ABSORÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES E
SINTOMAS DE CARÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM
ALFACE (*Lactuca sativa* L.), cv. BRASIL 48
E CLAUSE'S AURÉLIA

LINA LEME CEZÁRIO GARCIA

Orientador : Prof. Dr. HENRIQUE PAULO HAAG

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1982

A

Jacy de Abreu Sampaio Leme e

Jorge Leme Junior,

meus pais,

OFEREÇO

A

Aderbal Cezário Garcia,

meu esposo,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag pela orientação e confiança.

Engº Agrº Rames Elias, que ocupou, na época em que este trabalho foi realizado, o cargo de Coordenador da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Engº Agrº Roberto Corte Brilho, na mesma época diretor da Divisão de Fitotecnia do Centro de Orientação Técnica (C.O.T.) da CATI, Campinas, SP.

Engº Agrº M.S. Nozomu Makishima, Chefe da Seção de Oleicultura e Floricultura do C.O.T. da CATI, Campinas, SP.

Aos professores e funcionários do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP, Área de Nutrição Mineral de Plantas, pela colaboração e auxílio prestados durante a execução deste trabalho.

Ao Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP, na pessoa do Prof. Dr. Keigo Minami, pelas facilidades concedidas à realização do ensaio no campo.

ÍNDICE

Página

RESUMO	v
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Experimento de acumulação de nutrientes em condições de campo	18
3.2. Ensaio em casa de vegetação	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1. Marcha de acumulação de matéria seca e nutrientes	21
4.1.1. Produção de matéria seca	21
4.1.2. Acumulação de nutrientes	24
4.2. Ensaio em casa de vegetação	49
4.2.1. Sintomatologia das deficiências	49
4.2.2. Concentração dos nutrientes	55
5. OBSERVAÇÕES GERAIS	66
6. CONCLUSÕES	69
6.1. Ensaio de campo	69
6.1.1. Produção de matéria seca	69
6.1.2. Acumulação de nutrientes	70
6.2. Ensaio realizado em casa de vegetação	71
6.2.1. Sintomas de deficiência de macronutrientes	71
6.2.2. Concentração de nutrientes nas plantas	71
LITERATURA CITADA	73

ABSORÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES E SINTOMAS DE CARÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES EM ALFACE (*Lactuca sativa* L.), cv.
BRASIL 48 E CLAUSE'S AURÉLIA

Lina Leme Cezário Garcia

Orientador: Prof.Dr. Henrique Paulo Haag

RESUMO

Com o objetivo de:

- obter e analisar o crescimento dos cultivares de alface Brasil 48 e Clause's Aurélia;
- determinar a extração de nutrientes pelas plantas de alface, em função da idade;
- obter o quadro sintomatológico das deficiências de macronutrientes, relacionando-os com a composição química das plantas;

Foram realizados:

- ensaio de campo, com amostragens aos 20, 30, 41, 51, 62 e 72 dias da cultura, determinando-se a produção de matéria seca das plantas e as concentrações de macro e micronutrientes;
- ensaio em casa de vegetação, com plantas de alface cultivadas em sílica e solução nutritiva, sendo os tratamentos: completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão

de cálcio, omissão de magnésio, omissão de enxofre; acompanhando-se o desenvolvimento de sintomas de deficiência e determinando-se as concentrações de macronutrientes das plantas;

Chegando-se às seguintes conclusões:

- o crescimento e a extração de nutrientes pelas plantas de alface foram lentos no início, sofrendo aceleração a partir dos 30 dias, mantendo-se intensos e não alcançando ponto de máxima acumulação até a colheita;

- o crescimento foi semelhante para os dois cultivares, sendo a produção de matéria seca 12,75 g/planta para o cultivar Brasil 48 e 12,52 g/planta para o cultivar Clause's Aurélia;

- acima de 59% da matéria seca e entre 43 e 69% dos nutrientes foram acumulados pelos dois cultivares durante os 20 dias que antecederam a colheita;

- houveram diferenças na acumulação de nutrientes, mostrando-se o cultivar Brasil 48 mais exigente;

- as quantidades de nutrientes acumuladas por planta foram, para o cultivar Brasil 48 e para o cultivar Clause's Aurélia, respectivamente: 469 e 410 mg de nitrogênio; 100 mg de fósforo, 1017 e 759 mg de potássio; 161 e 200 mg de cálcio; 47 e 52 mg de magnésio; 21 mg de enxofre; 896 e 958 μ g de boro, 196 e 168 μ g de cobre, 6800 e 5446 μ g de ferro, 3534 e 1025 μ g de manganês e 4462 e 2425 μ g de zinco;

- as deficiências de nutrientes se traduziram por sintomas típicos e facilmente identificáveis, com excessão do enxofre;

as concentrações de macronutrientes nas folhas do cultivar Brasil 48, para plantas normais e plantas com sintomas de deficiência foram, respectivamente: nitrogênio: 3,37 e 1,86%; fósforo: 0,44 e 0,16%; potássio: 5,54 e 1,32%; cálcio: 0,97 e 0,20%; magnésio: 0,35 e 0,05%. Os teores de enxofre foram iguais a 0,16%;

- as concentrações de macronutrientes nas folhas do cultivar Clause's Aurélia, para plantas normais e plantas com sintomas de deficiência foram, respectivamente: nitrogênio, 3,02 e 2,68%; fósforo: 0,71 e 0,19%; potássio: 7,7 e 1,54%; cálcio: 1,47 e 0,31%; magnésio: 0,43 e 0,10%. Os teores de enxofre foram 0,24 e 0,25%

MACRONUTRIENTS AND MICRONUTRIENTS ABSORPTION AND SYMPTOMS OF
MACRONUTRIENTS DEFICIENCY IN TWO VARIETIES OF LETTUCE
(*Lactuca sativa* L.) BRASIL 48 AND CLAUSE'S AURÉLIA

Candidate: Lina Leme Cezário Garcia

Adviser: Henrique Paulo Haag

SUMMARY

The experiments have the proposal to:

- 1) achieve and analyze both varieties growth rate;
- 2) determine quantitatively the amount of nutrient extractions by the two plant varieties;
- 3) obtain the symptomatologic chart of macronutrients deficiencies;
- 4) verify the analytical level of the macronutrients in the plant under mineral deficiency conditions:

To reach such as results, the author, carried out two trials under different conditions:

- 1) In a commercial field where plants were collected after 20, 30, 41, 51, 62 and 72 days old, the dry matter production as well as the concentrations of the macro and micronutrients, were determined;

2) In a green house where seedlings were cultivated and irrigated with nutrient solutions. The treatments were, complete solutions, lacking N or P, K, Ca, Mg and S. Whenever the plants shown evident and clear deficiency symptoms they were harvested and analysed for the respective elements.

The results:

1) in spite of a noticed slowness of the growth rate and the nutrients extraction by the two varieties, at the beginning they increased after 30 days. Then they keep themselves in a permanent intensively rate, not reaching the highest grade until the harvest time;

2) The growth present equalityness to both varieties being the dry matter production to Brasil 48, 12.75gr/pl. and 12.52 gr/pl. to the Clause's Aurélia;

3) Above 59% of the dry matter were accumulated by both plants along the 20 days before the harvest, while 43% to 69% of the nutrients were accumulated concerning the same period of time;

4) There were differences in the nutrient accumulations between the 2 varieties and the cultivar Brasil 48 presented the highest levels;

5) Quantitatively the amount of nutrients accumulated by the plants were:

	Brasil 48	Clause's Aurélia
N mg.	469	410
P mg.	100	-
K mg.	1.017	759
Ca mg.	161	200
Mg mg.	47	52
S mg.	21	-
B mg.	896	958
Cu µg.	196	168
Fe µg.	6.800	5.446
Mn µg.	3.534	1.025
Zn µg.	4.462	2.425

6) The nutrients deficiencies were noticed by common symptoms easily identified, less sulphur;

7) The macronutrients concentrations in cultivar Brasil 48 leaves were:

	"normal" plants	"deficient" plants
N%	3.37	1.86
P%	0.44	0.16
K%	5.54	1.32
Ca%	0.97	0.20
Mg%	0.35	0.05
S%	0.16	-

8) The macronutrients concentrations in cultivar Clause's Aurélia leaves were:

	"normal" plants	"deficient" plants
N%	3.02	2.68
P%	0.71	0.19
K%	7.70	1.54
Ca%	1.47	0.31
Mg%	0.43	0.10
S%	0.24	-

1. INTRODUÇÃO

A alface é hortaliça de grande importância na alimentação e saúde humanas, fonte de minerais, vitaminas e celulose, constituindo-se na mais popular dentre aquelas em que as folhas são consumidas.

Na comercialização de hortaliças através do CEAGESP^{*}, no Estado de São Paulo, ocupou o 4º lugar, em valor, em 1980, significando um total de Cr\$ 403.930.000,00, mas esse valor dá uma pálida idéia do que representa a alface no Estado, uma vez que, ao contrário de outras hortaliças cuja produção é regionalizada e a comercialização centralizada, sua produção é bastante difundida através da grande maioria dos municípios e a comercialização local dificilmente poderá ser avaliada.

Conhecendo-se os hábitos da população, todavia, sabe-se que a alface é, ao lado do tomate, a hortaliça de presença mais frequente nas mesas e a de mais fácil aquisição, dados o custo relativamente baixo e as produções locais.

* Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo.

Sua larga adaptação atual a condições climáticas diversas, o retorno rápido que proporciona ao capital empregado, a possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, a menor susceptibilidade a pragas e doenças, se comparada a outras hortaliças, e a comercialização segura tornam-na a cultura escolhida por muitos sitiantes e chacareiros.

Os novos cultivares desenvolvidos, em particular os do grupo Brasil, apresentando resistência a doenças aliada a produtividade e características aceitas pelo mercado têm favorecido a cultura.

Por outro lado os conhecimentos de nutrição mineral da alface são relativamente escassos, faltando dados sobre a sua demanda nutricional em nossas condições, principalmente em relação aos cultivares atualmente utilizados.

Não obstante as adubações maciças que costumam ser realizadas em sua produção, a alface é susceptível ao aparecimento de sintomas de carência e toxicidade, também por desequilíbrios nutricionais. Os fertilizantes têm elevada participação no seu custo de produção, tornando-se necessário um melhor conhecimento das quantidades de nutrientes absorvidas e acumuladas pela cultura nas diferentes fases de desenvolvimento, que sirva de base a estudos mais detalhados de nutrição e adubação.

O conhecimento dos sintomas de carência de nutrientes é necessário a uma rápida investigação de campo dos problemas que venham a ocorrer e à adoção de providências rápidas como a cultura exige. Um levantamento dos teores de nutrientes encontrados em plantas normais e deficientes serve de base à utilização da análise foliar para diagnóstico de deficiências.

O trabalho tem por objetivo:

Obter e analisar o crescimento dos cultivares de alface Brasil 48 e Clause's Aurélia.

Determinar as concentrações de nutrientes em função da idade da planta.

Determinar a extração de nutrientes pelas plantas e pela cultura, em função da idade.

Obter o quadro sintomatológico das deficiências de macronutrientes.

Verificar o efeito da omissão e presença de macronutrientes sobre a composição química da alface.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No final da década de 30, WOODMAN (1939) estudou a resposta da alface a diferentes níveis de suprimento de nitrogênio, descrevendo sintomas de carência desse elemento. Trabalho posterior desse mesmo autor, WOODMAN (1940) descreve sintomas de deficiência de nitrogênio e magnésio.

A partir dessa época, manifestou-se a preocupação em relacionar o estado nutricional da planta e sua produtividade com os teores de nutrientes encontrados na matéria seca. O trabalho de LORENS e MINGES (1942), da Universidade da Califórnia, EUA, é pioneiro na determinação de teores e da marcha de absorção de macronutrientes pela cultura de alface, relacionando-os com o crescimento. Esses autores obtiveram a produção de matéria verde, porcentagem de matéria seca e nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio) e a quantidade dos nutrientes removidos, em seis épocas da cultura, dos 24 aos 105 dias. Para uma produção de 31.662 libras de peso verde por acre (significando uma produção de 2.013 Kg/ha de peso seco, sendo a porcentagem de matéria seca 5,67) as quantidades de nutrientes removidas pela cultura foram: 47,02 libras/

acre de nitrogênio (53 Kg/ha), 6,74 libras/acre de fósforo (7,56 Kg/ha), 116,7 libras/acre de K_2O (108,6 Kg/ha de potássio) e 30,02 libras/acre de CaO (24 Kg/ha de cálcio).

