dr. HENRIQUE PAULO HAAG

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
Dezembro, 1982

- Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag, pela orientação e apoio oferecido em todos os momentos, minha profunda gratidão.
- Aos Professores Dr. José Renato Sarruge e Dr. Antonio Roque Dechen, do Departamento de Química da ESALQ;
- Ao Departamento de Agricultura e Horticultura da ESALQ, na pessoa do Prof. Dr. Keigo Minami;
- Ao Engº Walter João Diehl, analista de sistemas, Centro de Computação Eletrônica da ESALQ;
- Aos senhores Luis Carlos Veríssimo, Maria Ferreira de Carvalho, Neide Bombeiro Filet, Sonia da Rocha e funcionários da Biblioteca Central da ESALQ;
- Aos senhores funcionários Francisco Carlos Antonioli, Adilson Fernando Baldin, Lourdes Ap. Dario, Lúcia Helena Pavan e Mirtes Ventura Sesso, da Seção de Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ;
- Aos senhores funcionários Mário B. Ludovico, Miguel Cêlio Hyppolito e Eleusa Bassi Brancalion, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ;
- A Hêlio Fonseca, José Roberto Pereira de Castro e Otávio Fernandes, estudantes-estagiários da Seção de Nutrição Mineral de Plantas e aos estudantes Valmir Rodrigues de Aquino e Alceu Massanori Ikeda da ESALQ;
- À secretária Marta Sueli de Campos Ferraz e Sra. Elisa S. Peron da ESALQ;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq;
- À Universidade do Panamá;

meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	v
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Concentração de nutrientes	4
2,2, Extração de nutrientes	12
2.3. Sintomas de deficiências nutricionais	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. Ensaio de campo	25
3.2. Ensaio em casa de vegetação	31
3.3. Análises estatísticas	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Crescimento	34
4.2. Macronutrientes	38
4.2.1. Nitrogênio	38
4.2.2. Fósforo	45
4.2.3. Potássio	52
4.2.4. Cálcio	60
4.2.5. Magnésio	66
4.2.6. Enxofre	72
4.3. Micronutrientes	78
4.3.1. Boro	78
4.3.2. Ferro	84

	Página
4.3.3. Zinco	90
4.3.4. Cobre	96
4.3.5. Manganês	102
4.4. Desenvolvimento do fruto, concentrações de macro e micronutrientes nos frutos desenvolvidos e ex- portação de nutrientes através da colheita	108
4.5. Ensaio em soluções nutritivas	113
4.5.1. Sintomas de deficiências	113
4.5.2. Produção de matéria seca	119
4.5.3. Níveis analíticos	122
4.5.4. Acumulação de nutrientes	124
4.6. Observações Gerais	127
5. CONCLUSÕES	131
5.1. Crescimento	131
5.2. Concentração de nutrientes	132
5.3. Acúmulo de nutrientes	132
5.4. Exportação de nutrientes pelos frutos na colheita	133
5.5. Sintomas de deficiências nutricionais	133
5.6. Níveis analíticos	134
LITERATURA CITADA	135

CONCENTRAÇÃO E EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES E DISTÚRBIOS NUTRICIONAIS NA
CULTURA DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) VAR. AODAI

Francisco Augusto Mora Solís

Orientador: Prof.Dr. Henrique Paulo Haag

RESUMO

Com o objetivo de determinar:

- a curva de crescimento do pepino (*Cucumis sativus* L.)
var. Aodai;
- as concentrações de nutrientes nos órgãos da planta em
função da idade;
- a acumulação de nutrientes pela planta;
- a exportação de nutrientes através da colheita dos fru-
tos;
- os sintomas de deficiência de macronutrientes e de bo-
ro, ferro e zinco, relacionando-os com a composição química da planta.

Foram conduzidos dois experimentos:

- ensaio de campo, no município de Piracicaba, SP (LS:
22°41'31" e LW: 47°38'01"), em solo Terra Roxa Estruturada, série Luiz
de Queiroz, devidamente adubado.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, com amostragens das plantas aos 12, 24, 36, 48, 60, 72 e 84 dias após a emergência, sendo subdivididas em raízes, caule, folhas do caule, ramos, folhas dos ramos, flores masculinas, flores femininas e frutos que foram analisadas para os nutrientes.

- ensaio em casa-de-vegetação, com plantas de pepino cultivadas em substrato de sílica e irrigadas com soluções nutritivas, sendo os tratamentos: completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre, omissão de boro, omissão de ferro e omissão de zinco. Acompanhou-se o desenvolvimento dos sintomas e uma vez evidenciados, realizou-se a coleta das plantas e a separação em raízes, caule, folhas e flores e analisou-se as diversas partes para os nutrientes,

Obtendo-se as seguintes conclusões:

- o crescimento é contínuo, acelerando-se até a maturidade da planta com a incorporação da matéria seca produzida pelos ramos e suas folhas, e pela contribuição dos frutos;

- aos 84 dias da cultura no campo, a quantidade de matéria seca estimada, produzida pela parte aérea, por planta, atingiu: 63,4g no caule e ramos (25,7%); 88,4g nas folhas (41,4%); 61,5g nas flores e frutos (28,8%), sendo o total produzido pela planta de 213,28g;

- nos órgãos aéreos, as concentrações de nutrientes são instáveis e variam em função da idade da planta;

- as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e ferro diminuem nos órgãos com a idade das plantas, as de cálcio, magnésio e boro aumentam, enquanto que as de zinco, cobre e manganês não apresentam uma tendência característica, mostrando grande variabilidade;

- os frutos novos acusam concentrações de nutrientes mais altas, havendo uma diminuição gradativa com o seu desenvolvimento;

- após 84 dias da emergência, a acumulação de nutrientes pela parte aérea, por planta, foi de: K-10,8g; N-6,1g; Ca-5,6g; Mg-1,5g; P-0,68g; S-0,44g; Fe-37,5mg; Mn-25,0mg; Zn-10,7mg; B-10,3mg; Cu-4,5mg;

- as quantidades de nutrientes exportados através da colheita, por tonelada de frutos no ponto de consumo, correspondem a: K-1.617g; N-1.050g; P-200g; Ca-174g; Mg-139g; S-58g; Fe-1,91g; Zn-1,21g; Mn-0,98g; B-0,87g; Cu-0,52g;

- a sintomatologia de carência de nutrientes é característica e de fácil identificação;

- os níveis de nutrientes nas folhas sadias, expressos em função da matéria seca, estão na faixa de: 2,91% e 4,17% de N; 0,24% e 0,43% de P; 1,61% e 2,71% de K; 0,63% e 1,55% de Ca; 0,88% e 1,18% de Mg; 0,40% e 0,42% de S; 51,2ppm e 70,2ppm de B; 151ppm e 180,7ppm de Fe; 48,2ppm e 53,2ppm de Zn;

- os níveis de nutrientes nas folhas com sintomas de carência, expressos em função da matéria seca são: 1,33% de N; 0,15% de P; 0,65% de K; 0,13% de Ca; 0,57% de Mg; 0,02% de S; 18,7ppm de B; 74,7ppm de Fe e 36,7ppm de Zn.

CONCENTRATION AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS AND MALNUTRITION SYMPTOMS
IN CUCUMBER PLANT (*Cucumis sativus* L.) VAR. AODAI

Francisco Augusto Mora Solís

Adviser: Prof.Dr. Henrique Paulo Haag

SUMMARY

In order to obtain:

- the growth rate of cucumber plant;
- the concentration of macro and micronutrients in the different organs of the plant;
- the accumulation of nutrients by the entire plant;
- the exportation of nutrients through the fruits;
- the deficiency symptoms of macronutrients, boron, iron and zinc, related to the nutrient levels in the plant.

Two experiments were carried out:

Field trial - a commercial cucumber plantation was execute at Piracicaba (SL: 22⁰41'31" and LW: 47⁰38'01"), SP, Brazil in a soil classified as Terra Roxa Estrutura (Alfissol), série Luiz de Queiroz.

Plants (4 replications) with 12, 24, 36, 48, 60, 72 and 84 days old after the emergency were collected and divided into roots, stems, leaves of the stem, leaves of the shots, masculine flowers, feminine flowers and fruits. The material was dried at 80°C and analysed for macro and micronutrients.

Greenhouse experiment - Cucumber plants were cultivated in pots containing pure quartz and irrigated with nutrient solutions with different compositions: full solution, lacking, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe or Zn. Once the symptoms were clearly identified the plants were harvested, divided into roots, stem, leaves and flowers. The material was dried at 80°C and analysed for the elements.

The main conclusions are:

- the growth rate is continuous, increasing the dry matter production by the increase of branches, leaves and specially of the fruits;
- at 84 days, the production of dry matter in grams was 64.3 for the stems and ramifications (25.7%); 88.4 for the leaves (41.4%); 61.5 for the fruits (28.8%), being the total plant weight of 213.28g.;
- in the aerial organs the nutrient concentrations were unstable with the age of the plant. The concentrations of N, P, K, S, and Fe decreased in the plant with the age. The concentrations of Ca, Mg and B increased. The remaining elements Zn, Cu and Mn shew no concentration tendencies in the different parts of the plant;

- the new fruits displayed a higher concentrations of the elements but decreased during the maturing period;

- at 84 days the plants accumulated by the aerial parts: 10.8g-K; 6.1g-N; 5.6g-Ca; 1.5g-Mg; 0.68g-P; 0.44g-S; 37.5mg-Fe; 25.0mg-Mn; 10.7mg-Zn; 10.3mg-B and 4.5mg-Cu;

- the amount of nutrients exported by one ton of fruits at the ripe stage were: K-1,617g; N-1,050g; P-200g; Ca-174g; Mg-139g; S-58g; Fe-1.9g; Zn-1.2g; Mn-1.0g; B-0.9g; Cu-0.5g.

- The malnutrition symptoms were clearly identified for each element;

- the levels of nutrients in sound leaves, expressed in percentage or part per million of dry matter were: N%-2.91-4.17; P%-0.24-0.43; K%-1.61-2.71; Ca%-0.63-1.55; Mg%-0.88-1.18; S%-0.40-0.42; Bppm-51.2-70.2; Fe ppm-151-180.7 and Zn ppm-48.2-53.2;

- the levels of nutrients in un-sound leaves expressed in percentage or part per million of dry matter were: N%-1.33; P%-0.15; K%-0.65; Ca%-0.13; Mg%-0.57; S%-0.02; Bppm-18.7; Fe ppm-74.7 and Zn ppm-36.7.

1. INTRODUÇÃO

Hortaliça cultivada em todas as partes do mundo, o pepino, *Cucumis sativus* L., da família das cucurbitáceas, tem como centro de origem mais provável a Índia. Trata-se de uma planta anual de caule herbáceo rasteiro ou trepador, com crescimento indeterminado rápido, unisexual monoica, que produz frutos continuamente durante alguns meses e muito sensível às condições desfavoráveis de clima e solo.

A produção e o valor comercial do pepino coloca-o entre as dez principais hortaliças comercializadas no Estado de São Paulo e a mais importante entre as cucurbitáceas. Em 1981, através da CEAGESP* foram comercializadas 28.579,9 t num valor de Cr\$ 836.461.403,8 e atingindo segundo o SINAC** quantidades de 42.811,5 t no resto do país. Hoje, depois do tomate, ocupa o segundo lugar em cultivo de casa-de-vegetação em diversos países do mundo.

* Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo.

** Sistema Nacional de Centrais de Abastecimento.

Consumido na forma natural e de pickles, existem cultivos distintos de acordo com a finalidade. Dentre as variedades para o consumo "in natura", destaca-se a Aodai, a mais cultivada no centro-sul do país.

Como a grande maioria das espécies da família, a planta de pepino prefere o clima quente, não suportando temperaturas muito baixas, e, muito menos, geadas. No Brasil, as áreas mais cultivadas situam-se principalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, indo a época normal de plantio de agosto a abril na maioria das regiões.

O rendimento em condições brasileiras ainda não atinge os valores obtidos em países com uma maior tradição de cultivo. Vários problemas não solucionados pela pesquisa contribuem para a diminuição na produtividade da cultura e para o prejuízo da qualidade do produto.

São escassos na literatura trabalhos enfocando dados de pesquisas e adubação do pepino, fato este mais evidente nas condições do Brasil.

Havendo necessidade de informações básicas sobre o crescimento e a nutrição mineral desta hortaliça, optou-se pela análise detalhada do comportamento das plantas em condições de cultivo comercial.

A análise de todas as partes da planta, poderá prover informações sobre o crescimento e uma adequada seleção de material na amostragem para a análise de tecido, aliada ao conhecimento da marcha de acumulação ontogênica de nutrientes, serão de grande valor no estabelecimento de programas adequados de adubação.

O presente trabalho teve por objetivo determinar:

- a curva de crescimento da planta;
- as concentrações de nutrientes nos órgãos da planta em função da idade;
- a acumulação de nutrientes pela planta e suas partes em função da idade;
- a exportação de nutrientes através da colheita dos frutos;
- o quadro sintomatológico das deficiências de macronutrientes e de boro, ferro e zinco;
- a concentração de macronutrientes e de boro, ferro e zinco nas raízes, caule, folhas e flores na presença e omissão desses nutrientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Concentração de nutrientes

O interesse em se relacionar o estado nutricional de plantas de pepino cultivadas em casa de vegetação ou em condições de campo, com sua produtividade, tem sido manifestado em diversos países da Europa e da América do Norte. Neste aspecto, podem-se considerar pioneiros, nos E.U.A., o trabalho de HOFFMAN (1933) que descreve os sintomas de deficiência minerais nas plantas e o de CAROLUS (1934) onde se estudam os efeitos da deficiência de magnésio do solo na produção, aparência e composição da cultura de pepino e em outras.

O conteúdo de fósforo e de potássio nas folhas localizadas em diferentes partes do caule de plantas de pepino^{1/}, em diversos estádios fisiológicos, foi estudado por BRADLEY e FLEMING (1961) relacionando-os com a produção. Foram encontradas altas correlações com o teor

^{1/} Variedades não citadas pelos autores.

de potássio nos estádios iniciais da cultura, sendo que não houve vantagem na amostragem das folhas novas sobre as mais velhas. No caso do fósforo, não foi constatada correlação significativa entre a produção e o teor foliar desse nutriente. Em plantas de 40 dias de idade com teores de potássio variando entre 3,08% e 3,44%, obtiveram-se produções de 27,2 t/ha e 30,2 t/ha, enquanto que naquelas com valores de 1,49% e 1,61%, a produção reduziu-se a 18,0 t/ha e 25,3 t/ha. Já os teores de fósforo achados nas plantas com as produtividades antes mencionadas, foram bastante próximos, oscilando, respectivamente de 0,36%-0,45% a 0,35%.

Nas folhas novas das plantas^{1/} cultivadas em casa de vegetação com soluções nutritivas, DREWS (1966) na Alemanha Ocidental, determinou concentrações na matéria seca que variaram em torno de: 5,5% e 7,5% de N; 2,7% e 4,2% de K; 0,7 e 1,4% de P; 0,3% e 0,8% de Mg e 0,3% de Ca. No mesmo país, e sob as mesmas condições de cultivo, PENNINGSFELD e KURSMAN (1966) determinaram nas folhas velhas: 7,3% de N; 2,5% - 5,4% de K; 0,3% - 1,0% de P; 0,6% - 1,3% de Mg e 5,7% - 11% de Ca, sendo que os teores de macronutrientes encontrados no fruto estiveram na faixa de 2,4% e 3,7% de N; 4,6% e 7,6% de K; 0,7% e 0,9% de P; 0,3% e 0,5% de Mg e 0,6% e 1,1% de Ca.

Com o objetivo de relacionar os teores de micronutrientes nas folhas e a produtividade da planta, com fertilizantes contendo nitrogênio na forma orgânica e mineral, ou cem por cento na forma mineral, EVERETT (1963) na Flórida, E.U.A., realizou um ensaio em condições de campo com pepinos da variedade "Ashley". As análises químicas revelaram que o teor de micronutrientes foi consideravelmente maior nas plantas

cultivadas em presença do adubo orgânico, quando comparadas com o mineral, apresentando-se, respectivamente, valores de 280ppm e 10ppm de Fe, 10ppm e 5ppm de Cu, 150ppm e 15ppm de Mn e 57ppm e 26ppm de B. A produção de frutos abrangida pelo primeiro tratamento, foi marcadamente maior, atingindo 20,6 t/ha e somente 3,2 t/ha no segundo. O experimento foi posteriormente repetido, adicionando-se, nessa ocasião, micronutrientes às duas fontes de nitrogênio, atingindo cada tratamento produções correspondentes a 27,5 t/ha e a 22,2 t/ha, mas prevalecendo ainda o tratamento com a fonte de N-orgânico. Conclui o pesquisador, que parece existir correlação, entre os micronutrientes contidos na matéria orgânica e a produtividade da cultura.

BERGAMANN *et alii* (1965) na Alemanha Ocidental, trabalhando com plantas^{1/} cultivadas em soluções nutritivas, realizaram um levantamento dos teores de boro contidos nas folhas, visando a obtenção de índices para a análise foliar. Foi observado pelos autores que a análise das margens das folhas e do resto da lâmina, realizadas separadamente, oferecia melhores índices do que a diferenciação das folhas em novas e velhas. Os teores de boro obtidos nas bordas e no resto da lâmina das folhas das plantas sadias, correspondeu, respectivamente, a 60ppm e 39ppm nas folhas novas e a 107ppm e 54ppm nas folhas velhas.

WARD (1967a) na Estação Experimental de Agricultura de Ontário, Canadá, determinou a concentração de nutrientes na matéria seca de amostras de plantas de pepino da variedade "Burpee hybrid", cultivadas em casa de vegetação. Os resultados obtidos, na oitava e vigésima semana após o plantio corresponderam a 4,86% e 2,05% de N; 1,31% e 0,76% de

P; 5,51% e 2,20% de K; 2,31% e 10,40% de cálcio e 0,88% e 1,70% de Mg. Os dados encontrados, levaram o autor a concluir que a composição total da planta mudou ontogenicamente, decrescendo a porcentagem de nitrogênio e potássio com o envelhecimento da planta, aumentando a de cálcio e magnésio, e permanecendo o teor de fósforo relativamente constante.

Em outro trabalho conduzido com plantas da mesma variedade, WARD (1967b) realizou um estudo detalhado da concentração de cinco nutrientes nos órgãos de plantas em estágio de crescimento médio e na maturidade. A análise dos resultados, permitiu ao autor concluir que: a porcentagem de nitrogênio nos tecidos foliares aumenta da base do caule para o ápice; o nível de fósforo é relativamente alto em todos os tecidos, não seguindo uma distribuição constante; os níveis de potássio são comparativamente uniformes do ápice à base; e o cálcio e o magnésio encontram-se nas folhas inferiores da planta em altas quantidades, diminuindo em porcentagem nas superiores. A análise do fruto em vários estádios de desenvolvimento mostrou que quanto maior o fruto, menor a porcentagem de matéria seca, nitrogênio e cálcio. As concentrações determinadas na planta madura, em plena produção, abrangiram valores que corresponderam no caule, folhas do caule, dos ramos e nos frutos a: 1,76%, 1,90%, 3,13% e 2,74% de N; 1,20%, 0,65%, 0,69% e 0,56% de P; 5,20%, 2,34%, 2,32% e 3,55% de K; 1,86%, 11,49%, 8,70% e 0,49% de Ca; e 0,43%, 1,28%, 1,11% e 0,26% de Mg.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) na Holanda, em ensaio conduzido em casa de vegetação com plantas da variedade "Sporu", cultivadas no solo e em soluções nutritivas, determinaram os teores de

nutrientes nas plantas sadias e naquelas que apresentaram sintomas de deficiência. Níveis satisfatórios na matéria seca das folhas amostradas duas semanas após o começo da coleta de frutos, registraram concentrações que variaram em torno de 0,15% a 1,6% de N-NO_3^- ; 0,35% a 1,02% de P; 2,5% a 5,40% de K; 5,7% a 11,4% de Ca; 2,6% a 1,3% de Mg; 0,6% a 0,7% de S; 40ppm a 120ppm de B; 120ppm a 420ppm de Fe; 90ppm a 150ppm de Zn; 100ppm a 300ppm de Mn, 7ppm a 10ppm de Cu e de 0,8ppm a 3,3ppm de Mo. Nas plantas deficientes, os valores encontrados estiveram na ordem de 0,1% de N-NO_3^- ; 0,3% de P; 0,5% a 2,1% de K; 2,3% a 4,3% de Ca; 0,22% de Mg; 0,06% de S; 20ppm de B; 63ppm de Fe; 9ppm de Zn; 12ppm de Mn; 2ppm de Cu e 0,3ppm de Mo.

Na mesma linha de pesquisa, WARD e MILLER (1970) no Canadá, estudaram a relação entre o tamanho do fruto e o conteúdo de nutrientes em pepinos da variedade "Burpee hybrid". Os dados dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio dos frutos nos estágios iniciais de desenvolvimento, mostraram porcentagens relativamente altas desses nutrientes, mas, após ter atingido certo tamanho, aproximadamente com 20 gramas, os níveis diminuíram e permaneceram constantes durante o processo de crescimento. Os níveis, concluíram os autores, podem diferir nas diferentes partes da planta, mas eles são uniformes para os frutos do mesmo tamanho em cada parte.

Utilizando-se de diferentes níveis de nitrogênio nítrico e amoniacal, BARKER e MAYNARD (1972) em Massachusetts, E.U.A., determinaram a diferença de crescimento e o acúmulo de nutrientes em plantas da variedade "Marketmore", cultivadas em soluções nutritivas. Após

duas semanas, as plântulas analisadas não apresentaram diferenças no nitrogênio total acumulado, revelando teores de 4,38% e 4,07% nos tratamentos, com N-NO_3^- e N-NH_4^+ , respectivamente. No entanto, assinalam os pesquisadores, verificaram-se diferenças significativas na produção de matéria seca e na concentração de nutrientes, proporcionando o primeiro tratamento, efeitos positivos com 9,8g de matéria seca/vaso e teores na planta de 6,30% de K, 3,45% de Ca e 0,67% de Mg, sendo que no segundo, manifestou-se uma reduzida produção de matéria seca com 1,9g/vaso e diminuição na concentração dos nutrientes com 3,52% de K, 1,81% de Ca e 0,44% de Mg.

Os efeitos de altas concentrações de cálcio e magnésio na composição mineral e no balanço iônico em plantas^{1/} cultivadas em soluções nutritivas com altos níveis desses nutrientes, foram determinados no Japão por SHIMADA (1973). Com um excesso de cálcio na solução, o teor deste nutriente aumentou na parte aérea até 2,72%, enquanto que os de fósforo e magnésio diminuíram até 0,24% e 0,78%. Já um excesso de magnésio na solução, aumentou marcadamente a concentração deste elemento, atingindo 2,24%, e diminuiu a de cálcio até 1,68%, sendo evidente a interação entre esses dois nutrientes. Estes valores, quando comparados pelo autor, com os teores abrangidos nas plantas cultivadas em solução nutritiva normal: 2,81% de N; 0,32% de P; 4,04% de K; 2,38% de Ca; 1,04% de Mg; 1,65% de Na, 100ppm de Fe e 8ppm de Mn, revelaram que houve efeito significativo dos tratamentos aplicados.

INGESTAD (1973) na Suécia, pesquisou as exigências nutricionais de plantas do cultivar "Bestseller OE 0219", cultivadas em

soluções nutritivas, concluindo que: a relação ótima dos nutrientes na planta é obtida quando a fonte oferece uma relação de $N=100$ e aproximadamente $75K$, $13P$, $9Ca$ e $9Mg$; o melhor desenvolvimento é atingido com quantidades equivalentes de nitrogênio nitrato e amoniacal, sendo que utilizando-se somente nitrato, também se conseguem altas produções, e a concentração ótima na solução corresponde a $200-300$ mg de N/l . O autor determinou nas plântulas sadias, e nas folhas novas e velhas das plantas com 60 dias, respectivamente, os seguintes teores: $6,54\%$, $7,9\%$ e $7,3\%$ de N ; $4,31\%$, $5,4\%$ e $7,0\%$ de K ; $0,68\%$, $1,0\%$ e $0,8\%$ de P ; $0,57\%$, $0,3\%$ e $1,6\%$ de Ca ; $0,58\%$, $0,4\%$ e $1,0\%$ de Mg .

Em experimentos de vasos com sílica, utilizando duas variedades de pepino, a "Burpee hybrid" e a "Sporu", WARD (1973) no Canadá, aplicou soluções nutritivas com diferentes níveis de cálcio, encontrando nas folhas superiores das plantas deficientes, $0,20\%$ ou teores menores do elemento, e nas plantas sadias com 41 dias de idade: $1,74\%$ nas folhas novas e $1,20\%$ nas folhas velhas, não havendo diferença significativa entre as duas cultivares. No caso de enxofre, WARD (1976) utilizou plantas da variedade "Toska 70", irrigando-as com soluções nutritivas de diferentes concentrações de sulfato. Após 77 dias, constatou o autor, diferentes níveis do elemento nas folhas velhas de plantas com aspecto sadio, deficiente e carente, correspondentes a $0,13\%$, $0,07\%$ e $0,003\%$; no caule os teores de enxofre giraram em torno de $0,24\%$, $0,03\%$ e $0,004\%$, sendo que no fruto corresponderam a $0,30\%$, $0,12\%$ e $0,002\%$. Os resultados obtidos levaram o autor a sugerir que o conteúdo médio de enxofre, numa folha padrão, amostrada aos 45 dias está em torno de $0,60\%$,

sendo que valores menores de 0,25% em algum órgão da planta estão associados com severas deficiências.