MIDGLEY e DUNKLEE (1946), da Estação Experimental de Agricultura de Vermont, EUA, determinaram os teores de boro em plantas de alface, encontrando em plantas deficientes, que apresentavam sintomas descritos como "yellow heart" e, ocasionalmente, forma de roseta, 14 a 18 ppm, e nas plantas sadias, 35 ppm, o que os levou à conclusão de que seria fácil a determinação da deficiência de boro através de análises foliares.

BEAR *et alii* (1949) realizaram um levantamento dos teores de macro e micronutrientes na matéria seca de alface de culturas de numerosos estados dos EUA, concluindo serem os valores encontrados para fósforo relativamente constantes, apresentando as demais tendências definidas, como os casos de boro, ferro, molibdênio, cobre e cobalto, com teores crescentes de leste a oeste, e manganês, com teores decrescentes nessa mesma direção.

Trabalhando com alface em solos formados sobre serpentina, VLAMIS (1949), da Universidade da Califórnia, EUA, descreve sintomas como aparência de roseta, enrolamento de folhas, baixa produção, paralisação do crescimento das folhas mais novas e pintas escuras ao longo da margem das folhas. As análises dos tecidos das plantas mostraram ser os sintomas descritos reflexo do baixo teor de cálcio das mesmas (0,26 a 0,37% nas plantas com sintomas e 1,55% nas normais), em consequência do baixo grau de saturação do complexo de troca do solo estudado, por cálcio.

HAMILTON e BERNIER (1955), no Canadá, determinaram a produção de matéria seca, os teores e as quantidades extraídas de macro e micronutrientes pela cultura de alface por ocasião da colheita, relacionando as quantidades removidas através da produção econômica e as remanescentes no solo sob a forma de resíduos. A produção econômica obtida foi de 1.200 Kg/ha de matéria seca, e os resíduos produzidos acima do solo somaram 1.900 Kg/ha. As quantidades totais extraídas pela parte aérea (somando-se produção econômica e resíduos) foram: 88,5 Kg/ha de nitrogênio, 16,7 Kg/ha de fósforo, 166,4 Kg/ha de potássio, 40,8 Kg/ha de cálcio, 18,0 Kg/ha de magnésio, 172,7 g/ha de manganês, 229,6 g/ha de zinco, 25,6 g/ha de cobre e 61,5 g/ha de boro.

Relacionando suprimento de nutrientes, produção e teores encontrados nas plantas, o trabalho de LAMBETH (1953) estuda particularmente o problema do potássio, em relação a diferentes níveis de magnésio e nitrogênio, enquanto a série de trabalhos publicados por GOODALL e colaboradores, da Universidade de Melbourne, Austrália, no período de 1955 a 1958, aborda as interações nutricionais e o diagnóstico de deficiências em alface.

GOODALL *et alii* (1955) descrevem os sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo e potássio, apresentando-se as plantas deficientes em nitrogênio pequenas e pálidas, com as folhas amarelecidas; as deficientes em fósforo, menores em tamanho e com coloração amarelada, as deficientes em potássio, com folhas grossas e arredondadas, em alguns casos com forma de coração, ou gancho em estágios mais tardios, com as bordas planas e coloração verde escura, fosca, com as nervuras pálidas. As plantas deficientes em quaisquer desses nutrientes não formaram cabeça.

SLATER e GOODALL (1957) encontraram as maiores produções de alface a níveis intermediários de suprimento de nitrogênio, a que corresponderam teores de 3,32 a 3,66% desse nutriente. GRANT LIPP e GOODALL (1958) obtiveram as melhores produções sob os mais elevados níveis de suprimento de fósforo, correspondendo a teores de fósforo em torno de 0,5%.

Ainda nessa linha de trabalhos, há o de PARUPS (1958), no Canadá, que encontrou, em diferentes solos, diferentes níveis de nutrientes nas plantas, correspondendo a adubações equivalentes e, num mesmo solo, diferentes teores na planta correspondendo a diferentes adubações. Os teores encontrados variaram de 0,333 a 0,693% de fósforo e 4,21 a 8,62% de potássio.

SMITH e SCAIFE (1972), da Universidade de Cambridge, trabalhando com diferentes tipos de solo e diferentes níveis de suprimento de fósforo, encontraram teores de fósforo na planta de alface variando entre 0,18 e 0,74%, definindo como concentração ótima na primeira colheita a de 0,6%.

Relacionando teores de nutrientes nas plantas e sintomas de deficiência temos, além do trabalho já citado de MIDGLEY e DUNKLEE (1946) com boro, o trabalho de HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) do Instituto de Edafologia e Biologia Vegetal de Madri, Espanha, com alface romana, em que são descritos sintomas de carência de macronutrientes e determinados os teores em plantas normais e deficientes. A deficiência de nitrogênio caracterizou-se pelo amarelecimento das folhas velhas, com posterior desenvolvimento de coloração marron e seca das folhas a

de fósforo, pela coloração rosada da nervura central e verde escura das folhas, que são mais lisas; a de potássio por comprimento exagerado dos caules, e manchas amarelo-marrons nos bordos das folhas, principian-
do pelas mais velhas e terminando com a seca das folhas. Já a deficiên-
cia de cálcio se manifestou nos brotos, as folhas mostrando-se muito en-
rugadas, de coloração verde muito intensa, podendo as extremidades das
folhas dos brotos adquirirem coloração marron esverdeada quase negra.
A deficiência de magnésio se caracterizou por manchas amarelas intern
vais. As plantas mais sensíveis à falta de umidade foram as carentes em
cálcio, seguindo-se as deficientes em potássio.

ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971), na Noruega, apresenta-
ram trabalho extenso com descrição de sintomas de deficiência e toxicida-
de de macro e micronutrientes, relacionados a teores de nutrientes encon
trados na matéria seca. Os sintomas de deficiência, resumidamente, são:
nitrogênio: amarelecimento da folhagem, palidez e queda das folhas mais
velhas, denso sistema radicular; fósforo: plantas achatadas e em forma
de roseta, podendo as folhas apresentarem coloração verde escura, purpú-
rea ou vermelho bronzeada; potássio: as folhas são verde escuras e menos
crespas que o normal, podendo tornar-se pecioladas, arredondadas ou em
forma de coração, com manchas cloróticas desenvolvendo-se na extremida-
de das folhas mais velhas, coalescendo e tornando-se necróticas; cálcio:
folhas com crescimento aberto em roseta, folhas mais novas mais escuras
e mais enrugadas que o normal, apresentando lesões de coloração marron
a cinza irregularmente distribuídas nas margens das folhas mais novas,
que coalescem e levam a folha a morrer da extremidade e margens para den
tro; magnésio: folhas mais velhas mostram descoloração amarelada, que

se espalha das margens para dentro, entre as nervuras; enxofre: coloração amarelo esverdeado, folhas menos crespas, mais grossas e rijas que o normal, folhas mais velhas escuras e baças.

PEREZ MELIAN *et alii* (1977), no Internacional Centre for Hydroponics, Espanha, publicou trabalho sobre a análise foliar como instrumento no diagnóstico de deficiência e toxicidade de macronutrientes. Nesse trabalho descreve sintomas, determina teores e conclui pela oportunidade ou não do uso da análise foliar para cada nutriente. Os autores descrevem a deficiência de cálcio como acarretando um enrugamento e acastanhamento, principalmente nas extremidades das folhas novas, e nas folhas mais velhas, encrespamento e forma de guarda-chuva. Tendo os sintomas para deficiência acentuada visíveis e definidos, e sendo os teores das plantas com deficiência leve semelhantes aos das plantas normais, não recomendam os autores o uso da análise foliar para diagnóstico de deficiência de cálcio. Para nitrogênio e potássio os autores não obtiveram sintomas visuais, sendo a redução na produção de 15 a 30%, e concluíram que, para diagnóstico de deficiências acentuadas, a análise foliar poderia ser usada, pois foram encontradas diferenças nos teores de nitrogênio das plantas. Em relação ao fósforo, os sintomas de deficiência foram coloração púrpura, de antocianina, nas folhas, e a análise foliar seria indicada para diagnóstico de deficiência somente em estágios iniciais de crescimento, uma vez que as plantas deficientes não chegaram a produzir.

NISHIMOTO *et alii* (1977), da Universidade do Hawai, em relação a fósforo, e ADAMS (1978) na Inglaterra, em relação a nitrogênio

e potássio, determinaram os teores desses elementos em plantas de alface que alcançaram máxima produção, encontrando valores de 0,35% de fósforo, 5% de nitrogênio e 8% de potássio. ADAMS (1978) encontrou teores de 1,5 a 2,5% de nitrogênio em plantas deficientes.

O nutriente objeto de maiores estudos isoladamente ou juntamente com outros é o cálcio. Além do trabalho desenvolvido por VLAMIS (1949), outros autores dedicaram-se ao assunto.

STRUCKMEYER e TIBBITS (1965), da Universidade de Wisconsin, EUA, descrevem os sintomas de deficiência de cálcio, distinguindo-os dos de deficiência de boro principalmente pelo derramamento de "látex" que ocorre nesta última, ocasionando queimaduras diferentes do "tipburn" clássico. Nas plantas carentes em cálcio, segundo esses autores, desenvolvem-se lesões escuras primeiramente próximo às margens da base das folhas e depois na lâmina inteira, coalescendo e resultando em necrose. Internamente os sintomas descritos são o colapso das células da epiderme e mesófilo entre os feixes vasculares, hipertrofia das células do parênquima lacunoso causando esmagamento das células adjacentes, obstrução de vasos do xilema, permanecendo normais os vasos lactíferos.

Na deficiência de boro, os autores constataram pintas marrom-pardacentas visíveis primeiramente ao longo da margem inferior das folhas mais novas, que se estenderam ao longo das margens das folhas e às vezes exudação de látex para a superfície externa da folha. Ocorreu também má formação e enrugamento do tecido entre as veias. As folhas adquiriram uma forma recortada e o crescimento da porção distal foi inibido. Consideráveis alterações anatômicas foram constatadas na de-

ficiência de boro, sendo o fator de distinção o rompimento dos vasos latíferos nas áreas desorganizadas e o derramamento de látex.

THIBODEAU e MINOTTI (1969) efetuaram o controle de "tipburn" em alface através da pulverização foliar com $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ou CaCl_2 , elevando o teor de cálcio das folhas e provando a relação existente entre esse sintoma e a deficiência de cálcio.

LEH (1970), em Berlim, Alemanha Ocidental, relacionou a incidência de "tipburn" a relações $\frac{\text{K}}{\text{Ca}}$, $\frac{\text{N}}{\text{Ca}}$ e $\frac{\text{K} \times \text{N}}{\text{Ca}}$ elevadas, devidas a aplicações crescentes de NPK ou NK, constatando menor teor de cálcio nas folhas das plantas submetidas a suprimentos mais elevados de nitrogênio e potássio.

Em trabalhos recentes, SANCHEZ CONDE (1980) estudou o efeito do meio nutritivo com baixos teores de cálcio sobre a planta de alface, constatando reações da planta tentando manter suas relações catiônicas e aniônicas, assim como as somas parciais de elementos, dentro de valores semelhantes aos das plantas normais, o que trouxe como consequência diferente teor de elementos minerais nas plantas.

CAROLUS (1975), em experimento fatorial de calagem e adubação, encontrou um teor de 0,52% de cálcio nas plantas, correspondendo a uma produção relativa de 113, obtida em solo com pH 6,5, e um teor de 0,38% de cálcio correspondendo a uma produção relativa de 90, a um pH 5,5.

Em relação à marcha de absorção e acumulação de nutrientes, além do trabalho de LORENS e MINGES (1942), e do de HAMILTON e BERNIER (1955), temos os de ZINK e YAMAGUCHI (1962) e FERNANDES *et alii* (1971).