Confrontando os teores de nutrientes na planta com a produtividade, SINGH e CHODHURY (1977) na Índia, constataram a influência do cálcio no aumento da produção de frutos em plantas da variedade "Japonesa Long Green", cultivadas em vasos com terra. Plantas com teores de cálcio em torno de 3,97% e 4,52%, apresentaram elevadas produções que atingiram quantidades de 5,47 a 5,86 Kg de fruto/planta, enquanto que na planta teste a produção ficou reduzida a 3,7 Kg. O teor dos demais nutrientes, relatam os pesquisadores, manteve-se constante nos diferentes tratamentos, correspondendo a 2,27% de N, 0,26% de P e 0,95% de K. Os resultados observados, levaram aos autores concluir que a elevada produtividade das plantas, foi induzida pelos efeitos positivos do cálcio na floração.

Relacionando suprimento de nutrientes, produção e teores encontrados nas plantas, o trabalho de ADAMS (1978) na Inglaterra, oferece interessantes conclusões. Bons rendimentos e frutos de boa qualidade, foram associados com as seguintes concentrações de nutrientes na matéria seca da lâmina foliar: 4,5% a 5% de N; 0,7% a 1% de P; 2,5% a 3% de K; 0,6% a 1% de Mg; 40ppm a 80ppm de B; 8ppm a 20ppm de Cu; 100ppm a 200ppm de Fe; 100ppm a 300ppm de Mn; 0,5ppm de Mo e 40ppm a 100ppm de Zn. Foi verificado pelo autor, que altos níveis de nitrogênio, foram prejudiciais quando as plantas tornaram-se deficientes em magnésio, caindo a produção em torno de 25%. Sob condições de deficiência de potássio, acima de 50% da produção foi diminuída, enquanto que, sob níveis muito

elevados desse nutriente, ocorreu deficiência de magnésio e redução da produção acima de 20%.

No Centro Internacional de Cultivo Hidropônicos, na Espanha, CARPENA *et alii* (1978a) determinaram os conteúdos de macro e micro nutrientes nas folhas superiores de plantas das variedades "Bit Spot" e "Sporu", não havendo encontrado diferenças significativas entre os valores das duas variedades. Determinou-se um máximo teor de nitrogênio nas variedades, de 7,92% e 8,51%, aos 40 dias do cultivo, enquanto que, as concentrações de fósforo e magnésio apresentaram-se constantes durante to do o ciclo, com teores de 0,87% e 1,3% de P e de 0,8% de Mg. O potássio revelou tendência a diminuir com a idade da planta, com valores máximos, 4,10% e 4,74% aos 20 dias, e menores do que 3% a partir dos 60 dias. A tendência manifestada pelo cálcio foi inversa, estável até os 60 dias, com teores próximos de 2,16% e 2,47%, e apresentando valor máximo, 3,33% e 4,13%, aos 80 dias. Os resultados encontrados para o ferro, 243ppm e 263ppm, e para o cobre, 16ppm e 29ppm, foram constantes, enquanto que a concentração de zinco apresentou grande variabilidade, sendo máxima aos 80 dias com um valor de 238ppm.

2.2. Extração de nutrientes

Os valores apresentados pela literatura referentes à extração de nutrientes por plantas de pepino são muito variáveis. Estas variações, devem-se, fundamentalmente às condições experimentais sob as quais foi realizado o cultivo da planta. Inúmeras causas podem ser mencionadas, sendo entre outras, o cultivo no solo ou em soluções nutritivas,

a composição da solução nutritiva, a densidade de plantas e a duração do cultivo, para se mencionar somente algumas delas. Daí as diferenças encontradas nos trabalhos citados dos diferentes autores.

Na França, em condições de cultivo no solo, ANSTETT (1967) e COIC (1967) determinaram o consumo de nutrientes por plantas da cultura. O primeiro autor obteve uma produção de frutos de 3,0 kg/planta e o segundo de 2,5 kg/planta, por plantas que extraíram, respectivamente, as seguintes quantidades de nutrientes: 48,0g e 41,1g de N; 9,5g e 3,3g de P; 79,2g e 53,7g de K; 30,4g e 37,0g de Ca e 4,3g e 4,1g de Mg.

Em cultura instalada no solo, GEISSLER (1967) na Alemanha Ocidental, com produções médias de 2,5 kg de fruto, determinou que a absorção pela planta, correspondeu a 38,3g de N, 9,2g de P, 79,0g de K, 61,1g de Ca e 11,2g de Mg.

Plantas da variedade "Burpee hybrid", cultivadas em canteiros em casa de vegetação, foram utilizadas por WARD (1967a) no Canadá, para determinar a absorção de nutrientes pela cultura. Com uma densidade calculada de 2,15 plantas/m², correspondente a uma população de 21.844 plantas/hectare, determinou-se que a matéria seca produzida e a extração total de nutrientes por plantas num estágio médio de desenvolvimento e na maturidade, com 6 meses de idade, equivalia, respectivamente num hectare a 1538 kg e 14.964 kg de matéria seca, 72 kg e 408 kg de N, 15 kg e 92 kg de P, 85 kg e 550 kg de K, 40 kg e 237 kg de Ca e 10 kg e 57 kg de Mg. A produtividade obtida correspondeu a 3,69 t e 26,6 t de fruto em cada época, sendo que a extração de nutrientes pela colheita nesses dois períodos atingiu 12 kg e 321 kg de N; 3,4 kg e 66 kg de P;

17 kg e 417 kg de K; 2,3 kg e 58 kg de Ca e 1,4 kg e 30,3 kg de Mg. A quantidade de matéria seca produzida pelos frutos foi calculada em 369 kg e 11.708 kg por hectare.

Trabalhando com a variedade "Toska 70", WARD (1976) verificou que a absorção de enxofre pela planta, era proporcional ao teor do nutriente no tratamento aplicado, havendo de maneira geral, um pequeno gradiente decrescente no conteúdo do elemento da base para o ápice. Analisando os órgãos individuais, determinou que a quantidade acumulada de enxofre numa planta na maturidade era de 381 mg o que representava 0,45% da planta, incluindo a colheita de frutos. A absorção deste elemento, pela planta cultivada no solo em condições em casa de vegetação, foi constatada pelo autor em pesquisa prévia, estando na ordem de 67,3kg por hectare, o que coloca o S, aproximadamente, no mesmo intervalo de exigências nutricionais do que o Mg e o P.

CARPENA *et alii* (1978b) na Espanha, estudaram a absorção de nutrientes por planta da variedade "Sporu", desenvolvidas em solução nutritiva, sob duas densidades: 3,26 e 2,43 plantas por metro quadrado. Após um período de 18 semanas, constataram os autores, que apesar do tratamento de densidade maior apresentar um consumo menor de nutrientes, a expressão dos resultados por unidade de superfície não revelou diferenças significativas nem em absorção nem em produção para cultivos em soluções nutritivas. A produção de fruto em cada tratamento, esteve na média de 26,7 t e 26,2 t por hectare, sendo que acumulação de nutrientes abrangiu quantidades equivalentes a 380,0 kg e 342,7 kg de N; 183,0 kg e 160,6 kg de P; 739,5 kg e 648,6 kg de K; 432,7 kg e 367,6 kg de Ca e 106,3 e 65,0 kg de Mg.

Ao se fazer uma comparação dos resultados obtidos no trabalho anteriormente mencionado, realizado por CARPENA *et alii* (1978b) com os resultados obtidos por MILLETTI (1969), os primeiros autores atribuíram as diferenças constatadas à composição das soluções nutritivas utilizadas, por ser a de Milletti mais rica em fósforo, potássio e cálcio. O segundo autor utilizou uma densidade de 11 plantas por metro quadrado, obtendo uma produção de 29,7 t por hectare, quando a absorção de nutrientes num hectare correspondeu a 462 kg de N, 359 kg de P, 1155 kg de K, 1364 kg de Ca e 95 kg de Mg.

A determinação da absorção de nutrientes por plantas de pepino da variedade "Sporu" foi feita por PÉREZ MELIÁN *et alii* (1978) através da análise da solução nutritiva, na qual foram cultivadas durante 5 meses. A extração por planta, variou em torno de: 27,3g e 39g de K; 22g e 26g de Ca e 4,2g e 6g, de Mg. Foi observado que a medida que aumenta a idade do cultivo, diminui a absorção de potássio de 45% a 35% do total dos nutrientes absorvidos, aumenta a absorção de cálcio de 35% a 45%, e que o magnésio manteve-se constante com níveis em torno de 20%.

A absorção de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas do cultivar "Femdam", desenvolvidas em soluções nutritivas recirculadas foi estudada por ADAMS (1980) na Inglaterra. O autor constatou valores médios de absorção diária na ordem de 306mg de K, 248mg de N e 40mg de P. Entre os fatores que parecem afetar a taxa de absorção, destacam-se, assinala o pesquisador, a intensidade luminosa e a temperatura do ar que aumentaram a absorção de nitrogênio e potássio na planta, além da

temperatura da solução nutritiva que também influenciou a absorção do fósforo.

2.3. Sintomas de deficiências nutricionais

Deficiência de nitrogênio

Os sintomas iniciais de deficiência de nitrogênio em pepino caracterizaram-se, segundo SKINNER (1941), por um crescimento lento da planta e pela mudança de cor das folhas, que eventualmente degenerou em um verde-amarelado, sendo que nos casos extremos, praticamente toda a clorofila foi diminuída, e a coloração final foi amarela. Os caules eram delgados e tornaram-se duros e fibrosos. As raízes podem ser mais desenvolvidas, relativamente, que as outras partes, porém, finalmente chegam a estar impedidas de crescer e em pouco tempo ficam escuras e morrem. Os frutos nas plantas deficientes eram frequentemente de cor mais clara e em condições pronunciadas, tornaram-se pintados, com uma queda drástica na produção.

HOFFMAN (1933), DEARBORN (1936), BRADLEY e FLEMING (1961), SPRAGUE (1964) e ANSTETT (1967) também reportaram que plantas deficientes em nitrogênio produziam frutos pequenos com formas anormais e cor amarelada em seus extremos, apresentando as folhas nervuras verde-pálido com áreas de coloração amarelo-claro.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) no Horticultural Research and Experiment Station, na Holanda, em um extenso trabalho publicado com a descrição de sintomas de deficiência e dados analíticos em

plantas da variedade "Sporu", relatam, que nas plantas deficientes em nitrogênio, o crescimento é atrofiado e a folhagem torna-se verde-amarelada, sendo a descoloração mais acentuada nas folhas inferiores. Ocasionalmente o mesófilo ao redor das nervuras principais permanece verde durante algum tempo, contrastando com as nervuras amareladas. As flores são relativamente grandes. Com deficiências severas, a planta inteira torna-se de cor amarela e quase branca, os cotiledons e as folhas basais morrem, e as folhas novas param de crescer. Os frutos da variedade ~~Sporu~~, ficaram pequenos, delgados, claros ou verde-cinzentos e espinhosos, sendo que os frutos normais eram verdes e lisos.

Deficiência de fósforo

As plantas sofreram um retardamento no seu desenvolvimento antes de apresentar sintomas definitivos de deficiência de fósforo, é apontado por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969). Relatam os autores que sob drásticas deficiências o crescimento é completamente impedido, as folhas jovens ficam pequenas, rígidas, com coloração verde-escuro. Grandes manchas de aspecto hidratado, tanto nas nervuras como nas zonas internervais aparecem nos cotiledons e nas folhas velhas, espalhando-se para as folhas novas. Com o transcorrer da falta do nutriente, as folhas afetadas se murcham, as manchas tornam-se marrom e dessecadas, sendo que o pecíolo permanece turgido por algum tempo.

Deficiência de potássio

Conforme SKINNER (1941) a deficiência de potássio em plantas de pepino foi exibida por uma área bronzeada e logo necrótica nas bordas das folhas, caule não desenvolvido e por frutos deformes com pontas delgadas. O sintoma característico de necrose marginal da folha, avança gradualmente para dentro da lâmina, precedido do bronzeamento dentro das nervuras.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) observaram que em plantas deficientes em potássio, o crescimento foi impedido, os internódios permaneceram curtos e as folhas ficaram pequenas. As folhas tornaram-se bronzeadas e verde-amareladas nas margens com as nervuras principais fundas. Em estádios tardios, a clorose internerval torna-se mais pronunciada e se espalha para o centro das folhas, seguida da necrose. Quando as margens das folhas secam, as nervuras, no entanto, permanecem verdes por algum tempo. Os sintomas avançam da base para o ápice da planta, sendo as folhas velhas mormente afetadas. Descrições similares foram dadas por HOFFMAN (1933), SPRAGUE (1964) e ANSTETT (1967). Todos eles também mencionam a produção de frutos de formas irregulares.

Deficiência de cálcio

Os sintomas de deficiência de cálcio nas plantas, foram amplamente descritos por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969). Constataram que nas plantas deficientes, as folhas mais novas apresentavam pontos brancos transparentes perto das margens entre as nervuras; clorose internerval

aumentando gradualmente em intensidade, mas com as nervuras sempre verdes, na maioria das folhas; crescimento atrofiado e internódios curtos, especialmente perto do ápice; folhas novas muito pequenas com bordos incisos e curvados para cima, ocorrendo o posterior secamento das margens avançando para dentro; folhas mais velhas curvadas para baixo. Sob deficiências severas os pecíolos tornam-se quebradiços e as folhas desprendem-se facilmente. Os botões florais abortam e a planta morre a partir do ápice. De acordo com Hardh (1957), citado por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), as flores são menores que as normais e de coloração amarelo pálido, produzindo-se frutos pequenos, rugosos e sem sabor.

WARD (1973), em ensaio conduzido com as variedades "Burpee hybrid" e "Sporu", com solução nutritiva deficiente em cálcio, obteve sintomas de deficiência das plantas em sucessivos estádios de desenvolvimento. Aos 35 dias de idade, as plantas apresentaram crescimento atrofiado, manchas cloróticas e clorose internerval nas folhas basais, severo curvamento abaxial das folhas novas e brotos de tamanho reduzido. Aos 41 dias, as folhas basais apareceram normais, sendo as demais cloróticas e enroladas; os embriões dos frutos ficaram muito pequenos e os brotos abortados, com a planta de altura pequena. Já, aos 49 dias, os sintomas foram severos, apresentando a planta um atrofiamento geral, o ápice necrosado e frutos pequenos e deformados.

Deficiência de magnésio

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) verificaram que os sintomas mostrados por plantas de pepino deficientes em magnésio iniciaram-se nas folhas mais velhas com clorose internerval que avançaram das margens das folhas para a parte central da lâmina. Os sintomas espalham-se das folhas mais velhas para as novas e finalmente a planta inteira torna-se de coloração amarelada. Sob moderadas deficiências os caules e as folhas crescem normalmente, mas sob deficiências mais agudas a clorose, atinge as nervuras pequenas, torna-se mais intensa, ficando somente verde a nervura principal. Algumas vezes a clorose aparece como grandes manchas irregulares entre as nervuras, ocorrendo eventualmente necrose. Uma descrição semelhante foi dada por CAROLUS (1934) e ANSTETT (1967).

Deficiência de enxofre

O crescimento limitado da planta, é a principal característica indicada por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) em plantas deficientes em enxofre. Outros sintomas observados referem-se a folhas muito pequenas, particularmente as mais jovens, curvadas para baixo, apresentando uma cor verde-pálida a amarelada. A diferença do nitrogênio, o amarelecimento é menos pronunciado nas folhas velhas. Destaca-se, também as margens das folhas novas conspicuamente dentadas.

Em ensaio conduzido com soluções nutritivas contendo variáveis concentrações de Na_2SO_4 , WARD (1976) determinou os sintomas de

deficiência de enxofre, em plantas da variedade "Toska 70", em duas épocas de crescimento. Aos 30 dias, as plantas crescidas na ausência de enxofre, apresentaram folhas apicais verde pálido, amarelecimento inicial das nervuras avançando para fora e dando uma aparência mosqueada, folhas pequenas ligeiramente serrilhadas, sendo as basais normais. Aos 45 dias, estas plantas mostraram uma altura reduzida, com folhagem endurecida e cor verde-amarela muito pálida, enroladas para dentro e profundamente dentadas.

As plantas dos tratamentos em soluções deficientes em enxofre, apresentaram neste segundo período iguais sintomas. Concluiu o autor, concordando com ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), que o principal efeito morfológico, na deficiência de enxofre é a depressão do crescimento e a diminuição da produção de frutos.

Deficiência de boro

A deficiência de boro, produziu sintomas característicos, segundo o observado por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969). O ápice, compreendendo tanto os pontos de crescimento como as folhas ainda não desenvolvidas, enrola-se e morre, aparecendo os tecidos mortos com coloração acinzentada. Os brotos secundários também morrem cedo. Algumas vezes as folhas mais velhas curvam-se para cima e são duras, e sob severas deficiências, mosqueadas com manchas cloróticas entre as nervuras. Quando os brotos morrem ou param de crescer, a planta apresenta um aspecto atrofiado. Zavališna (1955), citado por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDEN (1969), menciona atividade anormal do cambio e redução do número de

estômatos no lado inferior da folha e de acordo com Quillon (1968), também citado pelos autores acima mencionados, uma diminuição do fornecimento de boro promove a redução da porcentagem de flores femininas.

MONNERAT *et alii* (1978) em Minas Gerais, Brasil, caracterizaram os sintomas de deficiência de boro em plantas de pepino de variedade "Aodai", durante o período de frutificação, em ensaio realizado em vaso com aplicações de soluções nutritivas com níveis diferentes do nutriente. Foi observado, que as folhas novas das plantas carentes de boro, tornaram-se cloróticas entre as nervuras, havendo morte prematura das gemas terminais de crescimento e queda das flores fecundadas, sem produção de frutos. Nas plantas com frutos de até nove dias de idade, os sintomas manifestaram-se nos frutos com a presença de áreas aquosas irregulares, que logo assumiram aspecto resinoso de cor amarelada, translúcida e posteriormente, desidrataram-se e tornaram-se deprimidas e ásperas com aparência cortiçosa, havendo também a queda da cor verde normal e reduções do comprimento e diâmetro, do tamanho das sementes e do tecido placentário. Não foram constatados, pelos autores, sintomas externos em frutos submetidos à deficiência com idade de 13 a 17 dias,

HEWITT e WATSON (1980) na Suécia, usando sistemas com soluções nutritivas recirculadas, induziram deficiência do micronutriente em plantas de pepino do cultivar "Femspot F₁ hybrid", objetivando diagnosticar os sintomas produzidos. Observaram que os primeiros sintomas apareceram aos 20 dias, sendo estes semelhantes aos mencionados: morte dos brotos apicais e pontos secundários de crescimento, permanecendo as folhas verdes por algum período. Nas plantas transplantadas do tratamento completo, para o de carência de boro, os sintomas desenvolveram-se

lentamente, após 30 dias.

Deficiência de ferro

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) citaram a ocorrência de deficiência de ferro em plantas de pepino, caracterizada por um fino reticulado verde das nervuras sobre o tecido amarelo das folhas mais novas. Nos estádios mais avançados, a clorose estende-se as nervuras, primeiro nas menores. Posteriormente as folhas afetadas tornam-se de verde-limão a branco-amarelo, os brotos detem seu crescimento e a necrose aparece nas margens das folhas que tinham perdido completamente sua clorofila. Apontam os autores, que a diferença da deficiência de manganês, as folhas novas são mais afetadas, e que, os sintomas avançam do ápice para a base da planta. Os brotos secundários e os frutos, observaram, também tornam-se de coloração verde-limão.

Em ensaio conduzido com plantas da variedade "Femspot F₁ hybrid", com soluções nutritivas recirculadas, HEWITT e WATSON (1980) verificaram que os sintomas de carência de ferro manifestaram-se muito rápido, sendo que aos sete dias da omissão deste nutriente, as plantas apresentavam uma clorose verde-amarelo brilhante, progredindo para uma coloração marfim nas folhas em crescimento e ainda rudimentarias. Nas plantas transplantadas do tratamento completo, para as soluções deficientes em ferro, os sintomas também apareceram após os sete dias de iniciado o tratamento. Em ambos os casos, assinalam os autores, houve a morte das plantas, após poucas semanas do início do tratamento.

Deficiência de zinco

Plantas com aspecto arbustivo, devido a lentidão do crescimento dos internódios do ápice, fazendo que as folhas permaneçam muito juntas e fechadas, foi um dos principais sintomas verificados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) sob condições de deficiência de zinco. Outros sintomas constatados foram um leve mosqueado internerval nas folhas mais velhas, atingindo posteriormente as mais jovens.

HEWITT e WATSON (1980) observaram que as plantas cultivadas em soluções nutritivas carentes do nutriente manifestaram sintomas de deficiência aos 45 dias. As folhas tornaram-se pálidas, com o destaque das nervuras principais de coloração verde, pela persistência de alguma clorofila.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes da variedade de pepino (*Cucumis sativus* L.) Aodai, a qual segundo FILGUEIRA(1981) produz frutos alongados, cilíndricos, bem retos, três lóculos, com 20 a 30cm de comprimento, 4 a 5cm de diâmetro e peso unitário de 320 a 400g quando no ponto de colheita. A casca é verde-escuro brilhante, com espinhos brancos e interior branco, apresentando às vezes o interior ôco e o sabor ligeiramente amargo. Os ramos atingem 3m de comprimento, sendo a frutificação predominante na haste principal, produzindo cerca de 10 frutos por planta.

3.1. Ensaio de campo

O ensaio foi instalado e conduzido no campo experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, no município de Piracicaba, SP, situado nas coordenadas geográficas, segundo a Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (1957): Latitude S: 22°41'31", Longitude WG: 47°38'01" e a 540m de altitude.

SETZER (1956) classifica o clima local como mesotérmico Cwa sub-tropical úmido, com estiagem no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio é inferior a 18°C.

Os dados das precipitações pluviométricas e temperaturas médias do ar durante o período do ensaio na região da área experimental estão contidos na tabela 1.

Tabela 1. Precipitações e temperaturas do ar no município de Piracicaba, SP, nos meses agosto/dezembro de 1981*

Meses	Precipitações (mm)		Temperaturas de ar - °C		
	1981	Normal (1917-70)	Médias (1981)	Mínimas médias	Máximas médias
Ago.	3,6	28,8	19,1	10,7	27,5
Set.	5,9	60,4	22,0	13,5	30,5
Out.	231,5	104,5	21,1	15,4	27,0
Nov.	167,2	131,4	24,2	18,3	30,2
Dez.	211,2	205,7	23,6	18,4	29,0

* Análise dos Dados Meteorológicos do Município de Piracicaba (SQ, ESALQ, USP).

O solo utilizado é classificado como Terra Roxa Estruturada, série Luiz de Queiroz, e vem sendo cultivado por anos consecutivos com hortaliças, sendo que 2 meses antes da instalação do ensaio tinha sido cultivado com plantas de tomateiro.

Antes do plantio, foi retirada uma amostra composta da camada arável (20cm) e analisada quimicamente de acordo com os métodos descritos por CATANI e JACINTO (1974), cujos resultados analíticos são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultado da análise química da camada arável (20cm) do solo da área experimental

	pH (H ₂ O) 1:2,5	C%	PO ₄ ³⁻ *	Teor trocável em meq./100g TFSA					
				K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺
Amostra	6,4	1,2	1,30	0,60	5,90	1,20	0,08	3,00	0,40

* miliequivalentes/100g de TFSA solúveis em H₂SO₄ 0,05N.

Na camada arável do solo, determinou-se a concentração de micronutrientes usando-se uma solução estratora com o ácido dietileno-triaminopentacético (DPTA) pH 7,3, de acordo às especificações de LINDSAY e NORWELL (1969). Os resultados obtidos foram: 9,7 ppm de Cu, 19,1 ppm de Fe, 32,0 ppm de Mn e 12,4 ppm de Zn.

A análise granulométrica do solo foi feita pelo método da pipeta, utilizando-se como agente dispersante hexametáfosfato de sódio a 5%, conforme o método preconizado por KILMER e ALEXANDER (1949), sendo os resultados obtidos apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Resultados da composição textural da camada arável (20cm) do solo da área experimental (%)

	Argila (água)	Argila (calgon)	Limo	Areia total	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina
Amostra	27,0	40,5	26,6	32,9	0,6	1,6	7,6	16,4	6,7

O preparo da área do ensaio de 302,4m² (33,6m x 9m), foi realizada em meados de agosto de 1981, constando de uma aração e uma gradagem. O plantio foi feito no dia 01/09/81, semeando-se 5 sementes por cova à profundidade aproximada de 3cm, sendo o espaçamento entre linhas de 1,5m e 0,60m entre covas. A emergência das plantas se deu 8 dias após o plantio.

A adubação fundamental na cova e as adubações em cobertura foram baseadas em FILGUEIRA (1981). A adubação aplicada no plantio consistiu de 50g por cova da formulação 5-25-10, utilizada comumente pelos horticultores nos cultivos comerciais, sendo os fertilizantes incorporados ao solo.