ZINK e YAMAGUCHI (1962) determinaram os teores e as quantidades de macronutrientes acumuladas por culturas de alface em diversas épocas, relacionando-as com o crescimento. Por ocasião da primeira colheita, as quantidades acumuladas foram, em média, por acre: 95 libras de nitrogênio, 27 libras de P_2O_5 , 208 libras de K_2O , 33 libras de cálcio, 12 libras de magnésio e 9 libras de sódio, que equivalem a 106,5 Kg/ha de nitrogênio, 13,2 Kg/ha de fósforo, 193,5 Kg/ha de potássio, 37 Kg/ha de cálcio, 13,5 Kg/ha de magnésio e 10 Kg/ha de sódio.

Os autores constataram que a forma das curvas de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio são bem semelhantes à de produção de matéria verde, sendo a acumulação bastante lenta na primeira fase do crescimento. Setenta por cento do nitrogênio, fósforo e potássio acumulados foram nos 21 dias de máxima taxa de crescimento imediatamente anteriores à primeira colheita. Setenta por cento do peso verde foi igualmente incorporado nos 21 dias que antecedem a colheita, e 36% nos últimos sete dias.

FERNANDES *et alii* (1971) no Brasil, determinaram teores, estudaram o crescimento e estimaram as quantidades de nutrientes acumuladas por cultura de alface em 23,2 Kg/ha de nitrogênio, 4,4 Kg/ha de fósforo, 50,9 Kg/ha de potássio, 13,3 Kg/ha de cálcio, 3,2 Kg/ha de magnésio e 3,0 Kg/ha de enxofre, para uma produção de 969 Kg/ha de matéria seca. Concluíram os autores ser a absorção lenta até os 48 dias, e que a absorção de nutrientes acompanha o crescimento das plantas.

GARDNER e PEW (1979) estudaram a acumulação de nitrogênio a baixas temperaturas, por alface, encontrando de 100 a 110 Kg/ha de

nitrogênio absorvidos aos 120-130 dias (colheita).

PANDITA e ANDREW (1967), da Universidade de Alberta, Canadá, encontraram uma correlação negativa entre o teor de fósforo na folha de alface e o número de dias necessários para maturação.

A tabela 1 contém os teores de nutrientes de plantas de alface determinados pelos autores já citados nesta revisão de literatura.

Tabela 1. Concentração de nutrientes encontradas em alface, em diferentes partes da planta, diferentes épocas e condições

Elemento	Condições	Parte Amostrada	Epoca	Teores na matéria seca				Autores	
				deficiente	alto	melhor produção	intervalo de variação		sadias ou não especificado
N%	campo	parte aérea	24 dias				2,65-4,04	3,69	LORENS e MINGES (1942)
	campo	parte aérea	87 dias(colheita)					2,65	LORENS e MINGES (1942)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita					2,86	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita					3,16	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	raízes	colheita					4,09	HAMILTON e BERNIER (1955)
	substrato areia	parte aérea	44 dias			3,38	1,94-4,04		SLATER e GOODWALL (1957)
	substrato areia	parte aérea	98 dias(colheita)			3,32	1,55-5,10		SLATER e GOODWALL (1957)
	campo	parte aérea	épocas diversas				3,10-6,65		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	campo	parte aérea	1ª colheita				3,10-3,85		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	campo	parte aérea	épocas diversas				5,26-6,52		FERNANDES et al (1971)
	campo	parte aérea	colheita					5,26	FERNANDES et al (1971)
	não especificado	não espec.	não especificado	1,58				3-3,5	ROORDA VAN EYSINGA et al (1971)
	substrato areia	folhas	25 dias	4,7-4,8		4,5-4,8		4,9	PEREZ MELIAN et al (1977)
	substrato areia	folhas	colheita	3,6-3,0		4,1-4,2		4,1	PEREZ MELIAN et al (1977)
	casa vegetação	folhas	não especificado	1,5-2,5		5,0			ADAMS et al (1978)
P%	sol. nutritiva	folhas	25 dias				4,72-5,07		SANCHEZ CONDE (1980)
	sol. nutritiva	folhas	36 dias				4,3-4,2		SANCHEZ CONDE (1980)
	campo	parte aérea	épocas diversas				0,33-0,45		LORENS e MINGES (1942)
	campo	parte aérea	colheita				0,22-0,43		BEAR et al (1949)
	sol. nutritiva	folhas novas	45 dias				0,51-0,55		HARMARD et al (1955)
	sol. nutritiva	folhas velhas	45 dias				0,29-0,35		HARMARD et al (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita					0,77	HAMILTON e BERNER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita					0,44	HAMILTON e BERNER (1955)
	solos orgânicos	raízes	colheita					1,13	HAMILTON e BERNER (1955)
	substrato areia	parte aérea	22 dias	0,18-0,25		0,47-0,67			GRANT LIPP e GOODALL (1958)
	substrato areia	parte aérea	44 dias	0,07-0,10		0,32-0,58			GRANT LIPP e GOODALL (1958)
	casa vegetação	não espec.	colheita				0,33-0,69		PARUPS (1958)
	campo	parte aérea	épocas diversas	0,20			0,34-0,79		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	campo	parte aérea	primeira colheita				0,39-0,54		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	sol. nutr./inverno	parte aérea	não especificado	0,17				0,64	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)
sol. nutr./verão	parte aérea	não especificado	0,19				0,83	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)	
sol. nutr/	folhas	não especificado	0,23				0,23	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)	
sol. nutr/	caule	não especificado	0,14				0,31	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)	

(continua)

Tabela 1. (Continuação)

Elemento	Condições	Parte Amostrada	Época	Teores na matéria seca				Autores	
				deficiente	alto	melhor produção	intervalo de variação		sadias ou não especificado
P%	campo	folhas	6 semanas				0,64-0,97		PANDITA e ANDREW (1967)
	campo	folhas	10 semanas				0,54-0,75		PANDITA e ANDREW (1967)
	campo	parte aérea	épocas diversas				0,34-0,46		FERNANDES <i>et alii</i> (1971)
	casa vegetação	parte aérea	não especificado	0,6-1,3				1,9-2,6	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	solo	folhas	1ª colheita						SMITH e SCAIFE (1972)
	sol. nutritiva	folhas	25 dias	0,2		0,6		0,4-0,5	PEREZ MELIÁN <i>et alii</i> (1977)
	não especificado	folhas	colheita			0,35			NISHIMOTO <i>et alii</i> (1977)
	sol. nutritiva	folhas	25 e 36 dias				0,78-1,02		SANCHEZ CONDE (1980)
	sol. nutritiva	folhas	36 dias				0,47-0,53		SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)
K%	campo	parte aérea	24 dias				5,16-6,15		LORENS e MINGES (1942)
	campo	parte aérea	87 dias (colheita)				5,40		LORENS e MINGES (1942)
	campo	parte aérea	colheita				3,55-4,85		BEAR <i>et alii</i> (1949)
	solo	brotos	não especificado			4,52	4,52-7,29		VLAMIS (1949)
	casa vegetação	parte aérea	colheita			11,16	2,12-11,16		LAMBETH (1953)
	sol. nutritiva	folhas novas	45 dias				2,50-2,77		HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	sol. nutritiva	folhas velhas	45 dias				7,06-7,84		HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita					3,98	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita					6,87	HAMILTON e BERNIER (1955)
	casa vegetação	não espec.	colheita				4,21-8,62		PARUPS (1958)
	campo	parte aérea	épocas diversas				4,57-9,44		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	campo	parte aérea	1ª colheita				5,25-7,35		ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	sol. nutritiva	parte aérea	não especificado	3,28-3,39				6,55-5,78	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)
	sol. nutritiva	folha	não especificado	3,39				6,32	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)
	sol. nutritiva	caule	não especificado	3,43				5,26	HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964)
	campo	parte aérea	épocas diversas				5,26-6,52		FERNANDES <i>et alii</i> (1971)
	não especificado	parte aérea	não especificado	0,9-2,5	11-12				ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	solo	folhas	colheita					3,46	CAROLUS (1975)
	sol. nutritiva	folhas	25 dias	2,2	7,7-8,9			7,0	PEREZ MELIÁN (1971)
	sol. nutritiva	folhas	colheita	1,8	9,1			7,8	PEREZ MELIÁN (1971)
	não especificado	folhas	não especificado			8,9			ADAMS <i>et alii</i> (1978)
	sol. nutritiva	folhas	25 e 36 dias				8,33-9,34		SANCHEZ CONDE (1980)
	sol. nutritiva	folhas	36 dias				8,4-8,8		SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)

(continua)

Tabela 1. (Continuação)

Elemento	Condições	Parte amostrada	Época	Teores na matéria seca			Autores
				deficiente	alto	intervalo de variação	
Ca%	campo	parte aérea	24 dias			2,55	LORENS e MINGES (1942)
	campo	parte aérea	87 dias (colheita)			1,19	LORENS e MINGES (1942)
	solos	parte aérea	colheita			0,46-0,87	BEAR <i>et al.</i> (1949)
	solos	brotos	não especificado	0,26-0,37			VLAMIS (1949)
	casa vegetação	parte aérea	colheita		1,55	0,63-1,11	LAMBETH (1953)
	sol. nutritiva	folhas novas	45 dias			0,30-0,34	HARWARD <i>et al.</i> (1955)
	sol. nutritiva	folhas velhas	45 dias			1,98-2,01	HARWARD <i>et al.</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita			0,52	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			1,99	HAMILTON e BERNIER (1955)
	campo	parte aérea	épocas diversas			0,91-1,60	ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	sol. nutritiva	parte aérea	não especificado	0,36-0,62		0,86-1,30	HERNANDEZ e SANCHEZ CONDE (1964)
	não especificado	"miolos"	não especificado	0,31		0,51	THIBODEAU (1969)
	não especificado	fs. medianas	não especificado	0,82		0,93	THIBODEAU (1969)
	não especificado	folhas basais	não especificado	1,57		1,71	THIBODEAU (1969)
	campo	parte aérea	épocas diversas			1,08-1,40	FERNANDES <i>et al.</i> (1971)
	não especificado	parte aérea	não especificado	0,2 - 0,6		1,1 - 1,8	ROORDA VAN EYSINGA <i>et al.</i> (1971)
	solo	parte aérea	colheita			1,0	CAROLUS (1975)
	sol. nutritiva	folhas	épocas diversas	0,4 - 0,9			PEREZ MELIÁN <i>et al.</i> (1977)
	sol. nutritiva	folhas	25 e 36 dias			1,16-1,59	SANCHEZ CONDE (1980)
	sol. nutritiva	folhas	36 dias			0,95-1,30	SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)
Mg%	campo	parte aérea	colheita			0,35-0,43	BEAR <i>et al.</i> (1949)
	solo	brotos	não especificado		1,46	0,53	VLAMIS (1949)
	casa vegetação	parte aérea	colheita			0,34-1,17	LAMBETH (1953)
	sol. nutritiva	folhas novas	45 dias			0,19-0,21	HARWARD <i>et al.</i> (1955)
	sol. nutritiva	folhas velhas	45 dias			0,53-0,59	HARWARD <i>et al.</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita			0,28	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			0,84	HAMILTON e BERNIER (1955)
	campo	parte aérea	épocas diversas			0,32-0,84	ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	campo	parte aérea	3ª colheita			0,42-0,51	ZINK e YAMAGUCHI (1962)
	sol. nutritiva	parte aérea	não especificado	0,12-0,24		0,27-0,91	HERNANDEZ e SANCHEZ CONDE (1964)
	campo	parte aérea	épocas diversas			0,34-0,38	FERNANDES <i>et al.</i> (1971)
	não especificado	parte aérea	não especificado	0,05-0,10		0,24-0,48	ROORDA VAN EYSINGA <i>et al.</i> (1971)
	solo	folhas	colheita			0,41	CAROLUS (1975)
	sol. nutritiva	folhas	25 dias		0,5	0,4	PEREZ MELIÁN <i>et al.</i> (1977)
	sol. nutritiva	folhas	colheita		0,4	0,2	PEREZ MELIÁN <i>et al.</i> (1977)
	sol. nutritiva	folhas	25 e 36 dias			0,50-0,60	SANCHEZ CONDE (1980)
	sol. nutritiva	folhas	36 dias			0,24-0,34	SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)

(continua)

Tabela 1. (Continuação)

Elemento	Condições	Parte Amostrada	Época	Teores na matéria seca			Autores
				deficiente	alto	melhor produção	
S%	campo	parte aérea	épocas diversas			0,27-0,32	FERNANDES <i>et alii</i> (1971)
	não especificado	parte aérea	não especificado	0,14-0,26		0,4	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	sol.nutritiva	folhas	25 dias e colheita	0,10-0,20		0,2 - 0,3	PEREZ MELIÁN <i>et alii</i> (1977)
B ppm	casa vegetação	não espec.	não especificado	14-18			MIDGLEY e DUNKLEE (1946)
	campo	parte aérea	colheita			6 - 37	BEAR <i>et alii</i> (1949)
	sol.nutritiva	folhas	45 dias			72 - 90	HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita			15,2	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			25,1	HAMILTON e BERNIER (1955)
	não especificado	parte aérea	não especificado	6-10	40-200	32-37	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
Cu ppm	campo	parte aérea	colheita			3 - 60	BEAR <i>et alii</i> (1949)
	sol.nutritiva	folhas	45 dias			4,8 - 7,0	HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita			7,5	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			9,6	HAMILTON e BERNIER (1955)
	não especificado	parte aérea	não especificado	<2		7 - 17	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
Mn ppm	campo	parte aérea	colheita		912	1 - 169	BEAR <i>et alii</i> (1946)
	sol.nutritiva	folhas	45 dias		1560	25 - 80	HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	solos orgânicos	"miolos"	colheita			37	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			74	HAMILTON e BERNIER (1955)
	não especificado	parte aérea	não especificado	6-14		16 - 150	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	sol.nutritiva	folhas	25 e 36 dias			31 - 122	SANCHEZ CONDE (1980)
Fe ppm	sol.nutritiva	folhas	36 dias			42 - 47	SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)
	campo	parte aérea	colheita			9 - 516	BEAR <i>et alii</i> (1949)
	sol.nutritiva	folhas	45 dias		340	37 - 86	HARWARD <i>et alii</i> (1955)
	não especificado	parte aérea	não especificado	93-604		130-1468	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	sol.nutritiva	folhas	25 e 36 dias			98-219	SANCHEZ CONDE (1980)
	sol.nutritiva	folhas	36 dias			157-226	SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)
Zn ppm	solos orgânicos	"miolos"	colheita			75	HAMILTON e BERNIER (1955)
	solos orgânicos	folhas	colheita			81	HAMILTON e BERNIER (1955)
	não especificado	parte aérea	não especificado	12		30-330	ROORDA VAN EYSINGA <i>et alii</i> (1971)
	sol.nutritiva	folhas	25-36 dias			117-235	SANCHEZ CONDE (1980)
	sol.nutritiva	folhas	36 dias			51-57	SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) Brasil 48 e Clause's Aurélia.

3.1. Experimento de acumulação de nutrientes em condições de campo

O ensaio foi instalado no campo experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são, segundo a Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (1957): Latitude S: $22^{\circ}41'31''$, Longitude WG: $47^{\circ}38'01''$ e Altitude: 540 metros.

O clima local é classificado por SETZER (1956) como mesotérmico Cwa subtropical único, com estiagem no inverno, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C , e a do mês mais frio inferior a 18°C .

O solo utilizado é classificado por RANZANI *et alii* (1966) como Terra Roxa Estruturada, série "Luiz de Queiroz", e vem sendo

cultivado com hortaliças a mais de cinquenta anos consecutivos. As suas características químicas enquadram-se, segundo WUTKE (1972), nos seguintes parâmetros: pH-medianamente ácido; C%-alto; PO_4^{+3} -alto; K^+ -médio; Ca^{+2} -muito alto; Mg^{+2} -médio; e Al^{+3} -aceitável.

As mudas foram obtidas em sementeiras, e transplantadas para canteiros aproximadamente vinte dias após a germinação. O espaçamento adotado foi de trinta por vinte e cinco centímetros, em canteiros que ocupavam cerca de 70% do terreno, correspondendo a uma população teórica de 95000 plantas/hectare.

A adubação usada constou de aplicação de 20g por metro linear da fórmula 4-14-10, por ocasião do transplante. Aos 20 e aos 40 dias após o transplante foi aplicado 5g de sulfato de amônio por planta.

A cultura foi irrigada sempre que necessário.

As amostragens foram feitas por ocasião do transplante, e depois a intervalos de dez dias aproximadamente. Cada amostra constou de um número variável de plantas, dependendo do desenvolvimento da cultura, mas com um mínimo de uma planta por cultivar e quatro repetições.

As plantas foram cortadas rente ao solo, lavadas de acordo com o recomendado por SARRUGE e HAAG (1974). Secas em estufa com circulação forçada de ar a $75^{\circ}C$, pesadas, moídas e submetidas à análise química, segundo os métodos descritos em SARRUGE e HAAG (1974).

3.2. Ensaio em casa de vegetação

Mudas de alface com aproximadamente vinte dias foram transplantadas para vasos com capacidade de 3 Kg, contendo sílica finamente moída, e irrigadas com solução nutritiva completa (SARRUGE, 1970) durante 25 dias.

Após esse período foram iniciados os tratamentos completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio e omissão de enxofre, empregando-se as soluções recomendadas por SARRUGE (1970). O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com 4 repetições.

As plantas foram irrigadas duas vezes por dia com as soluções e o seu desenvolvimento foi acompanhado, e anotados os sintomas à medida em que estes se manifestavam.

Uma vez evidenciados os sintomas, as plantas foram coletadas, separadas em folhas novas, folhas velhas, caule e raízes. O material coletado foi lavado, segundo as recomendações de SARRUGE e HAAG (1974), seco em estufa a 75°C, moído e analisado para N, P, K, Ca, Mg e S, segundo os métodos descritos em SARRUGE e HAAG (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Marcha de acumulação de matéria seca e nutrientes

4.1.1. Produção de matéria seca

A produção de matéria seca expressa o crescimento das plantas; e os dados obtidos em relação às plantas e cultura de alface estudados no presente trabalho encontram-se na tabela 2.

Não foi encontrada diferença significativa entre os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia, em relação à produção de matéria seca, a não ser para a quinta amostragem, aos 62 dias da cultura.

A produção final de matéria seca por planta foi pouco superior à observada por FERNANDES *et alii* (1971) para o cultivar Vitória de Santo Antão, nas condições de Piracicaba, e pelo menos três vezes menor que as relatadas por LORENZ e MINGES (1942) e ZINK e YAMAGUCHI (1962), para cultivares diversos, nos EUA.

Tabela 2. Produção de matéria seca por cultura de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. Médias de 4 amostras. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
g/pl.	B.48	0,08	0,18	1,37	4,36	7,91*	12,75
	C.A.	0,11	0,29	1,78	5,13	9,15*	12,52
Kg/ha	B.48	7,60	17,10	130,15	414,20	751,40	1211,20
	C.A.	10,45	27,55	169,10	487,30	869,20	1189,40
% acumu- lada	B.48	0,6	1,4	10,7	34,2	62,0	100,0
	C.A.	0,9	2,3	14,2	40,9	73,1	100,0
F. cultivar época		n.s.			CDE - 5 - 5,09**		
		223,64					
DMS (Tukey)	cultivar	1,15 (5%) e 1,78 (1%)					
	época	1,46 (5%) e 3,30 (1%)					
	cultivar dentro de época	1,59 (5%) e 2,15 (1%)					
C.V.	20,69%						

Equações de regressão

B.48	$y = 1,011 - 1,586x + 0,592x^2$	$(R^2 = 99,92)$
C.A.	$y = 3,098 - 4,553x + 1,764x^2 - 0,124x^3$	$(R^2 = 99,89)$
	y = produção de matéria seca g/planta	
	x = idade em dias	

	C.A.	
	dias	g/planta
ponto de máxima	92	16,28
ponto inflexão	58	8,05

A produção final de matéria seca por hectare foi, no presente trabalho, cerca de 20% superior à observada por FERNANDES *et alii* (1971) e representou de 60 a 35% da constatada nos EUA pelos autores já citados.

De modo semelhante ao encontrado em outros trabalhos, o crescimento inicial foi lento, ocorrendo depois uma aceleração que se deu por volta dos trinta dias.

As taxas máximas de crescimento observadas aproximaram-se das constatadas por FERNANDES *et alii* (1971) no trabalho já citado. ZINK e YAMAGUCHI (1962) observaram taxas bastante superiores, entre 3 e 4 gramas de matéria seca acrescentada por planta e por dia, representando um incremento diário de mais de duzentos quilos de matéria seca por hectare, enquanto o máximo observado em nossas condições foi de 46 quilos/hectare.

As taxas de incremento na matéria seca por planta foram crescentes, até um máximo de 0,484 gramas/dia, para o cultivar Brasil 48, alcançado entre o 62º e o 72º dias da cultura. O cultivar Clause's Aurélia apresentou uma taxa diária máxima de 0,402 gramas/planta entre o 51º e o 62º dia, e no período seguinte um crescimento ligeiramente inferior (0,337 gramas/planta).

Os padrões de crescimento observados neste trabalho dizem respeito apenas ao crescimento vegetativo, tendo sido as plantas colhidas no ponto de comercialização para consumo "in natura", o que ocorreu antes que a taxa de crescimento declinasse, ou declinasse acentuadamente.

Desprezando-se as diferenças devidas a material genético e condições ambientais, e a ciclo vegetativo, o padrão de crescimento observado foi semelhante ao analisado por ZINK e YAMAGUCHI (1962), com aproximadamente 66% do total da matéria seca, para o cultivar Brasil 48, e 59%, para o cultivar Clause's Aurélia acrescidos às plantas nos 20 dias que antecederam a colheita. Nos últimos dez dias da cultura foram acrescidos, respectivamente, 38 e 27%. Esse padrão é diferente do observado por LORENS e MINGES (1942) e do descrito por FERNANDES *et alii* (1971), tendo nestes trabalhos a taxa de incremento na matéria seca caído mais acentuadamente no final da cultura, com acréscimo de apenas 20% do total nos últimos 18 e 15 dias, respectivamente.

4.1.2. Acumulação de nutrientes

A marcha da absorção de nutrientes pela cultura de alface neste trabalho acompanhou, em linhas gerais, a da produção de matéria seca, sendo lenta no início e sofrendo aceleração após os 30 dias.

Excetuando-se o enxofre e o nitrogênio, para o cultivar Clause's Aurélia, as quantidades de macronutrientes absorvidas nos onze dias que antecederam a colheita representaram de 25 a 36% do total acumulado pelas plantas. O nitrogênio e o enxofre, no cultivar mencionado, tiveram absorção mais precoce, tendo sido realizada apenas 18 e 15% do total, respectivamente, no período considerado.

Nesse período a acumulação de micronutrientes apresentou maior variação. O zinco mostrou-se de absorção bastante tardia, tendo 64,5% (cultivar Brasil 48) e 52% (cultivar Clause's Aurélia) do total

acumulado nos últimos onze dias. Para boro, cobre, ferro e manganês, a absorção nesse período representou de 22,3 a 46,2% do total.

Para os últimos vinte e um dias (do 51º ao 72º dia) o enxofre foi, dentre os macronutrientes, o que apresentou maior variação, tendo sido absorvido na proporção de 67%, pelo cultivar Brasil 48, e de 42,6%, pelo cultivar Clause's Aurélia. Os demais elementos tiveram sua absorção nesse período representando entre 48,5 e 66,7% do total. Para o cultivar Brasil 48 a variação foi menor, situando-se entre 59,5% (para cálcio) e 67% (para enxofre).

Nesse período de 21 dias que antecederam a colheita, a variação na acumulação proporcional foi menor para o cultivar Clause's Aurélia, situando-se entre 45,2% (para manganês) e 59,1% (para cobre). Para o cultivar Brasil 48 a acumulação de micronutrientes nesse período situou-se entre 49,7% (manganês) e 69,2% (zinco).