Aos 12 dias após a emergência das plantas, foi realizada a primeira amostragem por ocasião do desbaste, deixando-se em cada cova apenas a planta mais desenvolvida, ficando na área experimental uma população de 330 plantas com 55 plantas em cada uma das 6 linhas do ensaio, correspondendo a uma população teórica de 11.110 plantas/hectare.

A cultura foi irrigada quando necessário, principalmente durante o mês de setembro quando o regime de chuvas foi notoriamente baixo.

Para facilitar os tratos culturais e a colheita, além de favorecer a defesa fitossanitária, a cultura foi estaqueada, com tutores de bambu, a uma altura aproximada de 2m do solo, utilizando-se o sistema de cerca cruzada.

Foram feitas duas adubações em cobertura, consistindo cada uma de 20g de sulfato de amônio por planta por vez. A primeira aplicação foi realizada no dia 20/10/81 e a segunda no dia 13/11/81.

O controle de pragas e doenças foi realizado preventiva e periodicamente com pulverizações de Dithane M-45* na dosagem de 3g/l nos dias 29/10/81 e 12/11/81. Nesta última data aplicou-se também Benlate** na concentração de 0,8 g/l.

A partir do desbaste, as amostras de plantas foram retiradas a intervalos de 12 dias, até 01/12/81, quando a cultura já apresentava sinais visíveis de senescência nas folhas mais velhas. Cada amostragem constou de um número variável de plantas, dependendo do desenvolvimento da cultura, sendo que a partir da quinta amostragem, devido ao tamanho das plantas, retirou-se somente uma planta por amostra.

No dia de cada amostragem, eram retiradas ao acaso as plantas correspondentes às quatro repetições, sempre entre plantas competitivas.

* Maneb (Etileno bisditiocarbamato de manganês com zinco)

** Benomyl (Metil benzimidazol carbamato)

As plantas eram cortadas rentes ao solo e levadas ao laboratório, onde eram separados o caule, folhas do caule, ramos, folhas dos ramos, flores masculinas, flores femininas e frutos quando presentes na planta. Na amostragem das raízes das plantas sorteadas, obteve-se a raiz pivotante até uma profundidade aproximada de 20cm junto com a maior quantidade possível das radículas.

Quando foi atingido o ponto de colheita comercial dos frutos, com um comprimento médio de 20cm, foi feita sua amostragem no dia 10/11/81. Os frutos foram divididos ao meio, no sentido longitudinal, sendo que em uma das metades, analisou-se em separado os nutrientes da casca e a polpa com sementes tenras. Na outra metade, determinou-se os teores médios para se calcular as quantidades de nutrientes exportados pela colheita dos frutos. Para a análise química das sementes em capacidade de germinação, utilizaram-se frutos maduros colhidos na última amostragem das plantas.

As partes das plantas foram lavadas com água destilada e desmineralizada, segundo recomendações de SARRUGE e HAAG (1974). Secas em estufa de circulação forçada de ar a 75°C e atingido o peso constante do material, determinou-se o peso da matéria seca, exceto para as raízes. Procedeu-se à moagem do material em moinho tipo Wiley e à análise química de macro e micronutrientes, exceto molibdênio e cloro, de acordo com os métodos descritos em SARRUGE e HAAG (1974).

3.2. Ensaio em casa de vegetação

Sementes de pepino da variedade Aodai, foram semeadas em bandejas contendo vermiculita, no dia 01/10/81, em casa de vegetação, sendo que a emergência ocorreu sete dias após.

As mudas, com uma altura aproximada de 10cm e em número de cinco, após as raízes terem sido lavadas com água destilada para eliminar resíduos de vermiculita, foram transplantadas para vasos com capacidade de 7 litros, contendo silica finamente moída.

As plantas foram irrigadas até o início dos tratamentos com solução nutritiva completa (SARRUGE, 1975), pela manhã, e com água destilada ao meio dia e no período da tarde.

Após esse período, quando as plantas tinham 22 dias de ter emergido, no dia 05/11/81, efetuou-se o desbaste, deixando-se duas plantas em cada vaso, passou-se água em abundância pelo interior dos vasos visando remover os nutrientes retidos no quartzo e deu-se início aos tratamentos completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre, omissão de boro, omissão de ferro e omissão de zinco, empregando-se as soluções recomendadas por SARRUGE (1975).

Foi necessário realizar controle fitossanitário com pulverizações preventivas de Dimecron*, na dosagem de 1,5 ml/l no dia 23/10/82 e aplicações de Benlate**, na concentração 0,6g/l no dia 03/11/81.

* Phosphamidon (fosforado)

** Benomyl (Metil benzimidazol carbamato)

As soluções nutritivas eram aplicadas duas vezes ao dia, sendo que no período do meio dia era preciso fazer irrigações adicionais com água destilada para manter a umidade da silca e evitar o murchamento das plantas devido à alta taxa de transpiração. O desenvolvimento das plantas foi seguido e a evolução dos sintomas de deficiência, uma vez evidenciados, foram acompanhados e anotados, até se tornarem bastante definidos, procedendo-se, então, à coleta das plantas.

O material coletado foi lavado, separado em raízes, caule, flores, folhas basais e folhas terminais para o tratamento completo, e em folhas com e sem sintomas de carência do nutriente para os outros tratamentos. Uma vez secado em estufa com circulação de ar forçado a 75°C, determinou-se o peso da matéria seca e foi moído em um moinho tipo Wiley.

As amostras foram analisadas, segundo os métodos descritos em SARRUGE e HAAG (1974), apenas para os nutrientes que faziam parte dos tratamentos de omissão, isto é, para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe e Zn, exceto o tratamento completo, no qual foram analisados todos os nutrientes testados no ensaio.

3.3. Análises estatísticas

O delineamento estatístico utilizado nos ensaios de campo e de casa de vegetação foi o inteiramente casualizado com quatro repetições.

Foi realizada análise de variância dos resultados obtidos referentes à produção de matéria seca, concentração e extração de

nutrientes pelos órgãos e frutos das plantas em diferentes estádios de desenvolvimento.

A análise de regressão para as quantidades acumuladas, concentração de nutrientes e matéria seca, das partes das plantas em função das épocas, para a obtenção das curvas representativas, dos pontos de mínima, de inflexão e de máxima, foram obtidas a partir de dados ajustados por computação eletrônica, utilizando-se o programa para a obtenção dos polinômios ortogonais. A escolha das equações recaiu sobre aquela cujo componente mais elevado foi significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, sendo em alguns casos escolhidas curvas até o 5º grau com componentes não significativos, quando se apresentaram pontos de mínima negativos dentro do intervalo de tempo pesquisado no ensaio.

Os pesos médios da matéria seca produzida pelas raízes, caule, folhas e flores das plantas cultivadas com soluções nutritivas, assim como os teores e acúmulos de nutrientes, foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 1% e 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento

Como indicador de crescimento da planta foram utilizados os dados de produção de matéria seca, analisando-se o acúmulo obtido nos órgãos aéreos da planta em função da idade. Os resultados são apresentados nas tabelas 4 e 5 e ilustrados na figura 1.

O acúmulo de matéria seca pelo caule apresentou crescimento segundo uma equação de regressão de 2º grau, com um alto coeficiente de determinação de 99,28**. Vale salientar que em alguns casos, as equações de regressão não se ajustaram perfeitamente aos dados obtidos, apesar da alta significância encontrada, por terem apresentado pontos de acúmulos negativos dentro do período estudado, fato contrariando a realidade biológica da planta. Apresentaram-se nestes casos, as correspondentes equações de maior grau, embora os componentes mais elevados não fossem significativos (tabela 5).

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 4. Produções médias de matéria seca pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade, em gramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	g/planta					Kg/ha		
	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas e folhas	Total	Caule e ramos	Folhas Flores e frutos
12	0,02a*	0,14a	-	-	-	0,16a	0,222	1,555
24	0,16a	0,72a	-	-	-	0,88a	1,778	8,000
36	0,85a	3,19a	-	-	-	4,04a	9,440	35,441
48	4,13ab	14,41b	2,51a	5,88a	0,43a	27,55a	73,770	225,422
60	7,90b	24,90c	9,80a	25,70b	0,92b	87,84b	196,647	566,166
72	16,37c	36,05d	32,65b	45,95c	0,68ab	173,52c	544,612	911,020
84	22,22d	25,47c	39,45b	61,40d	0,65ab	203,84d	685,154	965,126
d.m.s.(Tukey) 5%	4,71	7,45	8,19	13,12	0,40	34,16	-	-
C.V.(%)	27,75	21,63	18,45	17,99	28,47	20,64	-	-

* Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 5. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2) referentes à produção de matéria seca pelos órgãos aéreos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caule	$\bar{Y} = 8,0182 - 1,3581x + 0,0795x^2 - 2,1115.10^{-3}x^3 + 2,6813.10^{-5}x^4 - 1,2353.10^{-7}x^5$	99,82
Folhas do caule	$\bar{Y} = -7,6517 + 1,3427x - 0,0779x^2 + 1,8066.10^{-3}x^3 - 1,2061.10^{-5}x^4$	99,58**
Ramos	$\bar{Y} = -52,4160 + 1,1139x$	94,69**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -68,0035 + 1,5566x$	99,64**
Flores masculinas	$\bar{Y} = -3,3322 + 0,1227x - 9,0278.10^{-4}x^2$	62,13*
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -80,8412 + 1,6803x$	99,73**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = 18,4010 - 3,9514x + 0,3157x^2 - 0,0115x^3 + 1,9206.10^{-4}x^4 - 1,054.10^{-5}x^5$	99,89

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa do peso da matéria seca, em gramas, por planta

* - Significativo a 5%

** - Significativo a 1%

Figura 1. Produção de matéria seca (g/planta) pelos órgãos aéreos da planta em função da idade

Através da tabela 4 e a figura 1, verifica-se que o acúmulo de matéria seca no caule foi relativamente lento até os 48 dias após a emergência da planta, não havendo diferenças mínimas significativas. A partir dessa época, aumentou rapidamente o crescimento e atingiu aos 84 dias quantidades estimadas de 22,25 gramas por planta.

A quantidade de matéria seca produzida pelas folhas do caule ajustou-se a uma equação de quarto grau. Constata-se na tabela 4, o elevado acúmulo ocorrido depois da terceira amostragem, passando de valores estimados de 3,75 gramas aos 36 dias, para 35,29 gramas aos 72 dias, e diminuindo aos 84 dias para quantidades estimadas de 25,63 gramas, em consequência da queda das folhas mais velhas, que já apresentavam sinais visíveis de senescência. Pode ser verificado na mesma tabela, que a produção de matéria seca pelas folhas foi maior do que a do caule, observando-se ainda uma diferença maior nos primeiros estádios, com valores correspondentes a 12,5% e 87,5% do total da planta. Nos estádios tardios, os valores foram mais próximos, com porcentagens de 10,6% e 12,1% do total da matéria seca produzida aos 84 dias.

O acúmulo de matéria seca nos ramos e nas folhas dos ramos foi sempre crescente, aumentando linearmente e ultrapassando as quantidades acumuladas pelo caule e suas folhas aos 84 dias (tabela 4). Na última amostragem, os valores estimados foram, respectivamente, nestes órgãos de 41,15 gramas e 62,75 gramas por planta, o qual corresponde a 18,8% e 29,3% da matéria seca produzida pela planta, constatando-se também, um maior acúmulo nas folhas (figura 1).

A matéria seca produzida pelos órgãos reprodutivos da planta, determinada a partir da amostragem realizada aos 48 dias, foi inicialmente pequena, aumentando rapidamente em função da produção e desenvolvimento dos frutos. As flores masculinas, variaram o peso de matéria seca acumulado segundo uma equação quadrática, ao passo que as flores femininas e os frutos, analisados conjuntamente, aumentaram linearmente

a quantidade acumulada, graças a participação cada vez maior nas amostragens de um número maior de frutos com maior tamanho, e contribuindo no final do período estudado, com 28,8% da matéria seca produzida pelo total dos órgãos aéreos da planta, com um valor estimado de 60,9 gramas.

A acumulação da matéria seca pela parte aérea da planta, após 84 dias de desenvolvimento no campo, obedeceu a uma equação quadrática (figura 1) com um coeficiente de determinação de 98,54**, e foi em média de 209,57 gramas por planta, correspondente a 2,3 t/ha para uma população de 11.110 plantas. Os resultados obtidos, no presente ensaio estão dentro da faixa de valores apresentados por WARD (1967a) que determinou em plantas de pepino da variedade "Burpee hybrid", aos 50 dias de cultivo no campo, uma produção de 70,5 gramas de matéria seca e de 685 gramas em plantas maduras com 6 meses de idade.

4.2. Macronutrientes

4.2.1. Nitrogênio

4.2.1.1. Concentração

Os resultados analíticos referentes à concentração de nitrogênio nos órgãos, em função da idade da planta, são apresentados nas tabelas 6 e 7 e ilustrados na figura 2.

Constata-se que a concentração de nitrogênio nas diversas partes da planta diminuiu com a idade (tabela 6), sendo que somente os teores deste nutriente nas flores masculinas não mostraram correlação significativa com as épocas de amostragem, como é observado na tabela 7.

Tabela 6. Concentrações médias de nitrogênio, em porcentagem da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	2,86a	3,01a	6,21a	-	-	-	-
24	2,59ab	2,93ab	4,71b	-	-	-	-
36	2,08b	2,24cd	4,70b	-	-	-	-
48	2,57ab	2,40bc	4,72b	3,00a	6,07a	4,42a	5,87a
60	2,29ab	2,04cd	3,78bc	2,15b	4,75b	4,14a	4,50b
72	2,01b	1,84cd	3,27c	2,09b	3,75c	4,20a	3,81bc
84	1,97b	1,78d	3,03c	1,98b	3,50c	4,14a	3,25c
d.m.s. (Tukey) 5%	0,66	0,59	0,95	0,40	0,98	0,59	1,09
C.V. (%)	12,36	11,11	9,59	8,37	10,53	6,78	11,99

Tabela 7. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de nitrogênio nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 2,8607 - 0,0108x$	67,14**
Caule	$\hat{Y} = 3,1875 - 0,0805x$	89,89**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 7,9367 - 0,1832x + 3,1303.10^{-3}x^2 - 1,9852.10^{-5}x^3$	91,96*
Ramos	$\hat{Y} = 9,9368 - 0,2127x + 1,4105.10^{-3}x^2$	96,83**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 18,8530 - 0,3737x + 2,2656.10^{-3}x^2$	98,57*
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 12,6002 - 0,1901x + 9,2888.10^{-4}x^2$	97,86**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de nitrogênio em porcentagem da matéria seca

Figura 2. Concentração de nitrogênio (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 3. Acúmulo de nitrogênio pelos órgãos da planta, em função da idade

A diminuição dos teores de nitrogênio na raiz obedeceu a uma equação de regressão linear, enquanto que no caule apresentou uma regressão quadrática, com teores estimados de 3,06% aos 12 dias e 1,67% aos 84 dias. Já nas folhas, a concentração de nitrogênio diminuiu conforme uma equação cúbica, com ponto de inflexão aos 52 dias com 4,07%, coincidindo essa época com uma intensa produção de matéria seca do órgão, o qual originou a diluição do elemento nessa parte da planta.

Verifica-se pela tabela 6, a redução em mais da metade das concentrações de nitrogênio nas folhas do caule durante o período de estudo, passando de um elevado valor estimado de 6,15% aos 12 dias para 2,87% aos 84 dias após a emergência da planta.

CARPENA *et alii* (1978) citam valores ainda maiores, havendo observado as máximas concentrações de nitrogênio aos 40 dias com porcentagens de 8,51% e 7,92% nas folhas das variedades "Sporu" e "Bit Spot", respectivamente. No entanto, MILLETTI (1969) encontrou em todos os estádios do ciclo, valores inferiores, na ordem de 3% a 4%, que diminuiu nas plantas maduras.

BARKER e MAYNARD (1972) nos E.U.A., em plântulas da variedade "Marketmore", determinaram concentrações do nutriente de 4,38% e de 4,07%, nos tratamentos em que foram utilizados, fontes de N-NO_3^- e de N-NH_4^+ .

Nos ramos e nas folhas dos ramos, amostrados na planta são a partir dos 48 dias, as porcentagens estimadas de nitrogênio nesse estágio foram de 2,97% e 6,13%, semelhantes aos valores encontrados no

caule e suas folhas, aos 12 dias, e que são apontados na tabela 6. A concentração de nitrogênio também diminuiu, segundo equações de segundo grau, até atingir nos ramos, um teor estimado aos 84 dias de 2,01% e de 3,44% nas folhas, muito próximo daqueles estimados no caule e suas folhas na mesma época.

A concentração de nitrogênio nas flores femininas e frutos analisados conjuntamente, decresceu, conforme uma equação quadrática. Determinou-se, na amostragem realizada aos 48 dias e constituída somente de flores e frutos tenros, um valor estimado de 5,69%, decrescendo após aos 84 dias 3,26% (figura 2). Esta redução da concentração do nitrogênio, explica-se pela participação cada vez maior de frutos mais desenvolvidos nas últimas amostragens, nos quais observa-se a tendência de manter constante a composição química. Resultados similares foram obtidos por WARD (1970), que após certo tamanho, os níveis de nutrientes nos frutos analisados tornam-se inferiores e permanecem constantes durante o período de desenvolvimento.

4.2.1.2. Acumulação

Os resultados obtidos sobre a acumulação de nitrogênio nas partes aéreas das plantas, em função da idade, acham-se expostos nas tabelas 8 e 9 e na figura 3.

Verifica-se que houve efeito da idade nas quantidades de nitrogênio acumuladas pelos órgãos da planta, exceto no caso das flores masculinas, as quais não apresentaram correlações significativas.

Tabela 8. Acúmulos médios de nitrogênio nos órgãos aéreos da planta, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						Kg/ha				
	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caule e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,60a	8,69a	-	-	-	-	9,29a	0,007	0,097	-	0,104
24	4,70a	33,95a	-	-	-	-	38,65a	0,052	0,377	-	0,429
36	19,04a	149,77a	-	-	-	-	168,81a	0,211	1,664	-	1,875
48	99,15b	679,80b	74,95a	352,45a	18,99a	11,15a	1236,48b	1,934	11,468	0,335	13,737
60	162,32b	932,55dc	210,50a	1213,20b	38,07a	833,02b	3389,66c	4,142	23,839	9,678	37,209
72	300,95c	1172,30d	683,17b	1734,90c	28,53a	1596,30d	5516,15d	10,934	32,299	18,052	61,285
84	339,77d	771,42bc	781,80b	2135,92c	26,89a	1955,75d	6061,55d	13,016	32,301	22,027	67,344
d.m.s.(Tukey) 5%	72,72	245,67	172,77	503,23	19,58	687,07	911,49	-	-	-	-
C.V.(%)	22,52	19,94	18,80	17,63	33,15	29,769	16,85	-	-	-	-

Tabela 9. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de nitrogênio nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	R ²	
Caule	$\bar{Y} = -24,0053 + 4,0967x - 0,2395x^2 + 5,8288.10^{-3}x^3 - 3,4086.10^{-4}x^4$ 99,21	
Folhas do caule	$\bar{Y} = 231,0142 - 24,2617x + 0,3684x^2 + 0,0144x^3 - 1,7212.10^{-4}x^4$ 98,34	
Ramos	$\bar{Y} = -983,6674 - 21,6102x$ 92,91**	
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -1870,5500 + 48,3343x$ 96,89**	
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -2529,3350 + 54,9755x$ 97,34**	
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = -1610,1803 + 267,1964x - 14,2245x^2 + 0,22900x^3 - 1,7204.10^{-3}x^4$ 98,97**	

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de nitrogênio em mg/planta

Nos estádios iniciais a acumulação de nitrogênio foi pequena, não havendo diferença significativa (tabela 8), sendo que a partir dos 36 dias, como se observa na figura 3, a taxa de acumulação de nitrogênio pelas partes das plantas foi elevada, associada à alta produção de matéria seca.

No que tange ao caule, constata-se pela tabela 8, que a acumulação de nitrogênio cresceu sempre com a idade da planta, seguindo a tendência da produção de matéria seca, ajustando-se a uma equação de 2º grau, com um alto coeficiente de determinação de 99,21**. As quantidades médias acumuladas variaram de 0,60mg a 389,77mg por planta, no período de 12 a 84 dias após a emergência.

As folhas do caule acumularam nitrogênio obedecendo uma equação de regressão cúbica, com coeficiente de determinação de 98,34*, com ponto de inflexão aos 45 dias com 526,7mg de N/planta, e ponto de máxima aos 70 dias com 1116,92mg de N/planta aos 70 dias. Estes dois pontos, indicam respectivamente, a taxa de acumulação máxima e a idade em que as folhas apresentaram uma quantidade máxima de nitrogênio. Correspondem à época da aplicação em cobertura de fertilizante nitrogenado, realizada quando a planta completava 38 e 62 dias de emergência.

Os ramos, as folhas dos ramos, assim como as flores femininas e frutos, acumularam quantidades crescentes de nitrogênio segundo uma regressão linear (tabela 9). Aos 84 dias após a emergência da planta, as quantidades acumuladas estimadas nos ramos e nas folhas foram, respectivamente de 826,58mg e 2239,90mg de N/planta, superando amplamente as quantidades estimadas de 397,3mg no caule e de 724,00mg nas

folhas do caule nessa mesma época.

Com respeito ao fruto, foi verificado que a acumulação do nutriente intensificou-se enquanto o fruto incrementou seu tamanho, aumentando de 10,94mg de nitrogênio acumulados aos 48 dias para 2.088mg aos 84 dias. Os resultados obtidos, concordam com os encontrados por WARD (1970), quando verificou que a absorção do nutriente e sua translocação para o fruto acompanhava o seu desenvolvimento.

O total dos órgãos aéreos da planta, acumularam no final do período estudado, uma média de 6,06g de N/planta e um total estimado pela equação de regressão, de 61,05 kg de elemento por hectare.

CARPENAS *et alii* (1978) relatam que o consumo de nitrogênio por plantas da variedade "Sporu", aumentou até atingir um máximo entre a sexta e a nona semana, começando então a decrescer lentamente. WARD (1967a), verificou que plantas de pepino da variedade "Burpee hybrid" acumularam aos 50 dias, 72 kg de nitrogênio por hectare, valor superior ao obtido no presente ensaio.

4.2.3. Fósforo

4.2.2.1. Concentração

Os valores da concentração de fósforo nas partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento, são expostos nas tabelas 10 e 11 e na figura 4.

Tabela 10. Concentrações médias de fósforo, em porcentagem da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	0,59a	0,51ab	0,59ab	-	-	-	-
24	0,36c	0,43bc	0,51ab	-	-	-	-
36	0,40bc	0,53a	0,59ab	-	-	-	-
48	0,52ab	0,56a	0,47b	0,64a	0,69a	0,86a	0,96a
60	0,40bc	0,39c	0,33c	0,51ab	0,41b	0,81ab	0,77b
72	0,32cd	0,26d	0,32cd	0,41b	0,39b	0,76ab	0,60c
84	0,23d	0,18d	0,19d	0,23c	0,23c	0,62b	0,60c
d.m.s. (Tukey) 5%	0,12	0,09	0,13	0,15	0,09	0,22	0,11
C.V. (%)	13,41	10,04	13,31	16,12	10,42	13,86	7,18

Tabela 11. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de fósforo nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 1,5394 - 0,1241x + 0,0045x^2 - 6,2872.10^{-5}x^3 + 3,000.10^{-7}x^4$	96,28**
Caule	$\hat{Y} = 0,3967 + 8,0158.10^{-3}x - 1,2938.10^{-4}x^2$	86,16**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 0,6000 - 3,8690.10^{-4}x - 5,3323.10^{-5}x^2$	91,17*
Ramos	$\hat{Y} = 1,1799 - 0,0110x$	98,73**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 2,0136 - 0,0374x + 1,9531.10^{-4}x^2$	92,38*
Flores masculinas	$\hat{Y} = 1,1915 - 6,4999.10^{-3}x$	92,92**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 2,9486 - 0,0583x + 3,6024.10^{-4}x^2$	98,93**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de fósforo em porcentagem da matéria seca

Figura 4. Concentração de fósforo (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 5. Acúmulo de fósforo pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Houve um efeito significativo da época nas concentrações de fósforo nos órgãos das plantas, observando-se uma tendência de diminuição da concentração com a maturação da planta, como pode ser constatado na figura 4.

Em nenhuma das partes vegetativas da planta, em qualquer época de amostragem, foram encontradas concentrações acima ou próximas a 1% de fósforo, resultados estes que divergem dos apresentados por WARD (1967a) e por CARPENA *et alii* (1978), e são semelhantes aos apresentados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), cujos teores variaram de 0,35% a 0,74% de fósforo.

O teor de fósforo nas raízes, diminuiu segundo uma equação de 4º grau, com concentrações estimadas que variaram de 0,59% aos 12 dias, para 0,23% aos 84 dias.

As concentrações de fósforo no caule e nas folhas do caule, ajustaram-se a equações de regressão quadráticas. O caule apresentou um ponto de máxima concentração aos 31 dias com 0,52%. As folhas não apresentaram diferenças mínimas significativas nas concentrações acusadas nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, decrescendo os teores em mais de um terço nos estádios finais (tabela 10). Nesta parte da planta, os teores variaram de 0,55% a 0,19% dos 12 aos 84 dias.