Do início aos 41 dias da cultura (terceira amostragem) a proporção de macronutrientes absorvida variou de 11 a 19,7%, e a de micronutrientes, de 7,4 a 17%. A variação no cultivar Brasil 48 foi mínima nesse período, para os macronutrientes, tendo sido acumulados de 11 a 12,8% do total.

Os dados referentes à acumulação de nutrientes, em miligramas ou microgramas por planta, quilos ou gramas por hectare, e porcentagem, bem como as concentrações, encontram-se nas tabelas 3 a 13.

4.1.2.1. Nitrogênio

Os teores de nitrogênio encontrados na matéria seca das plantas, as quantidades do elemento acumuladas por planta e por hectare, bem como as respectivas porcentagens, encontram-se na tabela 3.

Os teores na matéria seca variaram de 5,34 a 3,27%, havendo um decréscimo na concentração desse elemento com a idade da planta. Esse fato está em concordância com a observação de outros autores, como ZINK e YAMAGUCHI (1962), na qual as concentrações variaram entre 6,65 e 3,10%, FERNANDES *et alii* (1971) e LORENZ e MINGES (1942).

A acumulação de nitrogênio pelas plantas de alface foi lenta até os 30 dias, sendo intensificada a seguir e alcançando uma taxa diária de 14,6 mg/planta, entre o 51º e o 62º dia e mantendo-se praticamente a mesma até o final da cultura, para o cultivar Brasil 48. A acumulação no cultivar Clause's Aurélia alcançou uma taxa máxima entre o 41º e o 51º dias, e a seguir taxas decrescentes, até a colheita.

Através da análise de regressão obtiveram-se as equações para expressão matemática do crescimento (tabela 3). A equação de segundo grau representa satisfatoriamente a acumulação do nitrogênio pelo cultivar Brasil 48; para expressar o acúmulo de nitrogênio pelo cultivar Clause's Aurélia a equação de terceiro grau é mais adequada, uma vez que a taxa de acumulação apresentou decréscimo no final da cultura.

Os cultivares apresentaram diferenças significativas na acumulação apenas por ocasião da colheita. Essa diferença foi devida aos diferentes teores de nitrogênio na matéria seca dos cultivares,

Tabela 3. Teor de nitrogênio e quantidades absorvidas por cultura de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.) em 6 épocas de amostragem. Média de 4 amostras. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (%)	B.48	5,34	4,06	4,41	4,18	4,03	3,70
	C.A.	4,96	4,25	4,55	4,11	3,69	3,27
mg/pl	B.48	4,1	7,3	60,5	180,4	326,4	469,6*
	C.A.	5,6	12,4	81,3	212,0	336,4	410,2*
Kg/ha	B.48	0,4	0,7	5,7	17,1	31,0	44,6
	C.A.	0,5	1,2	7,7	20,1	32,0	39,0
% acu- mulada	B.48	0,9	1,6	12,8	38,3	69,5	100,0
	C.A.	1,3	3,1	19,7	51,5	82,0	100,0
F.	cultivar	n.s.			CDE 6	5,02*	
	época	112,56**					
DMS	cultivar				51,6 (5%) e 78,1 (1%)		
(Tukey)	época				73,0 (5%) e 88,9 (1%)		
	cultivar dentro de época				76,5 (5%) e 102,9 (1%)		
D.V.	27,3%						
Equações de Regressão							
Brasil 48	$y = 12,785 - 36,618x + 19,128x^2$					$r^2 = 99,5$	
C.A.	$y = 135,702 - 205,67x + 84,601x^2 - 7,111x^3$					$r^2 = 99,9$	
C.A.							
		dias		mg/planta			
ponto de máxima		76		420,7			
ponto de inflexão		51		207,1			

uma vez que a produção de matéria seca foi semelhante.

Foram exportados, através da parte aérea das plantas, cerca de 45 Kg/ha de nitrogênio, pelo cultivar Brasil 48, e de 39 Kg/ha pelo cultivar Clause's Aurélia. Esses resultados são superiores aos observados por FERNANDES *et alii* (1971), e inferiores aos obtidos no exterior pelos autores já citados. GARDNER e PEW (1979) referem-se também a valores elevados, entre 100 e 110 quilos de nitrogênio acumulados por hectare até a colheita.

Observa-se que as maiores quantidades de nitrogênio foram absorvidas nos estágios finais da cultura, o que está em concordância com FERNANDES *et alii* (1971) e vem reforçar a recomendação emitida por estes a respeito da conveniência de se retardar a aplicação do nitrogênio em cobertura na cultura de alface.

4.1.2.2. Fósforo

A tabela 4 contém os dados relativos à absorção de fósforo pelas plantas e pela cultura de alface, em miligramas/planta, Kg/ha e porcentagem, bem como os teores desse elemento encontrados na matéria seca.

Os teores de fósforo situaram-se entre 0,67 e 0,92%, ocorrendo maior variação no cultivar Brasil 48 que, a não ser na última amostragem, apresentou teores superiores aos do cultivar Clause's Aurélia. Esses valores foram duas vezes mais elevados que os encontrados por FERNANDES *et alii* (1971) e LORENZ e MINGES (1942). Foram superiores aos

de ZINK e YAMAGUCHI (1962) e de HAMILTON e BERNIER (1962) e, diferentemente do observado por PANDITA e ANDREW (1967), não ocorreu decréscimo no teor de fósforo das plantas com a aproximação da colheita.

Quanto às quantidades absorvidas, estiveram no final da cultura em torno de 100mg de fósforo por planta ou 9,5 Kg/ha, não sendo encontrada diferença significativa entre os cultivares. Esse resultado é cerca de duas vezes o encontrado por FERNANDES *et alii* (1971), e a exportação de fósforo foi superior à relatada por LORENZ e MINGES (1942) e ZINK e YAMAGUCHI (1962), apesar da maior produção alcançada pelas culturas analisadas nesses trabalhos.

Em relação à absorção porcentual, observa-se que, de modo semelhante a outros nutrientes, a acumulação de fósforo se intensifica a partir dos trinta dias, alcançando taxa proporcionalmente superior à observada na produção de matéria seca.

A taxa máxima de acumulação, para os dois cultivares, ocorreu entre o 51º e o 62º dias, com um acréscimo diário de 3,2 a 3,3mg de fósforo por planta, o que equivale a 0,3 Kg/ha por dia. Após esse período, nos dez dias finais da cultura, a taxa diária decresceu a 2,8mg por planta.

Assim, ainda que para um ajustamento aos períodos iniciais de acumulação a equação de segundo grau com ponto de mínima seja satisfatória para expressar a acumulação de fósforo pelas plantas de alface, para os estágios finais a de terceiro grau se revela mais adequada (tabela 4).

Tabela 4. Teor de fósforo e quantidades absorvidas por plantas de alfafa, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (%)	B.48	0,67	0,81	0,81	0,87	0,92	0,78
	C.A.	0,76	0,64	0,78	0,69	0,80	0,80
mg/pl.	B.48	0,52	1,45	11,09	37,20	71,90	99,98
	C.A.	0,85	1,86	13,81	35,23	72,06	100,13
Kg/ha	B.48	0,05	0,14	1,05	3,53	6,83	9,50
	C.A.	0,08	0,18	1,31	3,35	6,85	9,51
% acumu lada	B.48	0,5	1,5	11,0	37,1	71,9	100,0
	C.A.	0,8	1,9	13,8	35,2	72,0	100,0
F. cultivar época		n.s. 200,03**			CDE 6 - n.s.		
DMS (Tukey)	cultivar	8,39 (5%) e 12,70 (1%)					
	época	12,44 (5%) e 15,16 (1%)					
	cultivar dentro de época	12,84 (5%) e 17,26 (1%)					
C.V.	22,0%						
Equações de Regressão							
B.48	$y = 26,256 - 37,912x + 13,954x^2 - 0,928x^3$						$(r^2 = 99,77)$
C.A.	$y = 22,445 - 32,222x + 12,037x^2 - 0,747x^3$						$(r^2 = 99,71)$
		B.48		C.A.			
		dias	mg/pl.	dias	mg/pl.		
ponto de máxima		96	142,6	104	163,1		
ponto inflexão		62	70,1	65	80,9		

4.1.2.3. Potássio

A acumulação de potássio pelas plantas e pela cultura de alface apresentou diferenças significativas entre os cultivares estudados neste trabalho, por ocasião da quinta e da sexta amostragem (aos 62 e aos 72 dias da cultura). Essas diferenças foram devidas às ocorridas no teor de potássio encontrado nas plantas.

O teor de potássio na matéria seca da parte aérea das plantas variou sem uma tendência definida, entre 7,31 e 8,45%, para o cultivar Brasil 48, e entre 4,97 e 7,50, no cultivar Clause's Aurélia. Esses valores foram superiores aos obtidos por FERNANDES *et alii* (1971) e mais próximos dos de ZINK e YAMAGUCHI (1962).

A quantidade de potássio acumulada também foi superior à observada por FERNANDES *et alii* (1971). A acumulação por hectare (96,6 e 72,1 Kg) esteve mais próxima dos resultados obtidos no exterior por LORENZ e MINGES (1942) e pelos abrangidos por ZINK e YAMAGUCHI (1971), apesar da grande diferença de produção observada entre esses trabalhos e os realizados no Brasil.

A tendência geral da acumulação seguiu o padrão observado para nitrogênio e fósforo, com aceleração a partir do trigésimo dia, sendo que no caso do potássio as taxas de acumulação foram crescentes até a colheita, o que torna adequadas para expressar a absorção desse elemento as equações de segundo grau, obtidas através da análise de regressão (tabela 5).

Tabela 5. Teor de potássio e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause s Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (%)	B.48	7,31	8,45	8,41	7,84	8,45	8,04
	C.A.	7,50	6,73	7,08	6,08	4,97	6,04
mg/pl.	B.48	5,6	15,1	115,3	339,6	665,3**	1017,2**
	C.A.	7,9	19,6	125,7	310,3	450,2**	759,2**
Kg/ha	B.48	0,5	1,4	10,9	32,2	63,2	96,6
	C.A.	0,7	1,9	11,9	29,5	42,7	72,1
% acumu- lada	B.48	0,5	1,4	11,2	33,3	65,4	100,0
	C.A.	1,0	2,6	16,5	40,9	59,2	100,0
F. cultivar		6,79*		CDE 5 - 32,80**			
época		218,41**		CDE 6 - 47,20**			
DMS (Tukey)	cultivar	75,9 (5%) e 114,9 (1%)					
	época	101,5 (5%) e 123,7 (1%)					
	cultivar dentro de época	108,5 (5%) e 146,1 (1%)					
C.V.	20,9%						
Equações de regressão							
B.48	$y = 72,167 - 120,157x + 46,686x^2$				$(r^2 = 99,8)$		
C.A.	$y = 25,842 - 53,195x + 29,957x^2$				$(r^2 = 99,4)$		

4.1.2.4. Cálcio

Os teores de cálcio na matéria seca variaram entre 1,05 e 1,65%, sendo próximos aos obtidos por FERNANDES *et alii* (1971), LORENZ e MINGES (1942) e ZINK e YAMAGUCHI (1962).

Os cultivares estudados apresentaram diferenças significativas na absorção de potássio aos 62 e aos 72 dias, tendo o cultivar Clause's Aurélia acumulado, até a colheita 199,8 mg de cálcio por planta (15,3 Kg/ha), e o cultivar Brasil 48, 161,2 mg (15,3 Kg/ha). Esses valores são superiores aos obtidos por FERNANDES *et alii*, e inferiores aos determinados em trabalhos realizados no exterior, representando cerca de metade da quantidade de potássio acumulada, por hectare, em culturas estudadas por ZINK e YAMAGUCHI (1962).

A acumulação de cálcio na cultura de alface acompanhou a tendência observada em outros nutrientes, de aceleração a partir dos trinta dias, apresentando taxas crescentes até a colheita. As taxas de acumulação diária máxima observadas foram de 6,48 mg por planta, no cultivar Clause's Aurélia, e 4,92 mg por planta para o cultivar Brasil 48, ambas no período dos 62 aos 72 dias.

As equações obtidas através da análise de regressão dos dados de acumulação de cálcio encontram-se na tabela 6.