Estes valores concordam com os obtidos por FLEMING (1960) que citou concentrações de 0,36% a 0,45% de fósforo nas folhas de plantas de 40 dias de idade com elevada produção de frutos.

O decréscimo na concentração de fósforo nesses órgãos, poderia ser explicada pelo efeito de diluição do nutriente e pela rápida produção de matéria seca, além de coincidir com o período de frutificação da planta. O mesmo fenômeno foi observado por CARPENA *et alii* (1978) que detectaram nas folhas elevados teores nos estádios iniciais e posteriormente observaram uma diminuição.

Nos ramos e nas flores masculinas, a diminuição da concentração porcentual de fósforo obedeceu a uma tendência linear, sendo que no caso das flores masculinas não houve diferença mínima significativa nas três últimas épocas de amostragem (tabela 10). Nas folhas dos ramos, a concentração obedeceu a uma equação quadrática acusando na amostragem aos 48 dias um teor estimado do nutriente de 0,67% e de 0,24% aos 84, sendo a diminuição do fósforo similar à observada nas folhas dos caules.

A análise conjunta das flores femininas e dos frutos, apresentou concentrações de fósforo que decresceram com a idade da planta, obedecendo uma equação quadrática. A redução deu-se de 0,98% aos 48 dias até 0,59% aos 84 dias, explicada pela diluição da concentração do nutriente, em virtude da participação cada vez maior de frutos mais desenvolvidos nas amostragens.

4.2.2.2. Acumulação

Os resultados obtidos sobre a acumulação de fósforo nos órgãos aéreos da planta, estão nas tabelas 12 e 13 e na figura 5.

Tabela 12. Acúmulos médios de fósforo nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						Kg/ha				
	Caula	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caula e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,10a	0,82a	-	-	-	-	0,92a	0,001	0,009	-	0,010
24	0,71a	3,71a	-	-	-	-	4,42a	0,008	0,041	-	0,049
36	4,46a	19,87ab	-	-	-	-	23,33a	0,050	0,210	-	0,260
48	23,25b	68,41c	15,92a	40,57a	3,67a	1,81a	153,62a	0,435	1,211	0,061	1,707
60	30,78bc	79,48cd	50,20a	111,62b	7,43b	142,17b	421,68b	0,900	2,123	1,662	4,685
72	42,85c	118,35d	134,90c	179,88c	5,17ab	248,95bc	730,10c	1,975	3,313	2,823	8,111
84	39,82bc	48,70bc	90,10b	139,20bc	4,01b	357,02c	678,86c	1,443	2,088	4,011	7,542
d.m.s. (Tukey) 5%	17,20	41,00	38,56	59,33	3,23	134,39	163,83	-	-	-	-
C.V. (%)	36,87	36,88	25,23	23,17	30,36	34,13	24,83	-	-	-	-

Tabela 13. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de fósforo nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caula	$\bar{Y} = 16,3732 - 2,0535x + 0,0667x^2 - 4,6227 \cdot 10^{-4}x^3$	98,64**
Folhas do caule	$\bar{Y} = 16,5682 + 2,9128x - 0,1797x^2 + 4,8645 \cdot 10^{-3}x^3 - 3,5999 \cdot 10^{-5}x^4$	93,42
Ramos	$\bar{Y} = 3981,400 - 200,9686x + 3,2986x^2 - 0,0174x^3$	99,00**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -742,5792 + 24,4748x - 0,1655x^2$	90,59**
Flores masculinas	$\bar{Y} = -29,9718 + 1,1189x - 8,5546 \cdot 10^{-3}x^2$	70,84**
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -457,3315 + 9,7700x$	99,53**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = -371,6764 + 57,8768x - 2,8678x^2 + 0,0540x^3 - 3,2246 \cdot 10^{-4}x^4$	98,82

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de fósforo em mg/planta

As quantidades de fósforo acumuladas tanto no caule como nas folhas do caule, ajustaram-se a equações de regressão cúbicas, (tabela 13), ocorrendo uma tendência ao acúmulo do nutriente com o aumento de idade da planta, exceto aos 84 dias onde verificou-se uma diminuição do teor acumulado. Possivelmente, essa diminuição foi provocada pelas baixas concentrações do nutriente nesses órgãos nessa época (tabela 10) e pela queda das folhas mais velhas.

A curva de acúmulo de fósforo no caule, apresentou um ponto de inflexão aos 48 dias com 20,31mg e um ponto máximo de acúmulo aos 77 dias com 42,32mg do nutriente. Para as folhas, o ponto de inflexão da curva foi observado aos 44 dias com 48,79mg e o ponto de máximo aos 67 dias com 103,75mg de fósforo. A acumulação de fósforo nestes órgãos tendeu a aumentar, em virtude da maior produção de matéria seca, sendo lenta ao início, e aumentando a taxa nos estádios posteriores, embora, estes resultados conflitam com os obtidos por CARPENA *et alii* (1978) que relataram que a absorção de fósforo nas folhas manteve-se completamente uniforme durante todo o cultivo.

Os ramos e as folhas dos ramos, acumularam fósforo obedecendo a uma regressão cúbica e a uma quadrática, respectivamente. A curva do teor acumulado nos ramos apresentou um ponto de inflexão aos 63 dias com 76,59mg e um ponto de máxima aos 76 dias com 143,23mg e nas folhas, um ponto de máximo aos 74 dias com 162,11mg. Pode ser verificado, na tabela 13, que as quantidades de fósforo acumuladas nestes ultrapassaram as quantidades totais acumuladas pelo caule e suas folhas, o que pode ser explicado tanto por uma maior concentração do elemento, como pela

maior produção de matéria seca destas partes nos estádios finais da planta.

As partes reprodutivas da planta, mostraram uma tendência em aumentar a quantidade de fósforo acumulada com a maturidade da planta. A quantidade acumulada pelas flores masculinas ajustou-se a uma equação de 2º grau, devido ao aumento na produção de matéria seca desse órgão, pois a concentração de fósforo permaneceu relativamente constante. Já o fruto e as flores femininas, acumularam fósforo segundo uma equação linear. A absorção do nutriente por estes órgãos, acompanhou a curva de acúmulo de matéria seca (tabela 4), sendo estimados aos 48 e 84 dias, teores acumulados de 11,63mg e 363,35mg.

A quantidade de fósforo acumulada pelo total dos órgãos aéreos, aumentou rapidamente nos períodos finais em função do aumento da produção de matéria seca e principalmente do desenvolvimento dos frutos, que acumularam mais do 50% do total estimado de 679,1mg na planta. A absorção média de fósforo correspondeu a 7,54 kg/ha aos 84 dias do cultivo.

Em plantas da variedade "Burpee hybrid", WARD (1967a) determinou acúmulos de 673mg em planta com 50 dias de idade e de 4,23g aos 6 meses.

4.2.3. Potássio

4.2.3.1. Concentração

Os resultados obtidos sobre a concentração de potássio nos órgãos da planta, em função da época de amostragem, acham-se expostos nas

tabelas 14 e 15 e na figura 6.

Constata-se pela tabela 14 e a figura 6, que os níveis de potássio nas partes das plantas não manifestaram grande variabilidade nas diferentes idades da planta, mantendo-se relativamente constantes, exceto no caule onde o teor diminuiu quase à metade entre o período inicial e o final de amostragem.

Os teores de potássio nas raízes, ajustaram-se a uma equação de regressão de terceiro grau, com ponto de inflexão aos 33 dias com 4,94% de K e com ponto de mínima aos 64 dias com 3,89% do nutriente.

No caule, as concentrações de potássio determinadas diminuíram em função da idade da planta, ajustando-se a uma equação de regressão cúbica, com ponto de inflexão aos 41 dias e teor de 7,65%, acusando um ponto de concentração mínima aos 71 dias com 4,96%. Este foi o órgão da planta, que apresentou maiores diferenças na concentração de potássio durante o período estudado (tabela 14).

Também foi observado na planta, uma variação da concentração de potássio nas folhas do caule, obedecendo uma equação de regressão cúbica, porém, com um baixo coeficiente de determinação de 53,23* (tabela 15), muito menor que os encontrados para o caule e a raiz, significando que aproximadamente apenas 50% da variação do teor de potássio na folha é explicada pela variação da idade, devendo existir outros fatores afetando-a.

De acordo à equação de regressão determinada, a mínima concentração de potássio nas folhas correspondeu a 3,60% aos 34 dias e a

Tabela 14. Concentrações médias de potássio, em porcentagem da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a germinação	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Rolhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	5,85a	10,53a	4,55a	-	-	-	-
24	5,39ab	9,21a	3,60b	-	-	-	-
36	4,78bc	9,52a	4,04ab	-	-	-	-
48	4,24cd	5,70cd	3,39b	6,89ab	3,89a	3,95a	6,50a
60	3,98d	6,21b	3,96ab	7,46a	4,55a	5,35b	6,60a
72	3,94d	4,67d	4,13ab	5,66b	4,73a	4,85b	5,84ab
84	4,72bc	5,85cd	4,31ab	7,00ab	4,24a	5,50b	5,24b
d.m.s. (Tukey) 5%	0,72	1,34	0,92	1,74	1,17	0,72	1,00
C.V. (%)	6,71	7,95	9,98	12,25	12,87	7,12	7,91

Tabela 15. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de potássio nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 5,9607 - 0,0098x - 0,0018x^2 + 1,8165.10^{-5}x^3$	92,89**
Caule	$\hat{Y} = 9,6667 + 0,1228x - 6,2433.10^{-3}x^2 + 5,0435.10^{-5}x^3$	87,97**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 6,3382 - 0,1914x + 4,1748.10^{-3}x^2 - 2,6684.10^{-5}x^3$	53,23**
Ramos	Não significativa pelo teste "F"	-
Folhas dos ramos	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores masculinas	$\hat{Y} = -1,7938 + 0,1694x - 1,0026.10^{-3}x^2$	88,13**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 8,5122 - 0,0376x$	90,78**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de potássio em porcentagem da matéria seca

Figura 6. Concentração de potássio (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 7. Acúmulo de potássio pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

máxima a 4,23% aos 70 dias, sendo o ponto de inflexão aos 52 dias com 3,92%.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), relataram valores adequados de potássio nas folhas como sendo de 2,5% a 5,5%, intervalo que inclui os encontrados no presente trabalho. Também MILLETTI (1969) encontrou teores superiores a 3% na matéria seca das folhas, a partir dos 30 dias de cultivo, sem ter observado uma diminuição significativa do teor após os 60 dias. No entanto, estes resultados discordam com os citados por CARPENA *et alii* (1978) que observaram uma diminuição do teor de potássio nas folhas das variedades "Sporu" e "Bit Spot", constatando que houve diferenças significativas com o aumento de idade da planta, com variações de 4,74% aos 20 dias, para 2,02% aos 100 dias.

Os teores médios de potássio nos ramos e nas folhas dos ramos não variaram durante o período estudado, como se observa nas tabelas 14 e 15, não havendo, portanto, influência da idade destes órgãos na concentração do nutriente. Estes resultados concordam plenamente com os de WARD (1967) que citou que a concentração de potássio nos órgãos da planta foi relativamente uniforme quando fornecido em quantidades adequadas.

Nas flores masculinas, a concentração de potássio obedeceu segundo uma equação quadrática, não apresentando-se diferenças mínimas significativas nos três últimos períodos de amostragem, conforme pode ser verificado na tabela 14.

Nas flores femininas e nos frutos, a porcentagem de potássio diminui com a idade da planta, ajustando-se a uma equação linear. Tal como a redução de concentração de nitrogênio e de fósforo nestes órgãos, também o teor de potássio decresceu em virtude da diluição da concentração deste nutriente, devido à participação cada vez maior de frutos maiores nas amostragens. Os teores encontrados deste nutriente sempre foram elevados, com concentrações estimadas de 6,54% na amostragem realizada aos 48 dias e 5,28% aos 84 dias, quando a participação dos frutos maduros era predominante.

4.2.3.2. Acumulação

As quantidades de potássio acumuladas nos órgãos aéreos, em função da idade da planta, são apresentados nas tabelas 16 e 17, com ilustração na figura 7.

Os valores de acumulação de potássio no caule, ajustaram-se a uma equação de regressão de 2º grau, com um alto coeficiente de determinação de 99,55**, constatando-se um aumento do acúmulo com a idade da planta, atingindo aos 84 dias quantidades estimadas de 1292,8mg por planta. Já nas folhas, a acumulação de potássio obedeceu a uma equação de quarto grau, aumentando de acordo com a idade da planta, mas sendo constatada uma diminuição na amostragem realizada aos 84 dias, com 986mg, pelas perdas das folhas mais velhas. Ao se comparar o acúmulo de potássio nestes dois órgãos, pode ser verificado pela tabela 16, que houve sempre uma absorção maior pelas folhas, apesar da concentração do elemento ter sido sempre maior no caule (figura 7). Isto é explicado em base ao

Tabela 16. Acúmulos médios de potássio nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						Kg/ha				
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	2,11a	6,37a	-	-	-	-	8,48a	0,023	0,071	-	0,094
24	14,72a	26,04a	-	-	-	-	40,76a	0,164	0,289	-	0,453
36	80,90a	128,68ab	-	-	-	-	209,63a	0,899	1,430	-	2,329
48	236,55a	489,05b	172,10a	228,77a	16,85a	12,32a	1155,64a	4,540	7,975	0,324	12,839
60	490,97b	985,80c	729,57a	1164,35b	49,20b	1226,57b	4646,47b	13,560	23,888	14,174	51,622
72	762,75c	1499,25c	1845,52b	2174,27c	32,97ab	2442,52c	8757,28c	28,978	40,810	27,503	97,291
84	1297,55d	1099,07d	2763,30c	2603,75c	35,70ab	3126,30c	10925,67d	45,116	41,140	35,130	-121,386
d.m.s.(Tukey)5%	243,94	369,13	666,62	828,43	24,04	1055,99	1845,31	-	-	-	-
C.V.(%)	25,72	26,53	23,04	25,57	33,99	29,54	21,99	-	-	-	-

Tabela 17. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R²), referentes ao acúmulo de potássio nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R ²
Caulo	$\bar{Y} = 189,3232 - 25,7096x + 1,0226x^2 - 0,0135x^3 + 8,2108.10^{-5}x^4$	99,55
Folhas do caule	$\bar{Y} = -523,6553 + 87,2368x - 4,7114x^2 + 0,1005x^3 - 6,4637.10^{-5}x^4$	99,97**
Ramos	$\bar{Y} = -3511,6275 + 74,0795x$	98,47**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -2931,3799 + 67,7094x$	97,48**
Flores masculinas	$\bar{Y} = -203,2787 + 7,1251x - 5,1432.10^{-2}x^2$	56,87*
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -4104,9000 + 87,9822x$	98,50**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = -3658,9571 + 569,9863x - 27,9750x^2 + 0,5201x^3 - 0,0029x^4$	99,94**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de potássio em mg/planta

maior ganho de peso de matéria seca nas folhas.

Os ramos e as folhas dos ramos acumularam potássio segundo uma equação linear, atingindo quantidades estimadas semelhantes na amostragem realizada aos 84 dias, com 2763mg por planta, as quais superam amplamente os acúmulos constatados no caule e suas folhas.

Nos órgãos reprodutivos, o acúmulo de potássio nas flores masculinas obedeceu a uma equação quadrática com um baixo coeficiente de determinação de 56,87* (tabela 17). Apesar de ter tido uma diminuição na concentração de potássio nas amostras conjuntas de flores femininas e frutos, em função da idade (figura 6), o acúmulo deste nutriente nestes órgãos aumentou linearmente em função do aumento de matéria seca produzida (figura 7).

A extração total de potássio pelos órgãos aéreos da planta, obedeceu uma equação de regressão de segundo grau, com um elevado coeficiente de determinação de 98,82**, aumentando gradualmente com a idade da planta, até atingir aos 84 dias quantidades estimadas de 10,806mg, com uma absorção média de 121,4 kg por hectare. Estas quantidades, superam amplamente os teores acumulados de nitrogênio e de fósforo na planta, e estão dentro dos resultados informados por WARD (1967a) em plantas da variedade "Burpee hybrid" que acumularam 4g de potássio aos 50 dias e 25g aos 6 meses.

4.2.4. Cálcio

4.2.4.1. Concentração

Os valores da concentração de cálcio nas partes da planta, em função de sua idade, são apresentados nas tabelas 18 e 19 e ilustrados na figura 8.

Pela tabela 18, constata-se que os teores de cálcio nos órgãos da planta, mostraram tendência a aumentar com a idade, enquanto que a concentração do nitrogênio, fósforo e potássio diminuíram com a idade da planta.

Nas raízes, o teor de cálcio decresceu nas primeiras amostragens, para tornar a aumentar nos estádios finais, obedecendo a uma equação de 3º grau, com ponto de inflexão aos 62 dias com uma concentração de 0,21%.

Verifica-se, através da tabela 19 e da figura 8, que o teor de cálcio no caule variou conforme uma regressão quadrática, apresentando um mínimo aos 47 dias com 0,68%, e que nas folhas do caule a concentração tendeu a aumentar linearmente com a idade da planta, porém, apresentando um baixo coeficiente de determinação de 58,40**. Foram estimados neste órgão porcentagens de cálcio que variaram de 2,69% a 5,18% dos 12 aos 84 dias.

Os dados concordam, de certa forma, com os obtidos por CARPENA et alii (1978) que determinaram concentrações de cálcio em nível estável nos primeiros estádios da planta, e valores mais elevados a partir dos 60 dias. Porém, divergem, com os relatados por WARD (1967a) e por

Tabela 18. Concentrações médias de cálcio, em porcentagem da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	1,18a	1,76a	2,47a	-	-	-	-
24	0,60b	1,16b	2,97a	-	-	-	-
36	0,47bc	0,75cd	3,71ab	-	-	-	-
48	0,25c	0,58d	4,66bc	0,38a	2,23a	1,43a	1,04a
60	0,53b	1,00bc	3,39ab	0,86b	2,62a	0,70b	1,00a
72	0,65b	1,24b	5,86c	1,24c	4,84b	0,96b	0,60b
84	0,66b	1,79a	4,54bc	1,48c	5,10b	1,46a	0,59b
c.m.s. (lukey) 5%	0,25	0,25	1,46	0,33	0,75	0,48	0,25
C.V. (%)	17,25	9,37	11,17	15,85	9,65	20,48	14,76

Tabela 19. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de cálcio nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 2,1989 - 0,1054x + 1,8865.10^{-3}x^2 - 1,0087.10^{-5}x^3$	94,72*
Caule	$\hat{Y} = 2,5585 - 0,0794x + 8,4718.10^{-4}x^2$	96,57**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 2,2821 + 0,0345x$	58,40**
Ramos	$\hat{Y} = -0,9942 + 0,0299x$	97,56**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -2,2047 + 0,0895x$	89,47**
Flores masculinas	$\hat{Y} = 10,3248 - 0,2936x + 2,2439.10^{-3}x^2$	95,47**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 1,7750 - 0,0147x$	84,18**

x - Representa o número de dias após o plantio no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de cálcio em porcentagem da matéria seca

Figura 8. Concentração de cálcio (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 9. Acúmulo de cálcio pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), que encontraram nas folhas sadias, teores de cálcio até de 13%. SINGH e CHOUDHURY (1971) constataram, no entanto, valores semelhantes aos do presente trabalho com 5,47% nas folhas de plantas que apresentaram produções de frutos de até 5,47 kg/planta.

As concentrações de cálcio nos ramos e folhas dos ramos, aumentaram linearmente com o crescimento da planta, atingindo nos estádios na madurez, valores estimados de 1,52% e de 5,31%, respectivamente, muito próximos dos encontrados no caule e suas folhas, tal como se observava na figura 8.

Nos órgãos reprodutores, as concentrações de cálcio nas flores masculinas, ajustaram-se a uma equação de segundo grau, enquanto que, nas flores femininas e frutos, houve um decréscimo próximo a metade do valor inicial, segundo equação linear, reduzindo-se de um teor estimado de 1,07% aos 48 dias, para 0,54% na amostragem feita aos 84 dias.

4.2.4.2. Acumulação

Nas tabelas 20 e 21 e na figura 9, apresentam-se os resultados referentes à acumulação de cálcio nos órgãos aéreos em função da idade da planta.

A acumulação de cálcio pelo caule, ajusta-se a uma equação de 3º grau, com elevado coeficiente de determinação de 99,97**, com o ponto de inflexão aos 25 dias com 3,35mg/planta, havendo a partir dessa época um aumento intenso no acúmulo do nutriente (tabela 20), até atingir aos 84 dias valores estimados de 399,5mg/planta.

Tabela 20. Acúmulos médios de cálcio nos órgãos aéreos da planta, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta)						Kg/ha				
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,35a	3,46a	-	-	-	-	3,81a	0,004	0,038	-	0,042
24	1,86a	21,45a	-	-	-	-	23,31a	0,021	0,238	-	0,259
36	6,50a	118,82ab	-	-	-	-	125,32a	0,072	1,320	-	1,392
48	24,12ab	684,40bc	9,54a	131,15a	6,05a	1,96a	857,22ab	0,374	9,061	0,089	9,524
60	79,07b	843,97c	84,23a	674,77a	6,48a	187,42b	1875,94b	1,814	16,873	2,154	20,841
72	203,05c	2114,12d	405,40b	2215,50b	6,53a	250,37bc	5194,97c	6,760	48,102	2,854	57,716
84	399,47d	1156,27b	585,28b	3133,65	9,43a	343,27c	5627,37c	10,941	47,661	3,918	62,520
d.m.s.(Tukey)5%	56,23	567,39	271,11	746,17	6,55	112,35	1179,06	-	-	-	-
C.V.(%)	23,95	34,95	40,17	23,09	8,58	27,33	26,28	-	-	-	-

Tabela 21. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de cálcio nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caulo	$\bar{Y} = 38,6092 - 7,0391x + 0,4562x^2 - 0,0131x^3 + 1,714x \cdot 10^{-4}x^4 - 7,1760 \cdot 10^{-7}x^5$	99,97
Folhas do caule	$\bar{Y} = 4099,7157 + 228,1618x - 10,6871x^2 - 0,1977x^3 - 0,0012x^4$	91,95**
Ramos	$\bar{Y} = -855,4990 + 17,0698x$	95,32**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -4262,7597 + 87,9019x$	97,09**
Flores masculinas	Não significativo pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = 402,0240 + 9,0573x$	94,70**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = 6255,3918 - 1092,9574x - 66,3955x^2 - 1,8114x^3 + 0,0227x^4 - 1,0413 \cdot 10^{-4}x^5$	99,52

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de cálcio em mg/planta

Ao acúmulo de cálcio nas folhas adaptou-se uma equação de 4º grau. Na tabela 20 e na figura 9, observa-se que não houve diferença significativa nas quantidades acumuladas nos primeiros estádios da planta. No período seguinte, houve um aumento acelerado até os 72 dias, com teor médio de 2114,12mg/planta, diminuindo no final do período para um valor observado de 1156,27mg/planta. Nestes órgãos, o acúmulo do nutriente obedeceu a curva de ganho de peso da matéria seca.

Na tabela 20 verifica-se, que a quantidade acumulada pelas folhas sempre excedeu aquela acumulada pelos ramos e pelo caule, devido a concentração do nutriente na folha ter sido sempre mais elevada, aliada a uma maior produção de matéria seca. Os valores estimados na amostragem feita aos 84 dias, corresponderam a 578,3mg no caule e 3121,0mg nas folhas, quantidades estas que ultrapassaram aquelas acumuladas neste período pelo caule e suas folhas.

Não foi encontrada correlação significativa entre o acúmulo de cálcio nas flores masculinas e a idade da planta. Nas flores femininas e frutos, a acumulação do nutriente, deu-se linearmente (figura 9). Até o final do período, 84 dias, a quantidade acumulada estimada correspondeu a 358,75mg/planta.

A acumulação total de cálcio pelas partes aéreas, obedeceu uma equação quadrática, com um coeficiente de determinação de 94,65**, atingindo valores estimados de 5616,1mg/planta aos 84 dias e um valor no campo de 62,2 kg/ha, quantidades estas superiores aos teores de nitrogênio e fósforo acumulados pelas plantas.

4.2.5. Magnésio

4.2.5.1. Concentração

As concentrações de magnésio nas partes das plantas obtidas em função da idade, acham-se nas tabelas 22 e 23 e são ilustradas na figura 10.

Constata-se pela figura 10 que houve efeito da época na concentração de magnésio, exceto nas flores masculinas que não apresentaram variações.

Nas raízes, a porcentagem de magnésio mostrou uma tendência a diminuir com a idade da planta (tabela 22), segundo uma equação, de regressão quadrática, com ponto mínimo aos 76 dias com 0,22%.

Os valores das concentrações de magnésio no caule, ajustaram-se a uma equação de regressão cúbica, com ponto de inflexão aos 62 dias com 0,47%, sendo que o teor mínimo foi estimado aos 36 dias com 0,36% e o máximo aos 88 dias com 0,58% do elemento.

Nos demais órgãos vegetativos da planta, observa-se pela tabela 22, a tendência a aumentarem as concentrações do nutriente, com o aumento da idade (figura 10). Constata-se pela tabela 23, que equações de regressão de 1º grau, ajustaram-se ao acréscimo linear de magnésio nas folhas do caule, ramos e folhas dos ramos. Todavia, as concentrações médias de magnésio nas folhas do caule, não diferiram estatisticamente entre si até os 60 dias, no entanto houve um aumento do teor estimado de 0,63% aos 12 dias para 0,84% aos 60 dias, e que atingiu 0,94% na última amostragem, equivalendo-se nesta época com o teor determinado nas folhas

Tabela 22. Concentrações médias de magnésio, em porcentagem de matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	0,38a	0,54a	0,63a	-	-	-	-
24	0,32b	0,40b	0,72a	-	-	-	-
36	0,23c	0,34b	0,76ab	-	-	-	-
48	0,32b	0,43b	0,75ab	0,41a	0,71a	0,55a	0,59a
60	0,22c	0,40b	0,77a	0,42a	0,70a	0,54a	0,42b
72	0,22c	0,57a	0,95b	0,57b	0,93b	0,57a	0,42b
84	0,23c	0,57a	0,95b	0,61b	0,90b	0,60a	0,40b
d.m.s. (Tukey) 5%	0,06	0,09	0,20	0,08	0,17	0,15	0,05
C.V. (%)	9,02	8,65	11,00	7,89	10,01	12,47	5,28

Tabela 23. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de magnésio nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 0,4267 - 5,2256.10^{-3}x - 3,4515.10^{-5}x^2$	70,12**
Caule	$\hat{Y} = 0,8142 - 0,0294x + 5,768.10^{-4}x^2 - 3,0944.10^{-6}x^3$	86,61**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 0,5885 + 4,1592.10^{-3}x$	85,69**
Ramos	$\hat{Y} = 0,0982 + 6,1249.10^{-3}x$	90,60**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 0,3720 + 6,6458.10^{-3}x$	72,18**
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 1,8180 - 0,0379x + 2,5173.10^{-4}x^2$	93,53**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de magnésio em porcentagem da matéria seca

Figura 10. Concentração de magnésio (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 11. Acúmulo de magnésio pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

dos ramos. Já nos ramos, os teores estimados aumentaram de 0,39% a 0,61%, nas amostragens inicial e final do experimento, atingindo concentrações semelhantes às do caule nesta última amostragem.

Os resultados apresentados, estão bastante próximos aos obtidos por CARPENA *et alii* (1978), que observaram valores muito estáveis de magnésio nas folhas da variedade "Sporu", oscilando de 0,79% a 0,82% num intervalo de oitenta dias da cultura. Para MILLETTI (1969) e ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), os valores normais vão de 0,60% a 1,30%, enquanto, que CAROLLUS (1934), determinou valores menores de 0,45% nas folhas novas e 0,75% nas mais velhas. WARD (1967a) apresenta no entanto, teores mais elevados, correspondentes a 1,42% nas folhas de plantas na maturidade.

Com referência aos órgãos reprodutivos, não se constatou correlação significativa entre o teor de magnésio nas flores masculinas e a idade da planta. Nas flores femininas e frutos, analisados conjuntamente, o teor do nutriente decresceu gradativamente com o desenvolvimento dos frutos, obedecendo uma equação quadrática (tabela 23), da mesma maneira que os teores de nitrogênio e fósforo, observando-se o efeito de diluição do nutriente pela presença cada vez maior de frutos de maior tamanho nas amostragens finais.

4.2.5.2. Acumulação

As quantidades de magnésio acumuladas pelas partes aéreas da planta, nos diferentes estádios de desenvolvimento, são apresentados nas tabelas 24 e 25, e a representação gráfica na figura 11.

Tabela 24. Acúmulos médios de magnésio nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						Kg/ha				
	Caule	Folhas do Caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caule e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,11a	0,86a	-	-	-	-	0,97a	0,001	0,010	-	0,011
24	0,66a	5,21a	-	-	-	-	5,87a	0,007	0,058	-	0,065
36	2,91a	24,22ab	-	-	-	-	27,13a	0,032	0,269	-	0,301
48	18,08ab	111,22bc	10,30a	41,95a	2,35a	1,10a	185,00a	0,315	1,702	0,038	2,055
60	31,48b	192,62cd	41,53a	178,15b	4,98b	78,25a	527,01b	0,811	4,119	0,925	5,855
72	92,25c	343,05e	184,00b	424,58c	3,87ab	175,82b	1223,57c	3,069	8,528	1,996	13,589
84	125,80d	242,42d	240,65c	553,78d	3,90ab	240,68b	1407,23c	4,071	8,846	2,717	15,634
d.m.s.(Tukey)5%	19,73	99,14	53,39	123,28	2,58	79,43	252,06	-	-	-	-
C.V.(%)	22,13	32,88	21,34	19,43	32,53	30,51	22,75	-	-	-	-

Tabela 25. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de magnésio nos órgãos aéreos de plantas em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caule	$\bar{Y} = 41,5589 + 6,0166x - 0,2701x^2 + 4,6379 \cdot 10^{-3}x^3 + 2,3694 \cdot 10^{-4}x^4$	98,75
Folhas do caule	$\bar{Y} = 165,2464 + 25,4571x - 1,2600x^2 + 0,0248x^3 - 1,5158 \cdot 10^{-4}x^4$	98,86**
Ramos	$\bar{Y} = 4939,40 - 241,6659x + 3,8077x^2 - 0,0190x^3$	99,55**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = 680,4325 + 14,8491x$	98,38**
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -324,9930 + 6,8024x$	99,46**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = 433,4118 - 44,9768x + 1,1021x^2 - 4,9950 \cdot 10^{-3}x^3$	97,18

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de magnésio em mg/planta

A absorção de magnésio pelo caule obedeceu a uma curva de 3º grau, com um elevado coeficiente de determinação de 97,93**. Aos 84 dias de idade da planta, a absorção estimada correspondeu a 127,75mg/planta.

Nas folhas do caule, a acumulação de magnésio, ajustou-se a uma equação de 4º grau, observando-se um acúmulo lento até os 36 dias (tabela 24), sendo que no período seguinte, o acúmulo aumentou rapidamente em uma quantidade média de 343,05mg/planta aos 72 dias, para em seguida diminuir aos 84 dias a 242,42mg/planta, pela perda das folhas mais velhas. Os valores acumulados foram superiores aos acumulados pelo caule, devido tanto à maior produção de matéria seca das folhas, como pelas concentrações mais elevadas do elemento neste órgão.

Foram ajustadas, equações de regressão cúbica e de primeiro grau, respectivamente, para as quantidades de magnésio acumuladas nos ramos e nas folhas dos ramos. Os ramos apresentaram uma taxa de maior acúmulo aos 67 dias e uma máxima acumulação aos 82 dias com um valor estimado de 245,6mg/planta. As quantidades acumuladas pelas folhas cresceram linearmente com valores estimados que oscilaram de 32,33mg/planta a 566,89 mg/planta no início e no final do período de estudo. Em ambos os órgãos, verificaram-se quantidades absorvidas acima das acumuladas pelo caule e suas folhas, pois apesar de ter apresentado concentrações de magnésio semelhantes (tabela 22), a acumulação do elemento deu-se em função da produção de matéria seca.

Não houve influência significativa da época no acúmulo de magnésio pelas flores masculinas. A análise conjunta das flores femininas

e dos frutos, que apesar de ter revelado redução da concentração de magnésio com a idade da planta (figura 10), em virtude da diluição deste nutriente provocado pelo desenvolvimento dos frutos, mostrou que o acúmulo do nutriente por estes órgãos foi crescente, acompanhando a curva de produção de matéria seca. A acumulação aumentou linearmente (figura 11), atingindo, aos 84 dias, 240,64mg/planta, correspondente a 15,6 kg/ha.

4.2.6. Enxofre

4.2.6.1. Concentração

Os dados analíticos referentes às concentrações de enxofre nas partes da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento, encontram-se nas tabelas 26 e 27 e na figura 12.

Observa-se que a concentração de enxofre nos diferentes órgãos da planta foi afetada pela idade, verificando-se pela tabela 26, que na maioria das partes, os teores médios não apresentaram diferenças mínimas significativas, nos períodos iniciais de desenvolvimento.

Os teores de enxofre nas raízes apresentaram variações que se ajustaram a uma equação de regressão cúbica com ponto de máxima aos 14 dias com 0,25%, ponto de inflexão aos 34 dias com 0,21% e ponto de mínima aos 53 dias com 0,19%.

No caule, os valores médios de enxofre apresentaram tendência a diminuir com a idade. Os dados ajustaram-se a uma equação de regressão cúbica, com ponto de inflexão aos 43 dias com 0,19% do nutriente.

Tabela 26. Concentrações médias de enxofre, em porcentagem da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	0,25a	0,23a	0,20a	-	-	-	-
24	0,22a	0,23a	0,19a	-	-	-	-
36	0,21a	0,21a	0,21a	-	-	-	-
48	0,21a	0,18ab	0,17a	0,18a	0,20a	0,26ab	0,32a
60	0,19a	0,19b	0,31b	0,20a	0,34a	0,31a	0,29a
72	0,22a	0,16b	0,38b	0,19a	0,35c	0,24bc	0,24b
84	0,35b	0,11c	0,16a	0,16a	0,27b	0,19c	0,22b

Tabela 27. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes a concentração de enxofre nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 0,2171 + 4,536.10^{-3}x - 1,9779.10^{-4}x^2 + 1,9290.10^{-6}x^3$	91,75**
Caule	$\hat{Y} = 0,2835 - 4,9735.10^{-3}x + 1,0292.10^{-4}x^2 - 8,0375.10^{-7}x^3$	83,97*
Folhas do caule	$\hat{Y} = 0,4285 - 0,0250x + 6,8369.10^{-4}x^2 - 4,9832.10^{-6}x^3$	61,88**
Ramos	Não significativa pelo teste "F"	-
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -1,4234 - 0,0522x - 3,8194.10^{-4}x^2$	99,44**
Flores masculinas	$\hat{Y} = 0,2915 + 0,0195x - 1,6493.10^{-4}x^2$	88,53**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 0,4565 - 2,8541.10^{-3}x$	98,09**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de enxofre em porcentagem da matéria seca

Figura 12. Concentração de enxofre (%) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 13. Acúmulo de enxofre pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Nas folhas do caule, as concentrações de enxofre somente apresentaram variações significativas depois da 4ª amostragem realizada aos 48 dias (tabela 26), sendo definidas por uma equação cúbica com ponto de inflexão aos 45 dias com 0,23% e valores de mínima e de máxima de 0,15% e de 0,32% aos 25 e 66 dias respectivamente.

Vale salientar que o aumento da concentração de enxofre nas folhas se identificou aos 45 dias, correspondente à época da primeira aplicação de sulfato de amônio (S% = 24,2%), da mesma maneira que o teor máximo de concentração foi atingido na época da segunda aplicação deste fertilizante.

Os teores de enxofre nos ramos, não diferiram significativamente com a idade da planta, apresentando concentrações médias de 0,18% nas épocas de amostragens (tabela 26), sendo que, nas folhas dos ramos a concentração do nutriente aumentou gradativamente conforme uma equação quadrática com elevado coeficiente de determinação, 98,76** (tabela 27), atingindo um valor máximo estimado aos 68 dias com 0,36%, muito próximo daqueles apresentados pelas folhas do caule nas últimas amostragens.

Na literatura, dados apresentados por WARD (1976), conflitam com os presentes, sendo citados pelo pesquisador teores de enxofre de 0,98% nas folhas velhas, 0,13% nas novas e 0,24% no caule, em plantas com 77 dias de idade.

Nos órgãos reprodutivos, o teor de enxofre decresceu segundo uma equação de segundo grau nas flores masculinas, e diminuiu linearmente nas flores femininas e frutos, em função do desenvolvimento dos

frutos. Aos 84 dias, a concentração estimada nestes órgãos correspondeu a 0,22%.

4.2.6.2. Acumulação

Nas tabelas 28 e 29, e na figura 13, acham-se expostos os resultados sobre a acumulação de enxofre pelos órgãos aéreos da planta, em função de sua idade.

A acumulação de enxofre, pelo caule obedeceu uma equação cúbica, que apresentou um alto coeficiente de determinação de 96,83**, com ponto de inflexão aos 52 dias com 11,79mg/planta, sendo estimada a máxima quantidade acumulada aos 82 dias com 25,43mg/planta.

Nas folhas do caule, o acúmulo de enxofre obedeceu uma equação de regressão de 5º grau, diminuindo no final do período de estudo, segundo os dados determinados no campo (tabela 28) até 41,27mg/planta, depois de ter atingido aos 72 dias valores de 131,22mg. Este fato pode ser explicado pela diminuição da concentração de enxofre no órgão nesse período e pelo acompanhamento da curva de acúmulo da matéria seca produzida. As variações na acumulação de enxofre na planta, poderiam estar ligadas às condições de mineralização da matéria orgânica do solo, dependentes da precipitação pluviométrica e temperatura (MENGEL e KIRKBY, 1982).

Nos ramos, a absorção de enxofre cresceu linearmente. Aos 84 dias de idade, este órgão acumulou uma quantidade estimada de 70,34mg/planta. Já nas folhas dos ramos, o acúmulo deste nutriente aumentou segundo uma equação quadrática, atingindo uma quantidade máxima estimada de 170,16mg aos 84 dias.

Tabela 28. Acúmulos médios de enxofre nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e quilogramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta					Kg/ha			
	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos	Total	Caule e ramos	Folhas
12	0,05a	0,27a	-	-	-	-	0,32a	0,001	0,003
24	0,37a	1,35a	-	-	-	-	1,72a	0,004	0,015
36	1,76a	6,79a	-	-	-	-	8,55a	0,020	0,075
48	7,15b	23,57b	4,50a	11,92a	1,10a	0,60a	48,84a	0,129	0,394
60	15,60c	77,52d	19,19a	87,90b	2,81b	52,79b	255,81b	0,387	1,838
72	26,85d	131,02e	63,01b	160,48c	1,59a	101,53c	484,48c	0,998	3,239
84	24,00d	41,27c	63,05b	167,03c	1,27a	130,12c	426,74c	0,967	2,314
d.m.s. (Tukey) 5%	3,38	15,01	27,92	44,46	1,16	32,50	141,86	-	-
C.V. (%)	13,57	16,21	35,51	19,82	32,61	21,72	32,36	-	-

Tabela 29. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R²), referentes ao acúmulo de enxofre nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R ²
Caule	$\hat{Y} = 8,1978 - 1,4639x + 0,0936x^2 + 2,7881.10^{-3}x^3 + 4,0660.10^{-5}x^4 - 2,1366.10^{-7}x^5$	99,67
Folhas do caule	$\hat{Y} = 62,9139 - 12,1124x + 0,8415x^2 - 0,0267x^3 + 3,9310.10^{-4}x^4 - 2,0765.10^{-6}x^5$	99,96**
Ramos	$\hat{Y} = -83,2337 + 1,8283x$	88,22**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -692,3598 + 20,3929x - 0,1205x^2$	98,76**
Flores masculinas	$\hat{Y} = 12,6722 + 0,4604x - 3,5329.10^{-3}x^2$	59,28**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = -169,2435 + 3,6440x$	98,42**
Total órgãos aéreos	$\hat{Y} = 338,7167 - 64,1462x + 4,3428x^2 - 0,1334x^3 + 0,0019x^4 - 9,3624.10^{-6}x^5$	98,84**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de enxofre em mg/planta

Embora a concentração de enxofre, nas flores e frutos diminuisse com a idade, o acúmulo deste elemento nos órgãos reprodutivos foi crescente. Deu-se segundo uma equação quadrática nas flores masculinas e linear nas flores femininas e frutos, acompanhando a curva o ganho da matéria seca. Aos 84 dias, estes últimos órgãos acumularam uma quantidade estimada de 136,85mg/planta.

A quantidade total de enxofre acumulada pela parte aérea da planta obedeceu uma equação de regressão de 5º grau, sendo que o máximo acúmulo médio ocorreu aos 72 dias com 559,52mg, correspondendo a um valor teórico de 6,2 kg/ha.

WARD (1976) determinou em plantas na maturidade, com 6 meses de idade, absorção de enxofre na ordem de 67,3 kg/ha, concluindo que as exigências desse nutriente eram bastante próximas das requeridas por magnésio e fósforo.

4.3. Micronutrientes

4.3.1. Boro

4.3.1.1. Concentração

As concentrações de boro nas partes da planta, em função das amostragens realizadas em diferentes estádios de desenvolvimento, encontram-se nas tabelas 30 e 31 com ilustrações na figura 14.

Observa-se que houve efeito da idade nas porcentagens de boro nos órgãos da planta, exceto nos ramos e nas suas folhas, que não mostraram diferenças significativas nas diferentes épocas de amostragem.

Tabela 30. Concentrações médias de boro, em partes por milhão da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	86,0ab	41,2ab	35,7a	-	-	-	-
24	88,2a	49,0bc	46,0ab	-	-	-	-
36	78,2ab	42,0ab	47,5ab	-	-	-	-
48	67,7ab	30,0a	53,7abc	44,5a	63,5a	91,5a	60,2a
60	65,2ab	56,2bc	63,0bc	63,2a	69,5a	92,2a	44,0b
72	73,7ab	60,0d	50,0bc	36,7a	57,7a	78,0ab	41,0b
84	56,5b	63,5d	83,7c	46,5a	60,0a	62,2b	26,0c
d.m.s. (Tukey) 5%	30,0	17,9	21,3	26,3	15,4	23,5	11,0
C.V. (%)	17,72	15,94	17,16	29,30	11,69	30,87	14,44

Tabela 31. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de boro nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 92,3214 - 0,3884x$	77,35**
Caule	$\hat{Y} = 49,1785 - 0,5327x + 8,8046 \cdot 10^{-3}x^2$	60,43**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 32,7857 + 0,4427x$	91,45**
Ramos	Não significativa pelo teste "F"	-
Folhas dos ramos	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores masculinas	$\hat{Y} = 137,1000 - 0,8500x$	87,08**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 100,9750 - 0,8813x$	94,54**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de boro em ppm da matéria seca

Figura 14. Concentração de boro (ppm) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 15. Acúmulo de boro pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Ao teor de boro nas raízes ajustou-se uma equação de regressão de 1º grau, verificando-se uma diminuição do nutriente com o desenvolvimento da planta, com valores estimados aos 12 dias de 87,60ppm e de 59,69ppm aos 84 dias.

Pela figura 14, verifica-se que os níveis de boro aumentaram no caule e nas folhas do caule com a idade da planta, obedecendo uma equação quadrática. No caule, com um mínimo do nutriente aos 30 dias de 41ppm e um valor estimado de 66ppm aos 84 dias. Nas folhas do caule, o aumento deu-se, segundo uma regressão linear, com concentrações estimadas que aumentaram de 38ppm aos 12 dias para 69ppm na última amostragem aos 84 dias.

Na Inglaterra, ADAMS (1978) determinou em folhas de planta de pepino que apresentaram boa produtividade, teores de boro que oscilaram em torno de 40ppm a 80ppm, enquanto que BERGMANN *et alii* (1965) citam concentrações de 39ppm nas folhas novas e de 54ppm nas folhas velhas. Constata-se, pela tabela 30, que as concentrações deste nutriente, determinadas nas folhas das plantas analisadas no presente ensaio, estão dentro dos teores assinalados pelos pesquisadores, mantendo ainda, a tendência de aumentar com a idade da planta.

Nos órgãos reprodutivos, tanto nas flores masculinas como nas femininas e frutos, as concentrações de boro decresceram linearmente. O decréscimo dos teores nestes órgãos, está relacionado com a diluição de concentração pela participação cada vez maior de frutos mais desenvolvidos nas amostragens. Estes valores diminuíram na amostragem realizada aos 48 dias de 58,6ppm de boro, com grande participação de frutos

pequenos, até concentrações de 26,95ppm quando era elevado o número de frutos maduros.

4.3.1.2. Acumulação

Os acúmulos de boro pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade, são apresentados nas tabelas 32 e 33 e na figura 15.

Pela tabela 32, pode-se aquilatar a tendência progressiva do caule de aumentar o acúmulo de boro com a idade da planta, adaptando-se a uma equação de regressão de 2º grau com elevado coeficiente de determinação de 99,09**. As folhas acumularam boro, segundo uma equação cúbica, com coeficiente de determinação de 99,44**, ponto de inflexão aos 49 dias com 0,94mg por planta e ponto de máxima aos 76 dias com 2,03mg. Constata-se pela figura 15, que o acúmulo do nutriente até os 48 dias nestes órgãos foi baixa, devido à pouca produção de matéria seca, como também pelo baixo teor de boro. A partir dessa época, a absorção foi crescente devido ao aumento significativo na concentração e ao maior acúmulo de matéria seca. As quantidades acumuladas de boro nos ramos e nas folhas dos ramos (tabela 32), ajustaram-se a equações de regressão de 1º grau, com aumentos crescentes, apesar da concentração do nutriente não ter acompanhamento da curva de acumulação da matéria seca.

A acumulação de boro pelas flores e frutos, foi crescente, embora houvesse diminuição das concentração em função da idade, e deu-se pelo acompanhamento da curva de acúmulo de matéria seca, segundo equação quadrática nas flores masculinas e conforme regressão linear nas flores

Tabela 32. Acúmulos médios de boro nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e gramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta					g/ha			
	Caulo	Folhas do Caulo	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas
12	0,001a	0,005a	-	-	-	-	0,006a	0,010	0,056
24	0,003a	0,033a	-	-	-	-	0,041a	0,089	0,367
36	0,036a	0,151a	-	-	-	-	0,187a	0,400	1,678
48	0,122a	0,775a	0,112a	0,363a	0,039a	0,011a	1,422a	2,600	12,643
60	0,446b	1,578b	0,618b	1,793b	0,083b	0,804b	5,322b	11,821	37,452
72	0,983c	1,812b	1,193c	2,641c	0,052ab	1,719c	8,400c	24,175	49,473
84	1,409d	2,134b	1,842d	3,669d	0,043a	1,515c	10,612d	36,119	64,471
d.m.s.(Tukey)5%	0,322	0,799	0,483	0,807	0,037	0,430	0,649	-	-
C.V.(%)	32,66	37,51	24,42	18,16	32,51	20,25	19,31	-	-

Tabela 33. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de boro nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caulo	$\hat{Y} = 0,2546 - 0,0491x - 0,0034x^2 - 1,0611.10^{-4}x^3 + 1,5123.10^{-6}x^4 - 7,4389.10^{-5}x^5$	99,99
Folhas do caule	$\hat{Y} = -0,2507 + 0,0527x - 0,0036x^2 + 8,9679.10^{-5}x^3 - 6,1113.10^{-7}x^4$	98,44
Ramos	$\hat{Y} = -2,2279 + 0,0480x$	99,69**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -3,8059 - 0,0897x$	98,81**
Flores masculinas	$\hat{Y} = -0,3253 + 0,0121x - 9,3315.10^{-5}x^2$	60,97*
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = -1,9732 - 0,0452x$	81,92**
Total órgãos aéreos	$\hat{Y} = -3,2448 + 0,5230x - 0,0268x^2 + 5,2032.10^{-4}x^3 - 3,0057.10^{-6}x^4$	99,83**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de boro em mg/planta

femininas e frutos. Aos 84 dias, estes últimos órgãos acumularam um total estimado de 1,87mg de B/planta.

O total dos órgãos aéreos da planta, acumularam boro, conforme uma equação de 4º grau, atingindo no final do período, quantidades estimadas de 10,26mg/planta, o que corresponde a uma absorção de 114,33g/ha.

4.3.2. Ferro

4.3.2.1. Concentração

As concentrações de ferro nos órgãos da planta, em função das diferentes épocas de desenvolvimento, são encontradas nas tabelas 34 e 35 e na figura 16.

As porcentagens médias de ferro nas raízes variaram obedecendo a uma equação de regressão de 3º grau, apresentando um teor mínimo estimado aos 37 dias de 1173ppm, um máximo aos 66 dias de 2518ppm, sendo tido determinado o ponto de inflexão aos 52 dias com 1845ppm.

Constata-se pela tabela 35, os baixos coeficientes de determinação das equações de regressão que relacionam as concentrações de ferro no caule e suas folhas com a idade da planta. No caule, a correlação deu-se segundo uma curva quadrática e nas folhas conforme uma regressão cúbica. Verifica-se pela tabela 34, que houve grande variabilidade dos níveis de ferro nesses órgãos nas amostragens iniciais, mas a partir dos 60 dias, nota-se uma tendência de diminuição, época em que muitas plantas apresentavam secamento das partes basais.