Tabela 6. Teor de cálcio e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (%)	B.48	1,08	1,57	1,40	1,52	1,47	1,26
	C.A.	1,05	1,52	1,65	1,56	1,49	1,58
mg/pl.	B.48	0,8	2,8	19,1	65,4	112,0*	161,2**
	C.A.	1,2	4,4	29,3	79,8	135,0*	199,8**
Kg/ha	B.48	0,1	0,3	1,8	6,2	10,6	15,3
	C.A.	0,1	0,4	2,8	7,6	12,8	19,0
% acumu- lada	B.48	0,6	2,0	11,8	40,5	69,3	100,0
	C.A.	0,5	2,1	14,7	40,0	67,4	100,0
F. cultivar		n.s.		CDE 5 - 5,44*			
época		123,59**		CDE 6 - 15,3**			
DMS (Tukey)	cultivar	17,6 (5%) e 26,7 (1%)					
	época	28,1 (5%) e 34,2 (1%)					
	cultivar dentro de época	28,3 (5%) e 38,0 (1%)					
C.V.	27,3%						
Equações de regressão							
cv B.48	$y = 2,192 - 11,051x + 6,379x^2$				$(r^2 = 99,3)$		
cv C.A.	$y = 2,881 - 12,608x + 7,659x^2$				$(r^2 = 99,7)$		

4.1.2.5. Magnésio

A acumulação de magnésio mostrou diferenças significativas entre os cultivares, nas amostragens realizadas aos 51, 62 e 72 dias da cultura, tendo o cultivar Clause's Aurélia acumulado maior quantidade, em todas as épocas, e apresentado maior precocidade na acumulação proporcional (tabela 7).

Não obstante as diferenças observadas, a acumulação seguiu a tendência geral da absorção de nutrientes, com aceleração a partir dos trinta dias.

O cultivar Brasil 48 apresentou taxas de acumulação crescentes até a colheita, alcançando 1,68 mg por planta e por dia, e o cultivar Clause's Aurélia apresentou uma taxa diária máxima de 1,53 mg por planta entre o 41º e o 51º dia da cultura, e taxas decrescentes após, o que torna mais adequada para expressar matematicamente seu crescimento a equação de terceiro grau.

Os teores de magnésio encontrados na matéria seca variaram de 0,37 a 0,46%, apresentando o cultivar Brasil 48, a partir dos 41 dias, teores mais elevados. Esses valores foram pouco superiores aos obtidos por FERNANDES *et alii* (1971), situando-se dentro da faixa abrangida pelos dados de ZINK e YAMAGUCHI (1962) e outros autores.

As quantidades acumuladas foram superiores às relatadas por FERNANDES *et alii* (1971) e bastante inferiores às de ZINK e YAMAGUCHI (1962).

Tabela 7. Teor de magnésio e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (%)	B.48	0,46	0,42	0,38	0,38	0,39	0,37
	C.A.	0,38	0,36	0,42	0,44	0,43	0,41
mg/pl	B.48	0,36	0,8	5,3	16,4**	30,0**	46,8*
	C.A.	0,42	1,0	7,5	22,8**	38,6**	51,6*
Kg/ha	B.48	0,03	0,07	0,50	1,56	2,85	4,45
	C.A.	0,04	0,10	0,71	2,16	3,67	4,90
% acumu- lada	B.48	0,7	1,6	11,2	35,1	64,0	100,0
	C.A.	0,8	2,0	14,5	44,1	74,9	100,0
F. cultivar		8,45*		CDE 4 - 9,77**			
época		200,72**		CDE 5 -17,80**			
				CDE 6 - 5,56*			
DMS	cultivar	3,12 (5%) e 4,73 (1%)					
(Tukey)	época	6,04 (5%) e 7,36 (1%)					
	cultivar dentro de época	5,81 (5%) e 7,79 (1%)					
C.V.	21,5%						
Equações de regressão							
cv. B.48	$y = 3,187 - 5,312x + 2,111x^2$ ($r^2 = 99,86$)						
cv. C.A.	$y = 14,351-21,384x + 8,377x^2 - 0,629x^3$ ($r^2 = 99,89$)						
C.A.							
		Dias		mg/pl			
ponto de máxima		85		60,0			
ponto de inflexão		55		29,5			

4.1.2.6. Enxofre

Em relação à acumulação de enxofre, foram encontradas diferenças significativas entre os cultivares apenas aos 51 dias (quarta amostragem).

Para o cultivar Brasil 48 a taxa máxima de absorção foi de 1 mg por planta por dia, e ocorreu entre o 51º e o 62º dia, havendo um decréscimo no período seguinte. Para o cultivar Clause's Aurélia, a taxa máxima ocorreu entre o 41º e o 51º dia, sendo de 0,87 mg por planta por dia.

As quantidades totais acumuladas por planta, ao redor de 21 mg, e de 2 Kg/ha representam 65 a 67% do total observado por FERNANDES *et alii* (1971), como consequência dos menores teores encontrados nas plantas no presente trabalho.

A acumulação do enxofre, para o cultivar Brasil 48, se revelou mais precoce que a dos demais nutrientes, com 85% da quantidade total acumulados até o 62º dia. Em relação à quarta amostragem, observa-se que 57% do total de enxofre foi acumulado pelo cultivar Clause's Aurélia até essa época, enquanto para os demais elementos a acumulação situou-se entre 41 e 51%.

Os dados relativos à absorção de enxofre encontram-se na tabela 8.

Tabela 8. Teor de enxofre e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor(%)	B.48	0,18	0,23	0,22	0,15	0,23	0,16
	C.A.	0,21	0,19	0,18	0,24	0,16	0,16
mg/pl	B.48	0,14	0,42	2,69	7,05*	18,17	21,38
	C.A.	0,24	0,59	3,17	11,88*	14,79	20,73
Kg/ha	B.48	0,01	0,04	0,25	0,67	1,73	2,03
	C.A.	0,02	0,06	0,30	1,13	1,40	1,97
% acumu lada	B.48	0,5	2,0	12,3	33,0	85,2	100,0
	C.A.	1,0	3,0	15,2	57,4	71,1	100,0
F. cultivar		n.s.		CDE 4 - 6,99*			
época		52,29**		CDE 5 - n.s.			
				CDE 6 - n.s.			
DMS	cultivar	3,24 (5%) e 4,90 (1%)					
(Tukey)	época	5,23 (5%) e 6,37 (1%)					
	cultivar dentro de época	5,26 (5%) e 7,05 (1%)					
C.V.	40,7%						
Equações de regressão							
cv B.48	$y = 0,266 - 1,573x + 0,893x^2$					$(r^2 = 96,0)$	
cv C.A.	$y = -1,935 + 0,737x + 0,522x^2$					$(r^2 = 96,7)$	

4.1.2.7. Boro

O teor de boro encontrado nas plantas variou de 59 a 93 ppm, sendo bastante superior aos teores encontrados por HAMILTON e BERNIER (1955), MIDGLEY e DUNKLEE (1946), BEAR (1949) e situando-se na faixa considerada como tóxica por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971).

Em relação à quantidade total acumulada, foi superior à observada por HAMILTON e BERNIER (1955), como consequência dos teores mais elevados encontrados neste trabalho.

Para os dois cultivares, a taxa de acumulação foi crescente até os 51º dia, diminuiu acentuadamente entre o 51º e o 62º dia, atingindo os valores máximos (36 e 39 µg por planta por dia) nos dez dias que antecederam a colheita. A acumulação de boro nesse período foi proporcionalmente superior à observada para outros nutrientes, com cerca de 40% do total absorvido nessa época.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os cultivares em relação à acumulação de boro, e os dados a ela referentes encontram-se na tabela 9.

4.1.2.8. Cobre

Os teores de cobre encontrados nas plantas de alface variaram entre 9 e 18 ppm, sendo, a partir da quarta amostragem, superiores no cultivar Brasil 48. Esses teores são superiores aos obtidos por

Tabela 9. Teor de boro e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
ppm	B.48	59	89	60	93	68	70
	C.V.	62	67	67	82	62	76
µg/pl	B.48	4,6	16,0	82,7	402,3	537,1	896,4
	C.A.	7,0	19,3	119,7	423,0	569,5	958,0
g/ha	B.48	0,4	1,5	7,9	38,2	51,0	85,2
	C.A.	0,7	1,8	11,4	40,2	54,1	91,0
% acumu	B.48	0,5	1,8	9,3	44,8	59,8	100,0
lada	C.A.	0,8	2,0	12,5	44,2	59,4	100,0
F. cultivar		n.s.			CDE - n.s.		
época		94,66**					
DMS	cultivar	63,6 (5%) e 96,4 (1%)					
(Tukey)	época	161,6 (5%) e 196,9 (1%)					
	cultivar dentro de época	149,0 (5%) e 199,6 (1%)					
C.V.	31,6%						
Equações de regressão							
B.48	$y = 24,325 - 70,290x + 35,927x^2$	$(r^2 = 98,2)$					
C.A.	$y = 22,744 - 66,459x + 36,876x^2$	$(r^2 = 98,7)$					

HAMILTON e BERNIER (1955) e HARWARD *et alii* (1955), aproximando-se da faixa considerada normal por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971).

As quantidades totais acumuladas (16 a 18,7 g/ha) representaram 60 a 70% da determinada por HAMILTON e BERNIER (1955), somando-se os resultados obtidos por este autor para a produção econômica e os resíduos da parte aérea, o que resulta em produção superior à obtida neste trabalho.

O padrão de acumulação de cobre foi semelhante ao observado para os demais nutrientes, acompanhando proporcionalmente a produção de matéria seca. As taxas de acumulação foram crescentes até a colheita, o que tornou possível o uso das equações de segundo grau para expressar a acumulação (tabela 10).

Os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia apresentaram diferença significativa na acumulação de cobre por ocasião da colheita. Essa diferença foi devida aos diferentes teores encontrados nas plantas, uma vez que a produção de matéria seca foi semelhante.

4.1.2.9. Ferro

Na acumulação de ferro os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia apresentaram diferença significativa por ocasião da colheita, diferença essa devida aos teores do elemento encontrados nas plantas.

A marcha da absorção foi diferente para os dois cultivares, pois o cultivar Brasil 48 apresentou taxas crescentes até a colheita,

Tabela 10. Teor de cobre e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
ppm	B.48	9	10	11	18	17	15
	C.A.	11	9	13	13	13	13
µg/pl	B.48	0,7	1,8	15,0	77,2	132,4	196,4*
	C.A.	1,2	2,6	23,0	67,4	117,8	168,3*
g/ha	B.48	0,1	0,2	1,4	7,3	12,6	18,7
	C.A.	0,1	0,2	2,2	6,4	11,2	16,0
% acumu lada	B.48	0,4	1,1	7,5	39,0	67,4	100,0
	C.A.	0,6	1,2	13,8	40,0	70,0	100,0
F. cultivar		n.s.			CDE 6 - 6,44*		
época		100,82**					
DMS	cultivar	19,4 (5%) e 29,4 (1%)					
(Tukey)	época	31,8 (5%) e 38,7 (1%)					
	cultivar dentro de época	31,8 (5%) e 42,7 (1%)					
C.V.	31,2%						
Equações de regressão							
B.48	$y = 7,726 - 19,357x + 8,612x^2$					$(r^2 = 99,03)$	
C.A.	$y = 1,797 - 10,687x + 6,527x^2$					$(r^2 = 99,43)$	

enquanto o cultivar Clause's Aurélia apresentou uma taxa máxima entre o 41º e o 51º dia, e taxas decrescentes após esse período. Isso resultou que, enquanto 40% do total do ferro acumulado pelo cultivar Brasil 48 o foi nos últimos dez dias da cultura, nesse mesmo período o cultivar Clause's Aurélia acumulou apenas 12% do total, sendo esse o caso de acumulação mais precoce encontrado no presente trabalho.

As equações obtidas através da análise de regressão constam da tabela 11 e refletem as diferenças encontradas na acumulação do ferro.

Os teores encontrados nas plantas superaram os relatados por HARWARD *et alii* (1955), mesmo quando comparados aos obtidos por esse autor em plantas cultivadas em meio com níveis elevados de ferro, e superaram também os observados por SANCHEZ CONDE (1980) e SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980), estando na faixa considerada como pertencente a plantas sadias por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971) e próximos ou ultrapassando o limite superior observado por BEAR *et alii* (1949) nos EUA.