Tabela 34. Concentrações médias de ferro, em partes por milhão da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	6693,5a	445,5ab	728,7a	-	-	-	-
24	1334,5cd	258,5bc	525,2a	-	-	-	-
36	2150,5bc	621,5a	1788,0b	-	-	-	-
48	1438,2bcd	233,7bc	668,2a	236,5a	1188,0a	2158,7a	763,2a
60	2381,2b	349,2b	313,5a	167,7a	2758,2b	1988,2a	130,7b
72	2029,5bc	250,2bc	286,0a	557,0b	1012,2a	1773,7a	104,5b
84	676,5d	82,5c	71,5a	264,0a	314,7c	434,0b	85,0b
d.m.s. (Tukey)5%	1029,1	320,2	663,7	108,1	481,9	1126,5	116,3
C.V. (%)	18,75	29,57	46,10	16,90	17,40	33,77	20,45

Tabela 35. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de ferro nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 14176,4642 - 846,7207x + 17,5180x^2 - 0,1116x^3$	80,09**
Caule	$\hat{Y} = 344,5371 + 5,4809x - 0,0998x^2$	47,29*
Folhas do caule	$\hat{Y} = -580,8214 + 126,0829x - 2,8569x^2 + 0,0170x^3$	54,43**
Ramos	$\hat{Y} = 27406,5000 - 1325,1944x + 20,9974x^2 - 0,1079x^3$	99,05**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -125550,4998 + 5860,4409x - 87,2917x^2 - 0,4209x^3$	98,02**
Flores masculinas	$\hat{Y} = 3924,5625 + 223,0468x - 2,0299x^2$	97,84**
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 5848,6750 - 157,6541x + 1,0642x^2$	94,45**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de ferro em ppm da matéria seca

Figura 16. Concentração de ferro (ppm) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 17. Acúmulo de ferro pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

No caule, a máxima concentração foi determinada aos 27 dias com 419ppm de ferro, e nas folhas aos 31 dias com 1150ppm, ocorrendo o ponto de inflexão aos 56 dias com 612ppm.

Informações obtidas na literatura, corroboram a grande amplitude dos teores de ferro nas folhas das plantas de pepino. CARPENA *et alii* (1978) encontraram teores em torno de 190ppm a 263ppm nas variedades "Sporu" e "Bit spot", no entretanto, STEINER (1961) cita teores normais de 120ppm a 420ppm, sendo que EVERETT (1963) chega a mencionar concentrações de 300ppm.

As concentrações de ferro nos ramos e nas suas folhas, ajustaram-se equações de regressão de 3º grau, constatando-se na figura 16, que as folhas apresentaram concentrações maiores do nutriente e verificando-se na tabela 35, coeficientes de determinação nos ramos e folhas mais altos do que os determinados no caule e suas folhas. As concentrações máximas alcançadas, deram-se aos 75 dias nos ramos com 585ppm e aos 57 dias nas folhas com 2800ppm.

Os órgãos reprodutivos apresentaram concentrações de ferro decrescentes, ajustadas a uma equação quadrática. Nas flores femininas e frutos analisados conjuntamente, notou-se uma diminuição gradativa (figura 16), com valores estimados de 733ppm aos 48 dias e 114ppm aos 84 dias, quando a participação dos frutos desenvolvidos teve maior contribuição nas amostragens.

4.3.2.2. Acumulação

As quantidades de ferro acumuladas pelos órgãos aéreos, em função da idade da planta, são apresentadas nas tabelas 36 e 37 e na figura 17.

Nota-se pela tabela 36, que a acumulação de ferro nas partes da planta, foi irregular, não ajustando-se ao acúmulo de matéria seca nos órgãos e refletindo a variabilidade observada nas concentrações do micronutriente nas diferentes épocas.

O caule acumulou ferro, segundo uma regressão cúbica com coeficientes de determinação de 89,46**, apresentando ponto de inflexão e de máxima, respectivamente, aos 46 e 70 dias com 1,5mg e 3,8mg. Também, nas folhas do caule, o acúmulo de ferro obedeceu uma regressão de 3º grau, ocorrendo o ponto de inflexão aos 35 dias com 5,05mg e havendo uma máxima acumulação de 10,4mg aos 65 dias. Em ambos órgãos verifica-se na amostragem realizada aos 84 dias, um decréscimo brusco das quantidades de ferro acumuladas, talvez devido a redução acentuada da concentração do elemento nessa época (tabela 34).

O acúmulo de ferro nos ramos e nas folhas dos ramos superou às quantidades acumuladas pelo caule e suas folhas, mas obedecendo equações de regressão cúbicas. Nota-se pela tabela 36, no entanto, que a variação de acumulação seguiu a curva de concentração do nutriente, diminuindo nas amostragens finais. A curva de regressão dos ramos apresentou um ponto de inflexão aos 64 dias de 8,25mg de ferro e ponto de máxima aos 76 dias de 19,9mg. Nas folhas, o ponto de máximo acúmulo ocorreu aos 60 dias, caindo logo a taxa de absorção, com o ponto de inflexão aos 72

Tabela 36. Acúmulos médios de ferro nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta, e gramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						g/ha				
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,01a	0,10a	-	-	-	-	0,11a	0,111	1,111	-	1,222
24	0,04a	0,37a	-	-	-	-	0,41a	0,444	4,111	-	4,555
36	0,53a	5,77ab	-	-	-	-	6,30a	5,888	64,105	-	69,993
48	0,98ab	10,48b	0,59a	6,52a	0,90a	0,15a	19,64ab	17,665	188,870	11,666	218,201
60	2,75c	7,85ab	1,68a	70,73d	1,80b	2,47ab	87,28c	49,217	873,024	47,440	969,681
72	4,04d	10,14b	17,87d	46,09b	1,15a	4,43b	83,53c	243,420	624,715	61,994	930,129
84	1,85cb	1,89a	10,55b	19,70a	0,28c	5,18b	39,45b	137,764	239,865	60,661	438,290
d.m.s.(Tukey)5%	1,27	7,80	3,98	17,90	0,49	2,89	21,34	-	-	-	-
C.V.(%)	37,88	64,91	24,66	23,84	22,90	45,01	27,41	-	-	-	-

Tabela 37. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de ferro nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caulo	$\bar{Y} = 1,7753 - 0,3316x - 0,0220x^2 - 6,6591.10^{-4}x^3 + 9,6172.10^{-6}x^4 - 5,0611.10^{-8}x^5$	98,79
Folhas do caule	$\bar{Y} = 1,0414 - 0,2975x - 0,0173x^2 - 1,6191x^3$	86,41**
Ramos	$\bar{Y} = 922,0550 - 45,3748x - 0,7245x^2 - 3,7329.10^{-3}x^3$	99,08**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -2880,8524 + 128,1901x - 1,8206x^2 + 8,4008.10^{-3}x^3$	99,53**
Flores masculinas	$\bar{Y} = -10,4661 + 0,3863x - 3,0859.10^{-3}x^2$	92,32**
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -6,3385 + 0,1423x$	95,73**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = -27,4450 - 5,1733x - 0,3126x^2 + 0,0071x^3 - 4,7295.10^{-5}x^4$	94,54

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de ferro em mg/planta

dias de 45,2mg.

Constatou-se a influência da idade no acúmulo de ferro nas partes reprodutivas da planta (tabela 36). Nas flores masculinas o teor de ferro acumulado variou segundo uma equação quadrática, enquanto que nas flores femininas e frutos, a absorção foi crescente obedecendo a uma regressão linear, acompanhando a curva da matéria seca acumulada. Aos 84 dias, o valor acumulado estimado nestes órgãos correspondeu a 5,84mg/planta.

A acumulação de ferro, pelo total dos órgãos aéreos, seguiu uma equação de 4º grau. Nota-se pelo exame da tabela 36, uma tendência crescente dos valores médios acumulados, atingindo aos 60 dias, 87,28mg/planta, sendo observada uma diminuição a partir dessa época, alcançando 39,44mg aos 84 dias.

4.3.3. Zinco

4.3.3.1. Concentração

As concentrações de zinco nas partes das plantas, referentes às épocas das amostragens, acham-se nas tabelas 38 e 39 e na figura 18.

Verifica-se pela tabela 38, que a partir da amostragem realizada aos 24 dias após a emergência da planta, não foram encontradas diferenças significativas nos teores de zinco nas raízes. Neste órgão, a concentração de zinco variou conforme uma equação de regressão cúbica com pontos de mínima, inflexão e de máximo aos 41, 55 e 69 dias com 48,1ppm, 58,9ppm e 69,5ppm.

Tabela 38. Concentrações médias de zinco, em partes por milhão da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	161,7a	76,5a	69,0a	-	-	-	-
24	64,0b	35,2bcd	43,7b	-	-	-	-
36	48,7b	31,2cd	58,0ab	-	-	-	-
48	73,0b	28,0d	43,2ab	54,7a	75,2a	69,7a	79,5a
60	56,0b	48,7b	60,5a	51,7a	70,5a	73,2a	70,5a
72	60,0b	42,7bc	42,2b	42,2a	64,5a	73,5a	47,5b
84	52,7b	33,5cd	57,0b	31,0a	59,0a	63,0a	42,2b
d.m.s. (Tukey) 5%	25,6	14,04	24,74	28,73	19,57	17,99	16,62
C.V. (%)	15,07	14,44	20,04	30,44	13,85	12,26	13,19

Tabela 39. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de zinco nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 299,4285 - 15,3292x - 0,2984x^2 - 1,8044 \cdot 10^{-3}x^3$	90,38**
Caule	$\hat{Y} = 152,3571 - 8,3123x + 0,1738x^2 - 1,0931 \cdot 10^{-3}x^3$	94,27**
Folhas do caule	Não significativa pelo teste "F"	-
Ramos	$\hat{Y} = -216,3375 - 7,7260x - 0,0577x^2$	99,92*
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -105,6875 + 5,2760x - 0,03862x^2$	97,44*
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 134,2500 - 1,1250x$	94,22**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de zinco em ppm da matéria seca

Figura 18. Concentração de zinco (ppm) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 19. Acúmulo de zinco pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

No caule as concentrações de zinco, ajustaram-se a uma equação de regressão de 3º grau, com um elevado coeficiente de determinação de 94,27** (tabela 39), sendo determinados valores mínimos e máximos, respectivamente, aos 36 e 69 dias com 27ppm e 47ppm na planta, ocorrendo a inflexão da curva aos 53 dias com 37,19ppm do nutriente.

No que tange às folhas do caule, não foi encontrada correlação significativa entre a concentração de zinco nesse órgão e a idade da planta. De certa forma, os resultados obtidos no presente trabalho, concordam com os obtidos por CARPENA *et alii* (1978a), que não encontraram influência da idade nos níveis de zinco em folhas da variedade "Sporu", embora, na variedade "Bit Spot", tenha sido encontrada. Informam os autores que o teor máximo de elemento encontrado foi de 238ppm, aos 60 dias, em ambas variedades.

STEINER (1961) apresentou teores de zinco nas folhas, que oscilaram entre 90ppm e 150ppm, e ADAMS (1978) relatou teores na faixa de 40ppm e 100ppm nas folhas sem sintomas de deficiência. Os dados do presente trabalho enquadram-se nos citados pelo último autor, conforme se constata na tabela 38.

Tanto nos ramos, como nas suas folhas, as variações na concentração de zinco obedeceram equações quadráticas com coeficientes de determinação altos, (tabela 38). Os teores médios de zinco nestes órgãos não diferiram entre si nas diversas épocas de amostragem.

A concentração de zinco nos órgãos reprodutores, foi influenciada significativamente pela idade, somente nas flores femininas e nos frutos (tabelas 38 e 39). Houve um decréscimo do teor do nutriente,

segundo uma equação linear, devido o desenvolvimento dos frutos, variando de valores estimados de 80,25ppm aos 48 dias para 39,75ppm aos 84 dias.

4.3.3.2. Acumulação

As quantidades de zinco acumuladas pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade, acham-se assinaladas nas tabelas 40 e 41, e ilustradas na figura 19.

Os acúmulos de zinco no caule ajustaram-se a uma equação de regressão de 2º grau com coeficiente de determinação de 94,59**. Neste órgão, as quantidades acumuladas nos primeiros estádios da planta foram mais intensas, havendo estabilidade ao final do período de crescimento da planta (tabela 40).

Nas folhas do caule, a acumulação de zinco deu-se segundo uma regressão cúbica, com coeficiente de determinação de 97,39**, e ponto de máxima aos 73 dias com 1,6mg por planta. Observa-se pela tabela 40, que houve em todas as épocas, maior acúmulo do nutriente neste órgão quando comparado com o caule, apesar das concentrações terem sido bastante próximas. Isto pode ser explicado pelo maior acúmulo de matéria seca nas folhas.

Os ramos e suas folhas, acumularam quantidades crescentes de zinco de forma linear, atingindo aos 84 dias, valores estimados em 1,88mg e 4,0mg de Zn/planta, ultrapassando largamente as quantidades acumuladas pelo caule e suas folhas.

Tabela 40. Acúmulos médios de zinco nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e gramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						g/ha				
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores máscu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,002a	0,009a	-	-	-	-	0,011a	0,022	0,100	-	0,122
24	0,006a	0,031a	-	-	-	-	0,037a	0,067	0,344	-	0,411
36	0,026a	0,182ab	-	-	-	-	0,208a	0,289	2,022	-	2,833
48	0,118a	0,693b	0,077a	0,347a	0,030a	0,015a	1,280a	2,166	11,554	0,500	14,220
60	0,309b	1,520c	0,507a	1,830a	0,068b	1,306b	5,540b	9,066	37,219	15,265	61,550
72	0,693c	1,500c	1,639b	3,476b	0,050ab	1,982bc	9,340c	25,909	55,283	22,576	103,768
84	0,727c	1,399c	1,756b	4,019b	0,040ab	2,502c	10,443c	27,586	60,194	28,242	116,022
d.m.s. (Tukey) 5%	0,154	0,554	0,876	1,628	0,031	0,851	2,06	-	-	-	-
C.V. (%)	24,96	31,60	41,96	32,07	31,22	27,93	23,25	-	-	-	-

Tabela 41. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de zinco nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caulo	$\bar{Y} = 0,5200 - 0,0923x + 5,7726.10^{-3}x^2 - 1,6333.10^{-4}x^3 + 2,1425.10^{-6}x^4 + 1,0193.10^{-8}x^5$	99,14
Folhas do caule	$\bar{Y} = -2,8805 + 0,5030x - 0,0309x^2 + 7,8719.10^{-4}x^3 - 8,9653.10^{-5}x^4 + 3,6868.10^{-8}x^5$	97,39
Ramos	$\bar{Y} = -2,2696 + 0,0495x$	84,88**
Folhas dos ramos	$\bar{Y} = -4,5464 + 0,1165x$	96,37**
Flores masculinas	$\bar{Y} = -0,3100 + 0,0112x - 8,3767.10^{-5}x^2$	73,50**
Flores femininas e frutos	$\bar{Y} = -3,0243 + 0,0678x$	95,41**
Total órgãos aéreos	$\bar{Y} = -3,9167 + 0,6045x - 0,0288x^2 + 4,9469.10^{-4}x^3 - 1,7434.10^{-6}x^4 - 9,3562.10^{-9}x^5$	99,94

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\bar{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de zinco em mg/planta

O acúmulo de zinco, nas flores e frutos, ocorreu segundo uma equação de 2º grau nas flores masculinas. Nas flores femininas e frutos, em forma crescente, conforme uma equação linear. Houve nestes últimos órgãos um acompanhamento da curva de acumulação de matéria seca, principalmente dos frutos maduros, apesar da concentração do nutriente diminuir com o aumento de tamanho dos frutos.

O total de zinco acumulado pelos órgãos aéreos, obedeceu a uma equação cúbica, com ponto de inflexão aos 59 dias de 5,33mg/planta, e uma quantidade estimada absorvida de 10,76mg na amostragem realizada aos 84 dias. No campo, o teor médio acumulado pelas plantas correspondeu a 116g/ha.

4.3.4. Cobre

4.3.4.1. Concentração

Nas tabelas 42 e 43 e na figura 20, são apresentados os resultados referentes às concentrações de cobre nos órgãos da planta em função da idade.

As concentrações médias de cobre nas raízes, conforme o observado na tabela 42, apresentaram pouca variabilidade durante as épocas de amostragens, ajustaram-se a uma equação de regressão cúbica, com ponto de mínima aos 44 dias com 13,3ppm e ponto de inflexão aos 68 dias com 19,8ppm.

Nota-se, pela tabela 42, no caule e nas folhas do caule, uma diminuição dos valores médios da concentração de cobre com a idade,

Tabela 42. Concentrações médias de cobre, em partes por milhão da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	40,2a	15,0b	18,0ab	-	-	-	-
24	16,5c	11,0cd	13,2cd	-	-	-	-
36	16,5c	13,5bc	16,5bc	-	-	-	-
48	20,0bc	10,0de	14,2bcd	8,5a	17,5a	26,2a	28,7a
60	15,7c	9,75de	14,7bcd	14,0b	23,2b	28,2a	20,5b
72	16,7c	8,25e	12,5d	13,5b	17,5a	24,0a	20,2b
84	27,5b	20,2a	21,5a	24,5c	27,2d	26,7a	16,5c
d.m.s. (Tukey) 5%	7,98	2,71	3,92	3,88	3,50	9,39	3,29
C.V. (%)	16,07	9,41	10,79	12,22	7,82	17,01	7,29

Tabela 43. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de cobre nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 65,0714 - 2,7943x + 0,0468x^2 - 2,2907.10^{-4}x^3$	80,36**
Caule	$\hat{Y} = 9,3571 + 0,6067x - 0,02170x^2 + 1,8889.10^{-4}x^3$	76,06**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 38,8571 - 2,8686x + 0,1138x^2 - 1,8103.10^{-3}x^3 + 9,9093.10^{-5}x^4$	90,77**
Ramos	$\hat{Y} = 28,8750 - 0,8545x + 9,5486.10^{-3}x^2$	88,71**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = -660,5000 + 32,5416x - 0,5087x^2 + 2,6041.10^{-3}x^3$	98,12**
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 74,4750 - 1,3396x + 7,8125.10^{-3}x^2$	91,73**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de cobre em ppm da matéria seca

Figura 20. Concentração de cobre (ppm) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 21. Acúmulo de cobre pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

observando-se que somente os teores da amostragem feita aos 84 dias não se ajustaram a esta tendência. No caule, as variações do teor do nutriente obedeceram uma equação de 3º grau com ponto de máxima, de inflexão e de mínima aos 18,38 e 58 dias, com 14,3ppm, 11,3ppm e 8,4ppm do nutriente. Nas folhas, variou segundo uma equação de 4º grau, constatando-se que os teores de cobre neste órgão sempre foram maiores que os observados no caule.

O teor de cobre aumentou progressivamente nos ramos segundo regressão quadrática e ajustou-se a uma equação cúbica nas folhas dos ramos com um máximo aos 56 dias com 23,96ppm, ponto de inflexão aos 65 dias com 20,64ppm e ponto de mínima aos 74 dias com 17,31ppm.

Os resultados obtidos no presente trabalho, discordam dos encontrados por EVERETT (1963) que obteve teores de 10ppm de cobre nas folhas de planta de pepino com boa produção e, também superam os encontrados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) que relatam valores que oscilaram entre 7 e 10ppm. No entanto, são concordantes com os relatados por CARPENA *et alii* (1978a), que determinaram teores de cobre que variaram de 16ppm a 29ppm em folhas de plantas das variedades "Sporu" e "Bit Spot", e apresentaram uma diminuição do teor com o aumento da idade da planta.

As flores masculinas não mostraram diferenças significativas do teor de cobre com a idade da planta, enquanto, que nas flores femininas e frutos, as concentrações decresceram gradativamente de acordo com uma regressão quadrática, em função da participação cada vez maior dos frutos mais desenvolvidos nas amostragens. Os valores estimados nas amostras compostas de flores e frutos, variaram de 28ppm na primeira

amostragem aos 48 dias para 17,1ppm na final aos 84 dias.

4.3.4.2. Acumulação

Os acúmulos de cobre pelos órgãos aéreos da planta, em função de sua idade, acham-se expostos nas tabelas 44 e 45 e na figura 21.

A acumulação de cobre pelo caule, ajustou-se uma equação de regressão de 4º grau, com um coeficiente de determinação de 99.53**. Verifica-se pela tabela 44, que não houve diferenças significativas no acúmulo do nutriente no período até os 60 dias, sendo que a partir dessa amostragem, a acumulação intensificou-se, atingindo aos 80 dias um valor estimado de 0,449mg/planta.

Nas folhas do caule, a absorção de cobre foi crescendo durante o período de estudo, segundo uma curva linear com um alto coeficiente de determinação de 95,39**. Pela curva de regressão determinou-se a grande variação que apresentaram os teores de cobre acumulados com o desenvolvimento da planta, passando de um valor estimado de 0,002mg aos 12 dias até um acúmulo máximo estimado de 0,531mg aos 84 dias.

Nos ramos e nas suas folhas o acúmulo de cobre foi crescente (tabela 44), ajustando-se a equações de regressões quadráticas (tabela 45), com quantidades acumuladas aos 84 dias de 0,966mg e 1,623mg respectivamente. Estas quantidades foram superiores às atingidas pelo caule e suas folhas, graças à maior produção de matéria seca produzida.

O acúmulo de cobre nos órgãos reprodutivos, apresentou valores muito próximos nas flores masculinas (tabela 44), obedecendo uma

Tabela 44. Acúmulos médios de cobre nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta e gramas por hectare (11.1110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta						g/ha				
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores mascu- linas	Flores fe- mininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas	Flores e frutos	Total
12	0,0003a	0,002a	-	-	-	-	0,002a	0,003	0,022	-	0,025
24	0,0018a	0,009a	-	-	-	-	0,011a	0,002	0,100	-	0,102
36	0,0114a	0,060ab	-	-	-	-	0,071a	0,127	0,667	-	0,794
48	0,0418a	0,204b	0,021a	0,103a	0,011a	0,005a	0,386a	0,698	3,411	0,178	4,109
60	0,0775ab	0,372c	0,108a	0,599b	0,026b	0,393b	1,582b	2,065	10,788	4,722	17,575
72	0,1357b	0,451cd	0,442b	0,807b	0,016ab	0,843c	2,695c	6,418	13,976	9,543	29,937
84	0,4496b	0,533d	0,963c	1,670c	0,017ab	0,975c	4,608d	15,694	24,475	11,021	51,190
d.m.s. (Tukey) 5%	0,0832	0,151	0,196	0,328	0,011	0,263	0,599	-	-	-	-
C.V. (%)	35,25	28,10	24,41	19,65	29,70	22,71	19,56	-	-	-	-

Tabela 45. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R²), referentes ao acúmulo de cobre nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R ²
Caulo	$\hat{Y} = -0,2026 + 0,0367x - 0,0023x^2 + 6,6593.10^{-5}x^3 - 8,5705.10^{-7}x^4 + 4,1225.10^{-4}x^5$	99,5
Folhas do caule	$\hat{Y} = -0,3550 + 0,0644x - 0,0041x^2 + 1,1107.10^{-4}x^3 - 1,2958.10^{-6}x^4 + 5,4257.10^{-8}x^5$	99,96
Ramos	$\hat{Y} = 1,7973 - 0,0733x + 7,5494.10^{-4}x^2$	99,63**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 0,7592 - 0,0433x + 6,3345.10^{-4}x^2$	96,53**
Flores masculinas	$\hat{Y} = -0,0285 + 0,0033x - 2,4348.10^{-5}x^2$	44,78*
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = -1,3038 + 0,0281x$	96,01**
Total órgãos aéreos	$\hat{Y} = -0,1264 + 0,0298x - 2,0003.10^{-3}x^2 - 4,3542.10^{-5}x^4 - 1,9052.10^{-7}x^4$	99,37**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de cobre em mg/planta

equação quadrática com baixo coeficiente de determinação. Já nas flores femininas e frutos, a acumulação foi lenta ao início com quantidades estimadas de 0,045mg, acelerou-se rapidamente segundo curva linear, em função do desenvolvimento dos frutos e atingiu aos 84 dias uma quantidade estimadas de 1,06mg de Cu/planta.

Na figura 21, observa-se, que houve uma acumulação crescente de cobre pelo total dos órgãos aéreos da planta. Este acúmulo, ajustou-se a uma equação de 2º grau com coeficiente de determinação de 99,49**, sendo atingida aos 84 dias uma quantidade estimada de 4,53mg/planta o qual corresponde a uma absorção teórica de 51,20g/ha.

4.3.5. Manganês

4.3.5.1. Concentração

As concentrações de manganês nos órgãos, em função da idade, são apresentadas nas tabelas 46 e 47 e na figura 22.

Verifica-se pela tabela 46, a concentração relativamente alta de manganês nas raízes amostradas aos 12 dias após a emergência da planta. Não foram encontradas, posteriormente, diferenças significativas entre os teores médios do elemento no órgão nas demais amostragens, porém, observou-se a diminuição dos valores com a idade. Ajustou-se ao órgão, uma equação cúbica com ponto de máxima aos 71 dias com 68,1ppm.

As concentrações de manganês no caule e nas folhas dos caules, ajustaram-se equações de 3º grau, recaindo o ponto de máximo acúmulo nos 72 dias e 71 dias, respectivamente, com 68,8ppm e 280ppm. Nota-se

Tabela 46. Concentrações médias de manganês, em partes por milhão da matéria seca, nos órgãos da planta, em função da idade

Dias após a emergência	Órgãos da planta						
	Raízes	Caule	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos
12	400,5a	162,7a	198,7a	-	-	-	-
24	52,5b	43,7bc	102,5a	-	-	-	-
36	47,5b	45,0bc	170,7a	-	-	-	-
48	36,2b	29,0c	102,0a	27,7a	102,0a	78,5a	37,2a
60	39,0b	52,5bc	217,2a	53,5ab	167,0ab	94,7a	32,2a
72	39,2b	69,0b	356,0b	60,0b	406,2c	104,0a	30,5ab
84	26,2b	50,2bc	188,0a	73,0b	240,5b	90,5a	15,5b
d.m.s. (Tukey) 5%	64,96	29,76	119,77	27,96	84,39	52,50	11,71
C.V. (%)	30,83	20,03	27,30	24,86	17,55	27,19	18,67

Tabela 47. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes à concentração de manganês nos órgãos da planta

Órgãos da planta	Equações	R^2
Raízes	$\hat{Y} = 856,5357 - 50,6247x + 0,9589x^2 - 5,6664 \cdot 10^{-3}x^3$	93,23**
Caule	$\hat{Y} = 343,5714 - 19,8274x + 0,3905x^2 - 2,3349 \cdot 10^{-3}x^3$	94,58**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 478,7142 - 30,8121x + 0,7492x^2 - 4,9953 \cdot 10^{-3}x^3$	61,95**
Ramos	$\hat{Y} = -24,6749 + 1,1854x$	93,20**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 13169,50 - 655,2673x + 10,6615x^2 - 0,0559x^3$	99,15**
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = 60,1250 - 0,4583x$	89,99**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da concentração de manganês em ppm da matéria seca

Figura 22. Concentração de manganês (ppm) nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Figura 23. Acúmulo de manganês pelos órgãos aéreos da planta, em função da idade

pela tabela 46, que existe proximidade dos teores médios de manganês no caule e nas folhas nas diferentes idades, e que em todas as épocas a concentração de nutriente nas folhas foi maior que a do caule.

Nos ramos, os teores de manganês variaram segundo regressão linear, observando-se um acréscimo com a idade da planta (figura 22), e conforme equação cúbica nas folhas dos ramos, com ponto de máxima aos 75 dias com 425ppm.

Pode ser observada na tabela 46, a alta concentração média de manganês nos órgãos determinada na amostragem realizada aos 72 dias, principalmente nas folhas, talvez pelo efeito residual da aplicação em dias anteriores, de fungicidas que continham o elemento.

Os valores determinados no presente trabalho estão dentro daqueles relatados pela literatura. ADAMS (1978) cita teores de 100-200ppm de manganês nas folhas de plantas sadias e ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) citam teores que oscilam entre 100ppm e 300ppm.

Nas flores masculinas não se observou influência significativa da idade na concentração de manganês, e nas flores femininas e frutos, as concentrações decresceram linearmente com o desenvolvimento dos frutos, até atingir aos 84 dias um teor estimado de 21,72ppm.

4.3.5.2. Acumulação

As quantidades de manganês acumuladas pelas partes aéreas da planta, em função das diferentes épocas de amostragem, encontram-se nas tabelas 48 e 49, e na figura 23.

Tabela 48. Acúmulos médios de manganês nos órgãos aéreos de plantas, em função da idade, em miligramas por planta, e gramas por hectare (11.110 plantas/ha)

Dias após a emergência	mg/planta					g/ha			
	Caulo	Folhas do caule	Ramos	Folhas dos ramos	Flores masculinas	Flores femininas e frutos	Total	Caulo e ramos	Folhas
12	0,003a	0,027a	-	-	-	-	0,030a	0,038	0,300
24	0,007a	0,076a	-	-	-	-	0,083a	0,078	0,844
36	0,038a	0,541a	-	-	-	-	0,579a	0,422	6,011
48	0,125ab	1,570a	0,067a	0,575a	0,033a	0,007a	2,377ab	2,133	23,831
60	0,419b	5,477b	0,530a	4,352a	0,090b	0,586b	11,454b	10,543	109,200
72	1,116c	12,767c	1,978b	18,952b	0,071ab	1,259c	36,143d	34,374	352,398
84	1,098c	4,754b	2,967b	14,880b	0,054ab	1,176c	24,929d	45,162	218,134
d.m.s. (Tukey) 5%	0,299	3,086	1,403	9,738	0,054	0,569	9,172	-	-
C.V. (%)	32,43	37,26	48,24	36,54	41,44	35,81	36,92	-	-

Tabela 49. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), referentes ao acúmulo de manganês nos órgãos aéreos da planta, em função da idade

Órgãos da planta	Equações	R^2
Caulo	$\hat{Y} = 1,2953 - 0,2303x - 0,0143x^2 - 4,0208.10^{-4}x^3 + 5,1552.10^{-6}x^4 - 2,4033.10^{-7}x^5$	99,74**
Folhas do caule	$\hat{Y} = 17,8873 - 3,2090x + 0,2022x^2 - 5,7392.10^{-3}x^3 + 7,4865.10^{-5}x^4 - 3,5769.10^{-7}x^5$	99,85**
Ramos	$\hat{Y} = -4,0584 + 0,0845x$	96,73**
Folhas dos ramos	$\hat{Y} = 683,6082 - 34,0587x + 0,5496x^2 - 2,8448.10^{-3}x^3$	98,39**
Flores masculinas	Não significativa pelo teste "F"	-
Flores femininas e frutos	$\hat{Y} = -1,5420 + 0,0348x$	85,69**
Total órgãos aéreos	$\hat{Y} = 58,6428 - 10,4638x + 0,6532x^2 - 0,0183x^3 + 2,3383.10^{-4}x^4 - 1,0902.10^{-6}x^5$	99,69**

x - Representa o número de dias após a emergência no campo

$\hat{Y}$ - Representa a estimativa da acumulação de manganês em mg/planta

A acumulação de manganês pelo caule foi crescente, aumentando progressivamente segundo equação quadrática, com coeficiente de determinação de 91,68^{**}. Foi lenta a acumulação do nutriente nos estádios iniciais da planta, acelerando a partir dos 60 dias e atingindo aos 84 dias, quantidades estimadas de 1,24mg.

Uma tendência similar de acumulação de manganês, foi observada nas folhas do caule, lenta ao início e aumentando rapidamente a partir dos 60 dias (tabela 48), alcançando no campo uma acumulação média máxima aos 72 dias de 12,77mg/planta, caindo logo aos 84 dias a um acúmulo médio de 4,75mg/planta.

Nos ramos, as quantidades acumuladas cresceram linearmente com a idade da planta, com valores estimados aos 84 dias de 2,92mg de manganês. Para as folhas dos ramos foi determinada uma regressão cúbica, que explica o acúmulo do nutriente, com um máximo aos 77 dias de 21,1mg/planta.

A absorção de manganês nas flores masculinas não foi influenciada pela idade da planta. Nas flores femininas e frutos, a acumulação foi relativamente pequena, quando comparada com os outros órgãos da planta, variando segundo uma regressão linear e atingindo aos 84 dias um acúmulo estimado de 1,38 mg/planta.

O total dos órgãos aéreos, acumularam aos 72 dias uma quantidade média de 36,14mg de Mn/planta, a qual caiu para 24,93mg/planta na amostragem realizada aos 84 dias.

4.4. Desenvolvimento do fruto, concentrações de macro e micronutrientes nos frutos desenvolvidos e exportação de nutrientes através da colheita

A produção de frutos de pepino pela cultura foi medida pela primeira vez na amostragem realizada aos 48 dias após a emergência da planta. Nas amostragens posteriores, seguiu-se a evolução do desenvolvimento dos frutos com a determinação do número de flores femininas e frutos retirados, da produção de matéria fresca e seca e da porcentagem de matéria seca pelos frutos em desenvolvimento, dos que tinham atingido o ponto de coleta ou atingido o estágio de maturidade. Estes dados são apresentados na tabela 50.

Tabela 50. Valores médios dos pesos das matérias fresca e seca, porcentagem da matéria seca e número de frutos e flores femininas, em função do desenvolvimento da planta

Dias após a emergência	Matéria fresca (g)	Matéria seca (g)	% da matéria seca	Flores femininas e frutos (Nº)
48	2,30	0,15	8,26	7
60	580,31	18,57	3,20	13
72	1.991,43	41,82	2,10	16
84	3.005,10	59,65	1,98	11

Os resultados obtidos, mostram que inicialmente, com a maior participação dos frutos em menor estágio de desenvolvimento, a por-

centagem de matéria seca é elevada, correspondendo a 8,26% do peso total das flores e frutos amostradas aos 48 dias. Nas últimas amostragens, o desenvolvimento do fruto é devido em grande parte pelo acúmulo de água nos tecidos, fato este comprovado pela redução da porcentagem de matéria seca neste período. Verifica-se pela tabela 50, que nas amostragens realizadas aos 72 dias e aos 84 dias, a porcentagem de matéria seca diminuiu, estabilizando-se em torno de 2%.

As porcentagens de matéria seca foram ligeiramente menores daquelas citadas pela literatura. Assim, WARD (1967), relata valores de 4,4% de matéria seca em frutos no ponto de colheita de plantas sadias, e ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), assinalam teores que oscilaram de 3,3% a 3,7%, enquanto que Wilkins (1917), citado por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), dão valores em torno de 3%.

No ensaio conduzido durante um período de 3 meses, obteve-se uma média de 10 frutos por planta, sendo que aos 60 dias já foram obtidos frutos no ponto de coleta comercial, reunindo os requisitos exigidos pelo mercado, e aos 84 dias, foi possível obter frutos completamente maduros, com sementes adequadas para a reprodução.

Após 70 dias as plantas terem emergido no campo, foram retirados frutos no ponto de colheita comercial. Determinaram-se os pesos da matéria fresca e seca, porcentagem de matéria seca, diâmetro e comprimento do fruto, cujos resultados são assinalados na tabela 51.

As concentrações médias dos nutrientes analisados no fruto completo, na casca e na polpa dos frutos amostrados no ponto de colheita, em "estádio imaturo", encontram-se expostas na tabela 52. Também são

Tabela 51. Valores médios do peso da matéria fresca e seca, porcentagem da matéria seca, diâmetro e comprimento do fruto no ponto de colheita

	Mat.fresca (g)	Mat.seca (g)	% da mat. seca	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
Fruto	481,29	13,92	2,89	23,67	5,63

Tabela 52. Concentrações médias de nutrientes no fruto completo, na casca e na polpa do fruto no ponto de colheita em estágio "de vez" e nas sementes do fruto maduro

Nutrientes	Fruto no ponto de colheita			Fruto maduro
	Fruto completo	Casca	Polpa	Sementes
N (%)	3,63	3,07	2,41	5,44
P (%)	0,69	0,53	0,49	0,80
K (%)	5,59	5,40	4,05	1,34
Ca (%)	0,60	0,50	0,55	0,10
Mg (%)	0,48	0,50	0,41	0,46
S (%)	0,20	0,22	0,16	0,13
B (ppm)	30	27	22	13
Fe (ppm)	66	72	69	121
Zn (ppm)	42	38	32	86
Cu (ppm)	18	22	11	37
Mn (ppm)	34	32	13	38

apresentados nesta tabela, os teores de nutrientes nas sementes dos frutos maduros retirados ao final do ensaio.

Verifica-se que na casca dos frutos localizaram-se maiores concentrações de nutrientes do que na polpa. Observa-se que as concentrações de potássio, cálcio, enxofre, boro e zinco foram mais elevados na casca e na polpa em confronto com as concentrações nas sementes. Destacam-se pelas elevadas concentrações, as porcentagens de potássio e nitrogênio na casca e na polpa.

As concentrações médias de macro e micronutrientes no fruto completo, estão próximas das encontradas por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), que determinaram em frutos da variedade "Sporu", valores em torno de 2,4% e 3,7% de N; 0,74% e 0,87% de P; 4,56% e 7,55% de K; 0,64% e 1,07% de Ca; 2,4% e 3,7% de Mg; 25ppm de B; 80ppm de Fe; 60ppm de Zn; 8ppm de Cu e 33ppm de Mn. Pela tabela 52, observa-se pequenas discrepâncias nas concentrações de fósforo, ferro e cobre, que foram inferiores daquelas verificadas pelos pesquisadores acima mencionados.

Os teores de nitrogênio, potássio e magnésio achados nos frutos, superaram os obtidos por WARD (1967b), nos frutos da variedade "Burpee hybrid", que cita valores de 2,74% de N; 4,33% de K; 0,41% de Ca e 0,32% de Mg, enquanto que o de fósforo é inferior ao valor citado de 0,82%.

Nas tabelas 53 e 54, apresentam-se as quantidades de macro e micronutrientes removidas pela colheita dos frutos.

Tabela 53. Exportação de macronutrientes através da colheita de frutos, em miligramas por fruto, quilogramas por tonelada de frutos e em quilogramas por hectare

Macronutrientes	Exportação de macronutrientes		
	mg/fruto ^{a/}	kg/t de frutos	kg/ha ^{b/}
N	505,30	1.050	56,139
P	96,05	0,200	10,671
K	778,13	1.617	86,450
Ca	83,52	0,174	9,279
Mg	66,82	0,139	7,424
S	27,84	0,058	3,093

^{a/} Fruto com peso médio de 481,29g no ponto de colheita

^{b/} Considerando uma produção média de 10 frutos por planta durante três meses de cultura no campo e uma população estimada de 11.110 plantas por hectare

Tabela 54. Exportação de micronutrientes, com exceção de Cl e Mo, através da colheita de frutos, em miligramas por fruto, gramas por tonelada de frutos e em gramas por hectare

Micronutrientes	Exportação de micronutrientes		
	mg/fruto ^{a/}	g/t de frutos	g/ha ^{b/}
B	0,42	0,873	46,662
Fe	0,92	1,912	102,212
Zn	0,58	1,205	64,438
Cu	0,25	0,519	27,775
Mn	0,47	0,977	52,217

^{a/} Fruto com peso médio de 481,29g no ponto de colheita

^{b/} Considerando uma produção média de 10 frutos por planta durante três meses de cultura no campo e uma população estimada de 11.110 plantas por hectare

Pela tabela 53, constata-se que a exportação de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: $K > N > P > Ca > Mg > S$. Nota-se que as quantidades extraídas de potássio e nitrogênio, superaram amplamente as demais e que, as exportações de fósforo, cálcio e magnésio, praticamente na mesma ordem, foram bem maiores que as de enxofre.

Os resultados coincidem com os obtidos por WARD (1967a), que obteve a mesma ordem de sequência de macronutrientes exportados pelos frutos. Após 5 meses de cultura foram exportadas por frutos da variedade "Burpee hybrid", as quantidades de 655 kg de K/ha, 414 kg de N/ha, 124 kg de P/ha, 62 kg de Ca/ha e 45 kg de Mg/ha, segundo WARD (1967a).

Através da tabela 54, verifica-se que as quantidades dos micronutrientes removidas pela colheita dos frutos, em ordem decrescente foram: $Fe > Zn > Mn > B > Cu$. Não foi encontrado nenhum trabalho na literatura relacionado com este aspecto.

4.5. Ensaio em soluções nutritivas

4.5.1. Sintomas de deficiências

4.5.1.1. Deficiência de nitrogênio

Oito dias após a omissão deste nutriente da solução nutritiva, as plantas mostraram os primeiros sintomas caracterizados por um amarelecimento generalizado nas folhas, sendo mais evidente nas mais velhas. Dez dias após o início dos sintomas, o amarelecimento tornou-se mais acentuado, com as folhas mais velhas quase brancas e apresentando senescência precoce. A partir desse período, verificou-se diminuição do

crescimento, com as plantas tomando porte menor em relação ao tratamento completo. As folhas apresentavam um ângulo agudo com o caule, sendo este órgão de aspecto delgado. As folhas novas eram de tamanho reduzido. Houve um aumento sensível no comprimento das raízes. Não houve formação de frutos.

Estes sintomas são semelhantes aos descritos por SKINNER (1941) e por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969), com plantas de pepino de variedade "Sporu", cultivadas com soluções nutritivas deficientes em nitrogênio.

4.5.1.2. Deficiência de fósforo

Nas plantas cultivadas em soluções carentes de fósforo, os sintomas de deficiência apareceram doze dias após o início do tratamento. Tornaram-se pouco desenvolvidas, contendo um número reduzido de folhas em confronto com as plantas normais.

As folhas basais apresentaram cor verde-amarelada, enquanto que as intermediárias mostraram uma cor verde-azulada intensa, com toda a folhagem apresentando sensação áspera ao tato.

Na evolução dos sintomas, as folhas inferiores mostraram uma coloração amarela intensa e o surgimento de manchas pardas no limbo foliar.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) descreveram sintomas de deficiência de fósforo, com características comuns.

4.5.1.3. Deficiência de potássio

Aos oito dias após o início do tratamento apareceram os sintomas de carência de potássio, caracterizados por um bronzeamento e necrose das margens das folhas mais velhas, sendo que nos estádios mais avançados de deficiência a necrose progrediu para a nervura principal.

Pontos necróticos surgidos apresentaram coloração castanha, enquanto que, as nervuras principais permaneceram com uma cor verde intensa. Observou-se maior murchamento das folhas nas horas quentes do dia, e com o transcorrer da carência, notou-se o encurvamento do ápice foliar no sentido abaxial.

A sintomatologia relatada por SKINNER (1941) e por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) foi mais drástica, sendo afetado o desenvolvimento da planta com a omissão deste nutriente.

4.5.1.4. Deficiência de cálcio

Cinco dias após o início do tratamento, surgiram os primeiros sintomas de deficiência de cálcio.

Os sintomas iniciais apareceram nas folhas mais novas, caracterizados por um amarelecimento das margens e o crescimento não uniforme da folha, dando um aspecto de gancho na ponta. Observou-se também, o murchamento e a morte das gemas terminais.

Posteriormente a planta cessou o seu crescimento, e as folhas novas permaneceram pequenas, curvaram-se para cima e surgiram no limbo foliar pequenos pontos brancos translúcidos. As flores produzidas foram menores do que as das plantas normais, e já no estágio avançado de

carência, houve o murchamento de quase todas as folhas e o colapso dos pecíolos.

A deficiência deste nutriente afetou o desenvolvimento das raízes da planta, as quais foram curtas, grossas apresentando uma coloração parda.

Os sintomas concordam com os observados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) e WARD (1973).

4.5.1.5. Deficiência de magnésio

Os sintomas de deficiência de magnésio iniciaram-se vinte dias após a omissão deste nutriente, sem que cessasse o crescimento da planta, observando-se que o desenvolvimento do caule e das folhas, foi semelhante ao das plantas cultivadas em soluções nutritivas completa.

Os sintomas de carência surgiram nas folhas mais velhas, que apresentaram amarelecimento e leve clorose internerval, sem contudo atingir as folhas mais novas.

Os sintomas obtidos aproximam-se dos descritos por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969).

4.5.1.6. Deficiência de enxofre

Dez dias após o início do tratamento, apareceram os sintomas de deficiência de enxofre, caracterizados por um amarelecimento das folhas mais novas com as bordas serrilhadas.

A seguir, houve depressão no crescimento, apresentando as plantas altura reduzida, folhagem endurecida e de tamanho pequeno, coloração verde-amarelada na maioria das folhas e flores muito pequenas.

Os sintomas observados coincidem plenamente com os constatados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) e WARD (1976).

4.5.1.7. Deficiência de boro

Os sintomas de deficiência de boro surgiram aos seis dias após o início do tratamento, juntamente com os sintomas de carência de cálcio. Inicialmente foi observada nas folhas mais novas, uma clorose irregular. As folhas mostraram-se curvadas para cima, grossas e com as nervuras salientes. Foi constatada a morte do meristema apical do caule, induzindo o crescimento dos brotos laterais o que deu origem ao aparecimento de ramos secundários, cujos ápices também acabaram morrendo.

Com a evolução dos sintomas, a planta inteira apresentava aspecto de arbusto, com todos os pontos de crescimento necrosados e com a floração reduzida e flores de tamanho pequeno.

ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) relatam sintomas semelhantes, enquanto que, HEWITT e WATSON (1980) obtiveram sintomas iguais que, porém, se manifestaram somente após vinte dias da omissão do elemento da solução nutritiva.

4.5.1.8. Deficiência de ferro

Os sintomas de carência de ferro manifestaram-se aos 20 dias de início do tratamento, sem contudo, afetar sensivelmente o crescimento em altura.

Os sintomas de carência limitaram-se às folhas mais novas com menor desenvolvimento, caracterizando-se por apresentarem um fino reticulado verde das nervuras, sobre o tecido de coloração amarelada do limbo, o que coincide, neste aspecto, pela sintomatologia apontada por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969). Verificou-se, no entanto, divergências com as observações relatadas por HEWITT e WATSON (1980) que detectaram a manifestação dos sintomas de deficiência em plantas do cultivar "Femspot F, hybrid", sete dias após a omissão do nutriente na solução nutritiva.

4.5.1.9. Deficiência de zinco

Os sintomas de deficiência de zinco, iniciaram-se aos vinte e dois dias após a omissão do nutriente, sendo o elemento que mais tardou em apresentar os efeitos de sua carência na planta. No entanto, apesar disso, o crescimento das plantas retardou-se, não chegando a atingir os níveis obtidos pelas cultivadas com o tratamento completo, nem os alcançados pelas plantas cultivadas com as soluções deficientes de magnésio e de ferro.

Convém salientar, que nas plantas cultivadas com soluções carentes de zinco, não foi observada a diminuição dos internódios, que

produzem plantas anãs e com aparência de roseta, sintomas estes relatados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969).

O principal sintoma observado foi um mosqueado interner-val nas folhas velhas, com a presença de manchas brancas sobre o limbo, que apresentavam-se com uma coloração verde-limão.

4.5.2. Produção de matéria seca

Os resultados referentes à produção de matéria seca como indicadora de crescimento entre os diversos tratamentos são apresentados nas tabelas 55 e 56.

A análise de variância da produção de matéria seca pelas raízes, caule, folhas e flores das plantas desenvolvidas nas diferentes soluções nutritivas após 45 dias de cultivo (tabela 55), revelou ter havido um efeito significativo de tratamentos, órgãos e interação tratamentos x órgãos no acúmulo da matéria seca. Observa-se, portanto, nos resultados da tabela 56, que a influência dos tratamentos na produção de matéria seca, difere entre os órgãos analisados.

Quando se comparou pelo teste de Tukey o efeito dos tratamentos dentro de cada órgão (tabela 56), verificou-se que o acúmulo de matéria seca pelos órgãos das plantas desenvolvidas em solução completa, superou ao das plantas desenvolvidas nas soluções deficientes, apesar de não se diferenciar estatisticamente entre os tratamentos carentes em magnésio e ou ferro.

Tabela 55. Análise de variância, da produção de matéria seca pelas raízes, caules, folhas e flores das plantas desenvolvidas em condições de casa de vegetação como soluções nutritivas

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Órgãos (O)	3	685,53	228,51	298,02**
Tratamentos (T)	9	150,61	16,73	21,82**
Int.(O) x (T)	27	144,11	5,33	6,96**
Resíduo	120	92,01	0,77	
Total	159	1072,27		

C.V.(%) = 20,38

** Valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade

Constata-se, na mesma tabela, ocorrer diferenças significativas na produção de matéria seca pelas raízes entre os tratamentos "-P, -K, -Ca, -S e -B x completo". Destacam-se, o desenvolvimento deficiente das raízes, naqueles tratamentos onde houveram omissão de boro, cálcio e ou potássio.

Os caules das plantas dos tratamentos "-Mg e -Fe", acumularam quantidades de matéria seca, não diferenciando-se do tratamento completo enquanto, que os outros tratamentos, destacaram-se pela pouca produção de matéria seca nesse órgão. A omissão de cálcio, boro e ou enxofre afetou marcadamente a produção de matéria seca do caule.

Tabela 56. Pesos médios de matéria seca, em gramas, produzida pelos órgãos de plantas desenvolvidas em condições de casa de vegetação e soluções nutritivas

Tratamentos	Órgãos da planta					Total
	Raízes	Caule	Folhas	Flores	Total da parte aérea	
Completo	1,05a*	5,65a	8,81a	0,48a	14,93a	16,00a
Omissão de N	0,72abcd	2,62b	3,30b	0,35abcd	6,27b	7,00b
Omissão de P	0,47cd	2,63b	4,59b	0,19cd	7,39b	7,89b
Omissão de K	0,32d	2,16b	5,61ab	0,26abcd	8,29b	8,61b
Omissão de Ca	0,32d	1,69b	2,40b	0,17d	4,25b	4,58b
Omissão de Mg	0,99ab	5,01a	8,26a	0,35abcd	14,06a	15,05a
Omissão de S	0,49bcd	2,05b	3,74b	0,18d	5,96b	6,45b
Omissão de B	0,41cd	1,87b	4,42b	0,22bcd	6,82b	7,24b
Omissão de Fe	0,70abcd	5,37a	8,80a	0,43ab	15,44a	15,29a
Omissão de Zn	0,70abc	3,36ab	4,06b	0,40abc	7,82b	8,72b
d.m.s. (Tukey) 5%	0,51	2,30	3,45	0,22	5,40	5,57
C.V. (%)	32,97	29,50	26,49	28,85	24,57	23,65

* As letras não comuns referem-se a diferenças mínimas significativas ao nível de 5% de probabilidade de tratamentos dentro dos órgãos (colunas)

Comparando-se as produções médias de matéria seca pelas folhas, constata-se que a solução completa proporcionou o maior acúmulo, não havendo, entretanto, diferenças significativas com os tratamentos das soluções carentes de magnésio e de ferro. Observa-se, na tabela 56, a drástica redução na produção de matéria seca das folhas dos tratamentos sem

nitrogênio, enxofre e principalmente cálcio, que acusou a menor produção.

A floração das plantas foi afetada principalmente pela deficiência de fósforo, cálcio, enxofre e boro, havendo diferenças significativas entre os tratamentos com omissão destes elementos, com a produção de matéria seca das flores do tratamento completo. Os outros tratamentos, apesar das flores terem produzido menor peso de matéria seca, não se diferenciaram do tratamento completo.