Em relação a quantidade total acumulada, não foram encontrados dados para comparação.

4.1.2.10. Manganês

Foi em relação ao manganês que os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia apresentaram diferença mais expressiva na acumulação. Como se pode observar nos dados contidos na tabela 12, os teores de manganês encontrados na matéria seca foram, a partir da segunda amostragem

Tabela 11. Teor de ferro e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor(ppm)	B.48	196	572	366	505	499	510
	C.A.	187	731	516	555	518	431
µg/pl	B.48	15,1	101,5	501,8	2146,1	4040,0	6800,2**
	C.A.	21,1	216,0	924,4	2848,8	4800,8	5446,4**
g/ha	B.48	1,4	9,6	47,6	203,9	383,8	646,0
	C.A.	2,0	20,5	87,8	270,6	456,1	517,4
% acumu- lada	B.48	0,2	1,5	7,4	31,6	59,4	100,0
	C.A.	0,4	4,0	17,0	52,3	88,1	100,0
F. cultivar		n.s.			CDE 6 - 8,31**		
ēpoca		59,74**					
DMS	cultivar	733,7 (5%) e 1111,1 (1%)					
(Tukey)	ēpoca	1395,4 (5%) e 1700,6 (1%)					
	cultivar dentro de ēpoca	1348,6 (5%) e 1806,9 (1%)					
C.V.	39,5%						

Equações de regressão

B.48	$y = 752,844 - 1064,05x + 345,415x^2$	$(r^2 = 99,8)$
C.A.	$y = 2255,381 - 3397,648x + 1360,299x^2 - 117,259x^3$	$(r^2 = 99,4)$

C.A.		
	dias	µg/planta
ponto de máxima	74	5.534,5
ponto de inflexão	50	2.677,4

(30º dia), de três a cinco vezes superiores no cultivar Brasil 48, o que resultou em diferenças significativas na acumulação aos 51, 62 e 72 dias da cultura (tabela 12).

O cultivar Brasil 48 apresentou uma taxa máxima de acumulação entre o 41º e o 51º dia ($132 \mu\text{g}$ por planta por dia) e, depois dessa época, taxas decrescentes. O cultivar Clause's Aurélia apresentou taxas de absorção crescentes até o 51º dia, dessa data ao 62º dia um estacionamento na acumulação e, do 62º dia à colheita uma acumulação intensa na maior taxa observada para esse elemento nesse cultivar ($47,4 \mu\text{g}$ por planta por dia).

Os teores de manganês encontrados no cultivar Clause's Aurélia foram semelhantes aos observados por BEAR *et alii* (1946), HAMILTON e BERNIER (1955), SANCHEZ CONDE (1980) e SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980) e estiveram situados na faixa considerada como pertencente a plantas saudias por ROORDA VAN EYSINGA (1971), e nos limites determinados por HARWARD *et alii* (1955) para plantas cultivadas em meio nutritivo normal. Já os teores encontrados no cultivar Brasil 48 estiveram muito acima dos observados por esses autores, estando próximos, mas ainda acima dos observados por HARWARD *et alii* (1955) em plantas cultivadas em meio com elevado teor de ferro e alumínio. Os teores observados no cultivar Brasil 48 são inferiores aos encontrados por este último autor em plantas de alface cultivadas em meio com elevado teor de manganês (a níveis tóxicos).

Considerando que o teor de ferro encontrado nas plantas foi elevado, em relação aos encontrados na literatura, e que o solo em que foi conduzida a cultura costuma apresentar elevados teores de ferro

Tabela 12. Teor de manganês e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor (ppm)	B.48	32	176	331	421	341	269
	C.A.	33	54	58	108	60	81
µg/pl.	B.48	2,5	31,4	455,8	1778,0**	2748,8**	3534,5**
	C.A.	3,7	15,7	103,7	562,5**	551,3**	1025,3**
g/ha	B.48	0,2	3,0	43,3	168,9	261,1	335,8
	C.A.	0,3	1,5	9,8	53,4	52,4	97,4
% acumu- lada	B.48	0,1	0,9	12,9	50,3	77,7	100,0
	C.A.	0,3	1,5	10,1	54,8	53,8	100,0
F.	cultivar	34,38**		CDE 4	13,52**		
	época	16,07**		CDE 5	44,19**		
				CDE 6	57,62**		
DMS (Tukey)	cultivar	437,35 (5%) e 662,34 (1%)					
	época	1017,31 (5%) e 1239,69 (1%)					
	cultivar dentro de época	949,34 (5%) e 1271,95 (1%)					
C.V.	74,2%						

Equações de Regressão

B. 48	$y = 1.258,168 - 1.922,589x + 753,046x^2 - 61,566x^3$	$(r^2 = 99,6)$
C.A.	$y = -21,410 - 34,217x + 34,169x^2$	$(r^2 = 93,9)$

B.48		
	dias	µg/pl.
ponto de máxima	78	3.672,1
ponto de inflexão	52	1.764,8

disponíveis às plantas, parece repetir-se neste ensaio o observado por HARWARD *et alii* (1955), em que o elevado teor de ferro no meio causou elevação no teor de manganês das plantas de alface.

4.1.2.11. Zinco

De modo semelhante ao observado para enxofre e boro, nos dois cultivares, e para manganês, no cultivar Clause's Aurélia, a acumulação de zinco estacionou, neste cultivar, ou diminuiu acentuadamente (no cultivar Brasil 48), no período entre o 51º e o 62º dia da cultura, com retomada posterior da acumulação a taxas elevadas, como se pode constatar através dos dados da tabela 13.

A acumulação de zinco diferiu das dos demais nutrientes, sendo bastante tardia, com cerca de 64% (cultivar Brasil 48) e 52% (cultivar Clause's Aurélia) do total absorvidos nos últimos dez dias da cultura.

As quantidades acumuladas foram diferentes para os dois cultivares, tendo o cultivar Brasil 48 acumulado mais do dobro da quantidade acumulada pelo cultivar Clause's Aurélia, refletindo as diferenças encontradas no teor de zinco das plantas.

A acumulação pelo cultivar Clause's Aurélia foi semelhante à observada por HAMILTON e BERNIER (1955) e a calculada para o Brasil 48 foi cerca do dobro.

Os teores encontrados nos dois cultivares foram superiores aos observados por HAMILTON e BERNIER (1955), os do cultivar

Tabela 13. Teor de zinco e quantidades absorvidas por plantas de alface, cultivares Brasil 48 (B.48) e Clause's Aurélia (C.A.), em 6 épocas de amostragem. População: 95000 plantas/hectare

		Dias					
		20	30	41	51	62	72
Teor(ppm)	B.48	79	195	359	317	202	354
	C.A.	48	87	205	192	112	166
µg/pl	B.48	7,8	34,8	455,7	1376,9	1583,0*	4462,0**
	C.A.	5,4	25,2	342,7	1021,1	1018,6*	2125,3**
g/ha	B.48	0,7	3,3	43,3	130,8	150,4	423,9
	C.A.	0,5	2,4	32,6	97,0	96,8	201,9
% acumu- lada	B.48	0,2	0,8	10,2	30,8	35,5	100,0
	C.A.	0,2	1,2	16,1	48,0	47,9	100,0
F. cultivar		37,63**		CDE 5 - 6,67*			
ēpoca		58,72**		CDE 6 -114,30**			
DMS (Tukey)	cultivar	224,8 (5%) e 340,46 (1%)					
	ēpoca	695,1 (5%) e 847,00 (1%)					
	cultivar dentro de ēpoca	629,0 (5%) e 844,08 (1%)					
C.V.	44,0%						
Equações de regressão							
B.48	$y = 769,75 - 879,726x + 239,295x^2$					$(r^2 = 93,9)$	
C.A.	$y = 23,039 - 111,967x + 74,192x^2$					$(r^2 = 94,7)$	

Clause's Aurélia estiveram na faixa observada por SANCHEZ CONDE (1980) e os do Brasil 48 foram superiores. Os teores de ambos situaram-se na faixa considerada como pertencente a plantas normais por ROORDA VAN EY-SINGA *et alii* (1971).

4.2. Ensaio em casa de vegetação

4.2.1. Sintomatologia das deficiências

Os sintomas foram, na maioria dos casos, semelhantes para os dois cultivares e são descritos de maneira geral, destacando-se apenas os casos em que houveram diferenças. As datas de aparecimento de sintomas referem-se principalmente ao cultivar Brasil 48.

4.2.1.1. Tratamento completo

As plantas submetidas a tratamento com solução nutritiva completa desenvolveram-se mais que as submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes, com excessão daquelas submetidas a omissão de enxofre.

Apresentaram coloração verde intensa (L-6⁰-9)* nas folhas velhas e verde ligeiramente mais clara nas folhas mais novas (L-8⁰-10

* VILLALOBOS-DOMINGUES e VILLALOBOS, 1947. Atlas de los colores. Ed. El Ateneo-Buenos Aires.

O sistema de classificação e de anotação é o seguinte:

- a) a letra ou letras indicam a cor e seu matiz;
- b) o número ou números dão o valor de luminosidade;
- c) o grau expressa a tonalidade do matiz.

no cultivar Brasil 48 e L-10⁰-10 no Clause's Aurélia).

O sistema radicular apresentou coloração branca acinzentada e aspecto sadio.

4.2.1.2. Tratamento com omissão de nitrogênio

Nove dias após o início dos tratamentos foram observados menor desenvolvimento e ligeira diferença na coloração. Em torno do décimo sexto dia as diferenças mostraram-se acentuadas, apresentando-se a coloração geral das plantas verde mais clara (L-8⁰-11 a L-6⁰-13) e as folhas mais velhas acentuadamente pálidas (YL-6⁰-17). O desenvolvimento estacionou e ocorreu intensa queda de folhas.

As plantas deficientes em nitrogênio não apresentaram murchamento nas horas quentes do dia, como aconteceu com as submetidas a outros tratamentos, sendo suas folhas mais rijas do que as das plantas que receberam tratamento com solução nutritiva completa.

As plantas foram coletadas aproximadamente um mês após o início dos tratamentos, e o sistema radicular apresentou-se bem desenvolvido, proporcionalmente mais desenvolvido que o das plantas sob outros tratamentos, e de coloração branca, enquanto o das plantas sob tratamento com solução completa mostrara-se acinzentado.

Essas observações estão em concordância com as de GOODALL *et alii* (1955), de ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971), e com os sintomas iniciais descritos por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964).

4.2.1.3. Tratamento com omissão de fósforo

Cerca de nove dias após iniciados os tratamentos, as plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de fósforo apresentavam o desenvolvimento severamente afetado, o que coincide com as observações de GOODALL *et alii* (1955), e as folhas mais rijas e eretas que as das plantas sob tratamento completo.

Após 15 dias de tratamento, as plantas deficientes em fósforo não apresentavam murchamento nas horas quentes do dia, diferentemente do ocorrido com plantas submetidas a outros tratamentos, e após os vinte dias constatou-se diferença na coloração das folhas mais velhas, que tornou-se verde mais clara (L-7⁰-10) que a das plantas sob tratamento completo no cultivar Brasil 48 e verde mais escuro (L-7⁰-7) no Clause's Aurélia.

Aos 25 dias de tratamento aproximadamente as plantas mostraram-se achatadas, o que deve corresponder à "forma de roseta" descrita por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971) e, como estas e as observadas por GOODALL *et alii* (1955), não formaram cabeça, mantendo-se as folhas pequenas, rijas, abertas e eretas. As folhas mais velhas apresentaram-se lisas, semelhante ao observado por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) e amareladas (L-7⁰-10) como nas observadas por GOODALL *et alii* (1955).

Colhidas após 31 dias de tratamento, mostraram o sistema radicular relativamente bem desenvolvido, em relação à parte aérea, e de coloração mais escura, acinzentadas.

4.2.1.4. Tratamento com omissão de potássio

Os primeiros sintomas decorrentes da deficiência de potássio foram notados em torno do décimo segundo dia após o início dos tratamentos, e consistiram em menor consistência das folhas, e maior murchamento nas horas quentes do dia.