4.5.3. Níveis analíticos

As concentrações médias de macronutrientes e de boro, ferro e zinco nas raízes, caules e flores das plantas, desenvolvidas em soluções nutritivas completa e deficientes, encontram-se na tabela 57.

As concentrações dos nutrientes nas folhas novas e velhas do tratamento completo, e nas folhas com ou sem sintomas dos tratamentos deficientes, são apresentados na tabela 58.

Verifica-se pela tabela 57, que ocorreram diferenças significativas, entre as concentrações dos nutrientes no caule do tratamento completo e dos tratamentos deficientes. Nos demais órgãos, raízes e flores, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos completo e deficiente, com exceção nas concentrações de ferro e zinco nas raízes e de zinco nas flores. Em plantas de cultivar "Bestseller OE 0219", INGESTAD (1973) na Suecia, analisou os teores de macronutrientes nas flores, obtendo concentrações correspondentes a 7,3% de N, 5,8% de K, 1,2% de P, 0,32% de Ca e 0,38% de Mg, apresentando estes valores certa divergência dos encontrados no presente trabalho.

Tabela 57. Concentrações médias de macronutrientes (%) e de boro, ferro e zinco (ppm), nas raízes, caules e flores da planta desenvolvidas em soluções nutritivas completa e deficiente

Nutrientes	Raízes			Caule			Flores		
	Solução completa	Solução deficiente	d.m.s. (Tukey) 5%	Solução completa	Solução deficiente	d.m.s. (Tukey) 5%	Solução completa	Solução deficiente	d.m.s. (Tukey) 5%
N	2,61a*	1,38b	0,53	1,80a	1,09b	0,38	4,16a	2,82b	0,31
P	0,38a	0,17b	0,07	0,32a	0,12b	0,10	0,76a	0,31b	0,06
K	3,21a	1,22b	0,53	3,13a	1,14b	0,55	5,09a	3,19b	0,59
Ca	0,50a	0,27b	0,11	0,46a	0,28a	0,20	0,85a	0,17b	0,14
Mg	0,76a	0,33b	0,30	0,67a	0,52b	0,16	0,85a	0,67b	0,09
S	0,26a	0,07b	0,07	0,25a	0,03b	0,03	0,38a	0,06b	0,04
B	64,5a	54,5b	10,0	35,0a	27,0b	8,0	167,2a	73,2b	42,1
Fe	646,5a	627,7a	359,2	63,2a	42,5b	14,9	561,0a	209,2b	201,8
Zn	60,0a	57,7a	11,1	35,0a	27,7b	6,9	74,5a	59,5a	19,1

* Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 5% da probabilidade dos tratamentos dentro de cada nutriente, em cada órgão (linhas)

Tabela 58. Concentrações médias de macronutrientes (%) e de boro, ferro e zinco (ppm), nas folhas de plantas desenvolvidas em soluções nutritivas completa e deficiente

Nutriente	Solução completa		Solução deficiente		d.m.s. (Tukey)		C.V. %
	Folhas velhas	Folhas novas	Folhas com sintomas	Folhas sem sintomas	5%	1%	
N	2,91b*	4,17a	1,33d(fv)	2,12c(fn)	0,39	0,52	7,12
P	0,24b	0,43a	0,15c(fv)	0,19c(fn)	0,09	0,12	16,56
K	1,61b	2,71a	0,65c(fv)	1,53b(fn)	0,44	0,57	12,84
Ca	1,55a	0,63c	0,13d(fn)	1,14b(fv)	0,39	0,52	11,81
Mg	0,88b	1,18a	0,57c(fv)	0,66bc(fn)	0,27	0,36	15,77
S	0,42a	0,40a	0,82c(fn)	0,12b(fv)	0,07	0,09	13,98
B	70,2a	51,2b	18,7c(fn)	46,7b(fv)	15,9	20,8	16,23
Fe	180,7a	151,0a	74,7b(fn)	163,2a(fv)	70,6	92,5	23,61
Zn	53,2a	48,2a	36,7b(fv)	46,9a(fn)	10,1	17,7	18,67

* Médias seguidas de letras não comuns referem-se a diferenças significativas ao nível de 5% da probabilidade das folhas dentro do nutriente (linhas) - (fn) = folhas novas, (fv) = folhas velhas

Através da tabela 58, constata-se que as concentrações dos nutrientes foram significativamente diferentes nas folhas novas e velhas das plantas desenvolvidas em solução completa, exceção feita para o enxofre, ferro e zinco. Nota-se, também, que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio foram superiores nas folhas novas, ocorrendo o inverso para a concentração de cálcio e de boro. Isto pode ser explicado pela mobilidade dos primeiros elementos na planta, enquanto que os dois últimos são considerados de pouca mobilidade (MENGEL e KIRKBY, 1982).

Ocorreram diferenças significativas entre os teores dos nutrientes nas folhas do tratamento completo e as respectivas folhas, novas ou velhas, provenientes dos tratamentos com soluções incompletas. Observa-se, na tabela 58, níveis de "fome oculta", nas plantas cultivadas em soluções incompletas, que não apresentaram os sintomas de carência já descritos anteriormente.

Os resultados obtidos situam-se na faixa abrangida pelos dados assinalados por ROORDA VAN EYSINGA e SMILDE (1969) na Holanda e por ADAMS (1978) na Inglaterra.

4.5.4. Acumulação de nutrientes

Na tabela 59, são apresentados os valores médios do acúmulo de macronutrientes e de boro, ferro e zinco na parte aérea e na planta inteira, após 45 dias de cultivo em soluções nutritivas completa, e em soluções incompletas.

Tabela 59 . Acúmulos de macronutrientes e de boro, ferro e zinco, em miligramas, na parte aérea e na planta inteira em plantas desenvolvidas em soluções nutritivas completa e deficiente, com as respectivas diferenças mínimas significativas

Nutriente	Parte aérea da planta			Planta inteira		
	Solução completa	Solução deficiente	d.m.s. (Tukey) 5%	Solução completa	Solução deficiente	d.m.s. (Tukey) 5%
N	405,22a*	91,95b	52,78	428,91a	103,71b	54,67
P	47,05a	11,59b	11,07	51,08a	12,39b	10,28
K	365,22a	82,70b	37,11	390,94a	86,76b	51,48
Ca	145,58a	16,96b	20,64	150,91a	17,80b	20,42
Mg	123,64a	80,50b	23,64	131,42a	82,91b	24,40
S	52,98a	3,48b	4,94	55,71a	3,82b	5,12
B	0,81a	0,21b	0,12	0,88a	0,23b	0,14
Fe	2,13a	1,46b	0,51	2,81a	1,83b	0,56
Zn	0,69a	0,29b	0,16	0,75a	0,34b	0,14

* Médias seguidas de letras não comuns representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade dos tratamentos dentro do nutriente (linhas)

Constata-se que os acúmulos de nutrientes pelas plantas desenvolvidas com soluções deficientes foram significativamente inferiores aos obtidos com plantas vegetando em solução completa.

Dos resultados apresentados na tabela 59, observa-se que a acumulação de nutrientes pela planta desenvolvida em solução nutritiva completa, após 45 dias de cultivo, obedeceu à seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > Mg > S > P > Fe > B > Zn$. Confrontando-se esta sequência com a obtida pelas plantas que foram cultivadas em condições de campo durante 48 dias, constata-se uma mesma sequência de absorção dos nutrientes, exceto no caso do fósforo, que foi mais acumulado nas plantas do que o magnésio e o enxofre.

Os resultados obtidos no presente ensaio, coincidem parcialmente com os de CARPENA *et alii* (1978b) e MILLETTI (1969), que constataram acúmulos de fósforo superiores aos de magnésio nas plantas cultivadas em solução nutritiva.

4.6. Observações Gerais

Hã diversas recomendações de adubação para a cultura do pepino, sendo as utilizadas no presente ensaio consideradas representativas da maioria dos cultivos comerciais feitos pelos horticultores no Estado de São Paulo.

As quantidades da extração total dos nutrientes pelas plantas com bom crescimento e elevada produtividade, devem ser utilizadas como auxiliares no estabelecimento de tabelas de adubação, embora não possam ser consideradas absolutas, devido a que possíveis flutuações na absorção dos nutrientes podem ser esperados sob variações das condições climáticas, tipos de solo, variedades e práticas culturais.

Verifica-se pela tabela 60, onde são apresentadas as quantidades de macronutrientes extraídas pela cultura e as quantidades desses nutrientes aplicadas, que a formulação 5-25-10 na dosagem utilizada (50g/cova), e as adubações complementares em cobertura, fornecem as quantidades de nitrogênio e fósforo requeridas pela cultura, enquanto que a quantidade de potássio é inferior à extraída.

A tabela 60, mostra a relação aproximada entre N:P:K extraídos pelas partes aéreas, sendo 9:1:14. Diversos horticultores utilizam-se de adubações contendo maior proporção de fósforo. Recomenda-se, portanto, que sejam realizados ensaios em que a relação entre os nutrientes aplicados seja próxima daquela verificada no presente trabalho.

Tabela 60. Quantidades de macronutrientes extraídas pela cultura do pepino e aplicações dos nutrientes realizadas nos cultivos comerciais

Nutrientes	Acumulação pela planta (aos 84 dias)		Exportação pela colheita		Aplicação de fertilizantes	
	g/planta	kg/ha	g/planta (média 10 frutos)	kg/ha	g/planta	kg/ha
N	6,1	67,8	5,1	56,1	10,5	116,7
P	0,7	7,8	1,0	10,8	5,5	61,1
K	10,8	120,0	7,8	86,4	4,2	46,7
S	0,4	4,4	0,3	3,1	11,9	132
Ca	5,6	62,2	0,8	9,3	-	-
Mg	1,5	16,7	0,7	7,4	-	-

A recomendação da adubação nitrogenada na forma de sulfato de amônio prende-se ao fato observado que há um aumento no número de flores femininas, no pegamento dos frutos, na sua conformação e nas suas qualidades comerciais.

A planta do pepino parece ser tolerante ao excesso do nitrogênio, no entanto, as quantidades adicionadas na prática excedem largamente as extraídas pela planta, sendo recomendado reduzir-se as quantidades aplicadas, sem prejuízo na qualidade dos frutos.

Vale salientar a importância de se realizar a aplicação em cobertura do adubo nitrogenado na época apropriada do ciclo da cultura. Os dados obtidos no presente trabalho indicam que a aplicação em cobertura

na época da aceleração do crescimento da planta que se dá por ocasião da produção de ramos e suas folhas e o início do florescimento é adequada. Dado que a produção de flores e formação de frutos é contínua nesta espécie, uma segunda aplicação de nitrogênio é necessário após a primeira colheita para se manter a produção em nível adequado. Existem divergências na recomendação da época de adubação por diversos autores. Assim, alguns recomendam a primeira adubação em cobertura por ocasião do desbaste e a segunda no início do florescimento, enquanto que outros, sugerem somente uma aplicação por ocasião do desbaste.

O potássio é o elemento predominante em quantidades extraídas tanto pela parte aérea total da planta como pelos frutos, sendo que a absorção é contínua e elevada ainda nos estádios finais do ciclo da planta. No presente ensaio, a extração de potássio, pelas plantas e frutos, excede amplamente às quantidades aplicadas, sem, no entanto, se ter observado sintomas de deficiência, o que é explicado pelos altos teores de potássio trocável no solo, assim como pela penetração das raízes em mais de um metro e meio nas camadas mais profundas do solo, onde a planta pode obter quantidades adicionais do nutriente. No entanto, em solos mais pobres em potássio, seria preferível fornecer o elemento em quantidade próxima da extraída pela cultura.

A implantação da cultura, é realizada, em solos corrigidos, sendo a faixa de acidez mais favorável aquela situada entre pH 5,5 e 6,5, realizando-se calagem dos solos mais ácidos, prática que atende as exigências de cálcio e magnésio. Constata-se pela tabela 60, que as quantidades de cálcio e magnésio exportadas pelo fruto, são pequenas,

comparadas com as acumuladas pela parte vegetativa da planta, principalmente as folhas, as quais retornam ao solo, incorporadas pelas práticas culturais. No presente ensaio, os altos teores de cálcio e magnésio do solo, forneceram as quantidades exigidas pela cultura.

A parte vegetativa remanescente da cultura após 84 dias, contém apreciável quantidade de nutrientes que pode ser aquilatada através dos seguintes dados, referentes a uma população teórica de 11.110 plantas/ha: 45 kg de N, 4 kg de P, 86 kg de K, 59 kg de Ca, 13 kg de Mg, 3 kg de S, 100g de B, 378g de Fe, 88g de Zn, 40g de Cu e 263g de Mn.

Justifica-se, assim, plenamente o enterrio deste material por ocasião do final da colheita, prática esta não adotada pela maioria dos horticultores que não aproveitam esse material rico em nutrientes como um suplemento na adubação.

5. CONCLUSÕES

5.1. Crescimento

- O crescimento é contínuo, não sendo atingido ponto de máxima acumulação da matéria seca. Lento no início, sofrendo aceleração a partir dos 48 dias, pela participação e incorporação crescente até a maturidade da planta, da matéria seca produzida pelos ramos e suas folhas, e posteriormente com a contribuição dos frutos.

- A produção de matéria seca produzida pelo total das folhas supera a produzida pelo caule e ramos, atingindo-se aos 84 dias da cultura no campo, quantidades estimadas pela parte aérea, por planta de: caule e ramos - 63,4g (25,7%); folhas - 88,38g (41,4%); flores e frutos - 61,5g (28,8%); sendo o total produzido pela planta de 213,28g.

5.2. Concentração de nutrientes

- Nos órgãos aéreos, as concentrações de nutrientes são instáveis e variam em função da idade da planta.

- Nas folhas, a concentração de nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre e manganês é sempre maior do que as encontradas no caule e ramos, ocorrendo o inverso com o potássio, enquanto que as porcentagens de fósforo, boro e zinco são muito semelhantes nesses órgãos.

- As concentrações dos macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre diminuem nos órgãos com a idade da planta; as de cálcio e magnésio, aumentam, principalmente nas folhas e ramos, não havendo uma constância no caule.

- No caso dos micronutrientes, a concentração de boro aumenta, a de ferro diminui, enquanto que as de zinco, cobre e manganês não apresentaram uma tendência característica, mostrando grande variabilidade.

- Nos frutos, as concentrações mais elevadas dos nutrientes são encontradas nos frutos novos, havendo uma diminuição gradativa com o desenvolvimento.

5.3. Acúmulo de nutrientes

- A acumulação de nutrientes, acompanha em linhas gerais, a produção da matéria seca, lenta no início e sofrendo aceleração a partir do desenvolvimento e produção contínua de frutos.

- Aos 84 dias após a emergência da planta, o acúmulo de nutrientes pela parte aérea da planta, obedece a seguinte ordem e quantidades: K - 10,8g; N - 6,1g; Ca - 5,6g; Mg - 1,5g; P - 0,68g; S - 0,44g; Fe - 37,5mg; Mn - 25,0mg; Zn - 10,7mg; B - 10,3mg; Cu - 4,5mg.

5.4. Exportação de nutrientes pelos frutos na colheita

As quantidades de nutrientes exportadas através da colheita, por tonelada de fruto no ponto de consumo, correspondem em ordem decrescente a: K - 1.617g; N - 1.050g; P - 200g; Ca - 174g; Mg - 139g; S - 58g; Fe - 1,91g; Zn - 1,21g; Mn - 0,98g; B - 0,87g; Cu - 0,52g.

5.5. Sintomas de deficiências nutricionais

- Os sintomas identificados em condições de deficiência dos nutrientes são característicos e permitem uma fácil identificação.

- A deficiência de nitrogênio é caracterizada pela clorose intensa das folhas basais. A deficiência de fósforo, pela coloração amarelada das folhas basais apresentando manchas pardas no limbo e coloração verde-azulada escura nas folhas intermediárias. A carência de potássio, pelo bronzeamento e manchas necrosadas de coloração castanha nas margens e na lâmina das folhas mais velhas. A deficiência de cálcio, pela deformação das folhas mais novas apresentando aspecto de "gancho" nas pontas e murchamento das gemas terminais. A deficiência de magnésio, pelo amarelecimento e leve clorose internerval das folhas mais velhas. A carência de enxofre, pelo amarelecimento das folhas novas com as bordas conspicuamente serrilhadas. A deficiência de boro,

pela clorose irregular das folhas novas com necrose acinzentada das gemas apicais. A deficiência de ferro, pela presença nas folhas novas de menor desenvolvimento de um fino reticulado verde das nervuras sobre o tecido de coloração amarelado do limbo. A deficiência de zinco, pela presença de um mosqueado nas folhas velhas consistente de manchas brancas sobre a lâmina foliar de coloração verde-limão.

5.6. Níveis analíticos

- Os níveis de nutrientes nas folhas sadias, expressos em função da matéria seca, estão na faixa de: 2,91% e 4,17% de N; 0,24% e 0,43% de P; 1,61% e 2,71% de K; 0,63% e 1,55% de Ca; 0,88% e 1,18% de Mg; 0,40% e 0,42% de S; 51,2ppm e 70,2ppm de B; 151ppm e 180,7ppm de Fe; 48,2ppm e 53,2ppm de Zn.

- Níveis de nutrientes nas folhas com sintomas de carência, expressos em função da matéria seca são: 1,33% de N; 0,15% de P; 0,65% de K; 0,13% de Ca; 0,57% de Mg; 0,02% de S; 18,7ppm de B; 74,7ppm de Fe e 36,7ppm de Zn.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, P., 1978. How cucumbers respond to variation in nutrition. *Grower*. Littlehampton, UK, 89(4):197, 199-201.
- ADAMS, P., 1980. Nutrient uptake by cucumbers from recirculating solutions. *Acta Horticulturae*, Littlehampton, UK, 98:119-126.
- ANSTETT, A., 1967. Fertilisation des cultures maraichères sous terre. *Bulletin Technique d'Information des Ingenieurs des Services Agricoles*. Paris. 217:119-132.
- BARKER, A.V. e D.N.MAYNARD, 1972. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plants as influenced by nitrogen nutrition. *Journal American Society of Horticultural Science*. Geneva, NY, 97(1):27-30.
- BERGMAN, W.; L.BÜCHEL; W.WRAZIDLO, 1965. Bor-und Stickstoff-Überschuss-symptomen bei Gewächshausgurken sowie Borschäden bei einigen anderen Pflanzen. *Archiv für Gartenbau*. Berlin, 13:65-76.
- BRADLEY, G.A. e J.W.FLEMING, 1960. The effects of position of leaf and time fo sampling on the relationships of leaf phosphorus and potassium to yield cucumbers, tomatoes and watermelons. *Proceedings American Society for Horticultural Science*. Geneva, NY, 75:617-624.

(a)

- CAROLUS, R.L., 1934. Effects of magnesium deficiency in the soil on the yield, appearance and composition of vegetable crops. *Proceedings American Society for Horticultural Science*. Geneva, NY, 32:610-614.
- CARPENA, O.; G.PÉREZ MELIÁN e A.LUQUE, 1978a. Variaciones en el contenido de nutrientes en hojas de pepinos (*Cucumis sativus* L.) cultivados en hidroponia, como base para el diagnóstico por análisis foliar. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Valencia, 18(1):110-18.
- CARPENA, O.; G.PÉREZ MELIÁN e A.LUQUE, 1978b. Absorción de agua e iones en el cultivo de pepinos. I. Consumos totales. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Valencia, 18(2):236-244.
- CATANI, R.A. e A.O.JACINTO, 1974. *Avaliação da fertilidade do solo; métodos de análises*. Piracicaba, ESALQ/USP. 61 p.
- CEAGESP, 1981. *Boletim informativo anual*; dados estatísticos relativos aos produtos hortigrangeiros, pescado e flores afluídos ao entreposto terminal de São Paulo. São Paulo, 254 p.
- COIC, P., 1967. Principes de la fertilisation minérale on culture sous terre. *Bulletin Technique d'Information des Ingenieurs des Services Agricoles*. Paris, 217:114-118.
- DEARBORN, R.B., 1936. Nitrogen nutrition and chemical composition in relation to growth and fruiting of the cucumber plant. *Memoirs Cornell University Agricultural Experimental Station*. Ithaca, NY, 192:3-26.
- DREWS, M., 1966. Über die Veränderung des Nährstoffgehaltes in Gurken-
edern in Laufe einer Kulturperiode. *Archiv für Gartenbau*. Berlin, 14: 339-355. (b)
- ENCICLOPEDIA DOS MUNICIPIOS BRASILEIROS, 1957. Rio de Janeiro, IBGE, 29: 297-304.

- EVERETT, P.H., 1963. Minor element and nitrogen studies with cucumbers. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. Deland, 76: 143-149.
- FILGUEIRA, F.A.R., 1981. *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. 2.ed. São Paulo, Agronômica Ceres. v.1, 338 p.
- GEISSLER, T., 1967. Gunkenkultur. *Archiv für Gartenbau*. Berlin. 6: 431-66.
- HEWITT, E.J. e E.F.WATSON, 1980. The production of micronutrient element deficiencies in plants grown in recirculated nutrient film (NFT) systems. *Acta Horticulturae*. Littlehampton, UK, 98:179-187.
- HOFFMANN, I.C., 1933. Mineral deficiency symptoms in tomato and cucumber plants. *Proceedings Ohio Vegetable Growers Association*. Columbus, 18:58-59.
- INGESTAD, T., 1973. Mineral nutrient requirements of cucumber seedlings. *Plant Physiology*. Lancaster, 52:332-338.
- KILMER, V.J. e L.T.ALEXANDER, 1949. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Science*. Baltimore, 68:12-26.
- LINDSAY, W.L. e W.A.NORVELL, 1969. Development of a DTPA-micronutrient soil test. *Agronomy Abstracts*. Madison, p.84.
- MENGEL, K. e E.A.KIRKBY, 1982. *Principles of plant nutrition*. Berne, International Potash Institute. 655 p.
- MILLETTI, G., 1969. Observations on the absorption of *Cucumis sativus* L. in soilless culture under glass. In: *Proceedings of the International Congress of Hydroponics*. Las Palmas, p.119-131.

MONNERAT, P.H.; M.RIBEIRO e R.F.SILVA, 1978. Caracterização de sintomas de deficiência de boro em pepino (*Cucumis sativus* L.) na fase de frutificação. In: PROJETO OLERICULTURA. Relatório anual 76/77. Belo Horizonte, EPAMIG, p.232.

PENNINGSFELD, F. e P.KURZMAN, 1966. *Hydrokultur und Torfkultur*. Stuttgart, Eugen Ulmer. p.205. (C)

PÉREZ MELIÁN, G.; A.LUQUE e O.CARPENA, 1978. Absorci3n de agua e iones en el cultivo de pepinos. Relaciones entre los macronutrientes cati3nicos. *Revista de Agroquímica y Tecnologia de Alimentos*. Valencia, 18(2):245-251.

ROORDA VAN EYSINGA, J. e K.W.SMILDE, 1969. *Nutritional disorders in cucumbers and gherkins under glass*. Wageningen, The Netherlands, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 46p.

SARRUGE, J.R., 1975. Soluções nutritivas. *Suma Phytopathologica*. Piracicaba, 1:231-233.

SARRUGE, J.R. e H.P.HAAG, 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP, 56 p.

SATURNINO, H.M.; B.M.PAIVA; V.P.M.GONTIJO; D.P.L.FERNANDES e G.S. VIEIRA, 1982. Cucurbitáceas: aspectos estatísticos. *Informe agropecuário*. Belo Horizonte, 8(85):3-20. ✓

SETZER, J., 1946. *Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo*. São Paulo, Escolas Profissionais Salesianas. 239 p.

SHIMADA, N., 1973. Excess injury of calcium and magnesium in the crops. *Japan Agricultural Research Quarterly*. Tokyo, 7(3):173-177.

- SINGH, N. e B.CHOUDHURY, 1977. Further studies on nutrient uptake as affected by growth regulator sprays in cucumber. *Indian Journal of Agriculture*. Sabour, 34(1):56-59.
- SKINNER, J.J., 1941. Plant-nutrient deficiencies in vegetables or truck-crop plants. In: HAMBRIDGE, G., ed. *Hunger Signs in Crops*, a symposium. Washington, ~~Journal~~ American Society of Agronomy, cap. 6, p.149-189.
- SPRAGE, H.B., ed. 1964. *Hunger signs incrops*, a symposium. 3.ed. New York, David McKay. 461 p.
- STEINER, A.A., 1961. An universal method for preparing solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15:134-54.
- WARD, G.M., 1967a. Greenhouse cucumber nutrition; a growth analysis study. *Plant and Soil*. The Hague, 26(2):324-332.
- WARD, G.M., 1967b. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomatoe and cucumber. *Proceedings American Society for Horticultural Science*. College Park, 90:335-41.
- WARD, G.M., 1973. Calcium deficiency symptoms in Greenhouse cucumbers. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, 53:849-56.
- WARD, G.M., 1976. Sulphur deficiency and toxicity symptoms in Greenhouse tomatoes and cucumbers. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, 56:133-37.
- WARD, G.M. e M.J.MILLER, 1970. Relationships between fruit sizes and nutrient content of greenhouse tomatoes and cucumbers. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, 50:451-455.