A partir do décimo sexto dia manifestou-se alteração na coloração, que se tornou verde mais clara, principalmente no "miolo" das plantas (L-10⁰-11 para Brasil 48 e L-9⁰-13 para Clause's Aurélia). Os bordos das folhas intermediárias e mesmo das mais novas, em alguns casos, recurvaram-se, tornando-se amarelados e depois necrosados e as folhas, deformadas. O murchamento continuou e a queda das folhas mais velhas tornou-se intensa.

As plantas foram colhidas no vigésimo oitavo dia após o início dos tratamentos, e as folhas mais velhas apresentaram amarelamento (L-9⁰-13) do ápice, com posterior necrose, de modo semelhante ao descrito por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971). Os bordos laterais das folhas também apresentavam necrose.

O sistema radicular mostrou-se escurecido, com morte de radículas.

Os sintomas em geral foram diversos dos descritos por outros autores, não se encontrando as folhas em forma de "coração", ou "gancho", descritas por GOODALL *et alii* (1955), sendo também diverso o efeito da deficiência de potássio na coloração das plantas em relação às observações de outros autores.

4.2.1.5. Tratamento com omissão de cálcio

Os sintomas de deficiência de cálcio tornaram-se definidos entre seis e doze dias após o início dos tratamentos, mostrando-se as folhas mais novas do cultivar Brasil 48 enrugadas e com pontuações escuras (marrons) bem pequenas, com diâmetro aproximado de 1 mm. Essas pontuações localizavam-se principalmente na parte basal das folhas, próximas às margens. No cultivar Clause's Aurélia as folhas mais novas mostraram-se enrugadas e com áreas escurecidas (coloração 0Y-6⁰-7) entre as nervuras.

Após cerca de 16 dias de tratamento as folhas mais novas mostraram-se enrugadas, com pontuações ou manchas escuras e recurvadas, como por menor desenvolvimento do ápice e das margens das folhas em relação ao restante da lâmina foliar. Esse desenvolvimento anormal deu às folhas um aspecto semelhante ao de uma colher.

Manifestou-se também um enrolamento dos bordos das folhas mais novas e, em algumas plantas, também das mais velhas, com amarelamento e necrose dos bordos, semelhante ao descrito por alguns autores (ROORDA VAN EYSINGA *et alii*, 1971).

A coloração das folhas mais velhas das plantas deficientes mostrou-se verde mais escura (Y-6⁰-6) no cultivar Clause's Aurélia e a das folhas mais novas, mais clara (Y-10⁰-11).

As raízes mostraram-se de coloração marrom e, no caso do cultivar Brasil 48, necrosadas.

4.2.1.6. Tratamento com omissão de magnésio

As plantas submetidas a tratamento com omissão de magnésio foram as mais tardias a apresentar sintomas de deficiência.

Em torno do décimo sexto dia após o início dos tratamentos pode-se observar desenvolvimento ligeiramente inferior ao das plantas sob tratamento completo, coloração geral mais clara e intenso murchamento nas horas quentes do dia.

Do vigésimo dia em diante foi observado amarelecimento dos bordos das folhas mais velhas e queda de folhas, e somente do trigésimo dia após o início dos tratamentos em diante foi observado o sintoma característico de clorose internerval, semelhante ao descrito por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) e por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971).

As folhas mais velhas apresentaram coloração verde normal (semelhante às das plantas submetidas a tratamento completo) próximo às nervuras e coloração verde clara (LLY-6⁰-15) entre as nervuras.

As raízes apresentaram-se escurecidas e, no cultivar Brasil 48, com partes necrosadas.

4.2.1.7. Tratamento com omissão de enxofre

Não foram constatados sintomas de deficiência.

4.2.2. Concentração dos nutrientes

4.2.2.1. Tratamento com omissão de nitrogênio

Os teores de nitrogênio das plantas constam da tabela 14.

Os teores das plantas sob tratamento completo situaram-se na faixa dos valores observados pela maioria dos autores, como LORENZ e MINGES (1942), HAMILTON e BERNIER (1955), SLATER e GOODALL (1957), ZINK e YAMAGUCHI (1962). Os teores das plantas com deficiência foram semelhantes aos obtidos por ADAMS *et alii* (1978) e ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971), e inferiores aos constatados por PEREZ MELIAN *et alii* (1977) assinalando-se todavia que estes referem-se a plantas que não apresentavam sintomas visuais de deficiência, não obstante mostrassem decréscimo na produção.

Os teores nas folhas e caules do cultivar Brasil 48, e nos caules do cultivar Clause's Aurélia, foram significativamente diferentes para as plantas cultivadas em solução nutritiva completa e solução com omissão de nitrogênio. Não se encontraram diferenças significativas nas folhas velhas do cultivar Brasil 48, bem como nas folhas e folhas velhas do cultivar Clause's Aurélia, não obstante tenham-se manifestado sintomas de deficiência de nitrogênio nas plantas submetidas a tratamento com omissão desse elemento.

Tabela 14. Teores percentuais de nitrogênio na matéria seca de plantas de alface, cultivadas em solução nutritiva completa (+) e com omissão de nitrogênio (-). Médias de 4 amostras

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caules	
	+N	-N	+N	-N	+N	-N
Brasil 48	3,37	1,86	0,98	1,03	2,00	0,82
C. Aurélia	3,02	2,68	1,27	0,98	1,61	0,67
			Brasil 48	Clause's Aurélia		
F. A. tratamentos			60,63**	7,96**		
B. partes da planta			72,92**	38,11**		
A x B.			17,62**	n.s.		
DMS (1%)	A. tratamentos	0,3261		0,53		
(Tukey)	B. partes da planta	0,46		0,75		
	A x B.	0,78		1,27		
DMS (5%)	A. tratamentos			0,39		
	B. partes da planta			0,58		
	A x B.			1,02		

4.2.2.2. Tratamento com omissão de fósforo

Para os dois cultivares as diferenças observadas no teor de fósforo das plantas cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de fósforo foram significativas, como se pode ver pelos dados da tabela 15.

Os níveis encontrados nas plantas com deficiência foram semelhantes aos observados por GRANT LIPP e GOODALL (1958) e por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971). Situaram-se abaixo do nível crítico (0,2% de fósforo) definido por ZINK e YAMAGUCHI (1962) e foram semelhantes aos obtidos em plantas deficientes por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) e por PEREZ MELIAN *et alii* (1977).

As plantas do cultivar Brasil 48 submetidas a tratamento com solução nutritiva completa apresentaram teores semelhantes aos observados em plantas sadias por GRANT LIPP e GOODALL (1958) e por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971). Já o cultivar Clause's Aurélia apresentou nas plantas normais teores mais elevados, superiores aos da maioria dos autores, próximos ao mais alto teor encontrado por PANDITA e ANDREW (1967) e inferiores apenas aos observados por SANCHEZ CONDE (1980).

4.2.2.3. Tratamento com omissão de potássio

Os teores de potássio encontrados na matéria seca de plantas de alface do ensaio conduzido em casa de vegetação e sob tratamento com solução nutritiva completa foram, para o cultivar Brasil 48, ligeiramente inferiores aos observados no campo e, para o cultivar Clause's

Tabela 15. Teores percentuais de fósforo na matéria seca de plantas de alface, cultivadas em solução nutritiva completa (+) e com omissão de fósforo (-). Médias de 4 amostras

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caules	
	+P	-P	+P	-P	+P	-P
Brasil 48	0,44	0,16	0,12	0,09	0,34	0,10
Clause's Aurélia	0,71	0,19	0,32	0,14	0,91	0,17

	Brasil 48	Clause's Aurélia
F. A. tratamentos	374,23**	127,01**
B. partes da planta	142,86**	19,11**
A x B	64,63**	14,74**
DMS (1%) A. tratamentos	0,027	0,12
B. partes da planta	0,038	0,17
A x B	0,065	0,29
DMS (5%) A. tratamentos		0,0890
B. partes da planta		0,1319
A x B		0,2326

Aurélia, semelhantes.

Os teores estiveram, em ambos os ensaios, situados na faixa observada pela maioria dos autores, como LORENZ e MINGES (1942), LAMBETH (1953), HARWARD *et alii* (1955), HAMILTON e BERNIER (1958), ZINK e YAMAGUCHI (1962), HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964), FERNANDES *et alii* (1971), PEREZ MELIAN *et alii* (1971), ADAMS *et alii* (1978), SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980).

Os teores encontrados nas plantas com deficiência foram inferiores aos das plantas sob tratamento completo e as diferenças foram significativas. Os teores de potássio das plantas com deficiência foram semelhantes aos obtidos por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971) e PEREZ MELIAN *et alii* (1971), e inferiores aos observados por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964). Os teores encontram-se na tabela 16.

4.2.2.4. Tratamento com omissão de cálcio

Os teores de cálcio das plantas submetidas a tratamento com solução nutritiva completa foram semelhantes aos observados por LORENZ e MINGES (1942), HARWARD *et alii* (1955), ZINK e YAMAGUCHI (1962), FERNANDES *et alii* (1971), ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971), PEREZ MELIAN *et alii* (1977), SANCHEZ CONDE (1980) e SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980) e superiores aos encontrados por BEAR *et alii* (1949) e CAROLUS (1975).

Os teores de cálcio das plantas submetidas a tratamento com omissão de cálcio foram significativamente inferiores aos das plantas sob tratamento completo, e semelhantes aos encontrados em plantas

Tabela 16. Teores percentuais de potássio na matéria seca de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (+) e com omissão de potássio (-). Médias de 4 amostras

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caule	
	+K	-K	+K	-K	+K	-K
Brasil 48	5,54	1,32	6,02	2,17	2,53	0,67
C. Aurélia	7,77	1,54	6,34	3,23	6,13	1,10

		Brasil 48	Clause's Aurélia
F. A. tratamentos		468,52**	317,76**
B. partes da planta		95,09**	7,63**
A x B		22,89**	11,41**
DMS (1%) A. tratamentos		0,44	0,77
(Tukey) B. partes da planta		0,62	1,09
A x B		1,05	1,84

com deficiência por VLAMIS (1949) e ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971), e inferiores aos determinados por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) e por PEREZ MELIAN *et alii* (1977). Estes últimos autores consideraram que análises foliares não poderiam ser usadas para determinar deficiência leve de cálcio, pois os teores encontrados foram semelhantes aos das plantas normais, havendo diferença apenas na produtividade. No caso de deficiência acentuada os sintomas visíveis tornaram desnecessária a análise foliar.

Os teores de cálcio das plantas normais e com deficiência encontram-se na tabela 17.

4.2.2.5. Tratamento com omissão de magnésio

Os teores de magnésio encontrados nas plantas normais, submetidas a tratamento completo, foram semelhantes aos observados por BEAR *et alii* (1949), em levantamento realizado nos EUA, ligeiramente superiores aos observados por FERNANDES *et alii* (1971) e por SANCHEZ CONDE e AZUARA (1980) e estiveram na faixa observada por ZINK e YAMAGUCHI (1962) e pela maioria dos autores.

Os teores das plantas com deficiência foram significativamente inferiores aos encontrados nas plantas normais, e inferiores aos observados em plantas com deficiência por HERNANDO e SANCHEZ CONDE (1964) e por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971).

Os dados referentes à concentração de magnésio nas plantas encontram-se na tabela 18.

Tabela 17. Teores percentuais de cálcio na matéria seca de plantas de alface, cultivadas em solução nutritiva completa (+) e com omissão de cálcio (-). Médias de 4 amostras.

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caule	
	+Ca	-Ca	+Ca	-Ca	+Ca	-Ca
Brasil 48	0,97	0,20	1,94	1,19	0,36	0,09
Clause's Aurélia	1,47	0,31	2,59	1,37	0,59	0,09

	Brasil 48	Clause's Aurélia
F A. tratamento	84,44**	209,19**
B. partes da planta	154,06**	211,54**
A x B	6,38**	12,40**
DMS (1%) A. tratamento	0,19	0,19
(Tukey) B. partes da planta	0,26	0,27
A x B	0,44	0,45

Tabela 18. Teores de magnésio na matéria seca de plantas de alface, cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de magnésio (%). Médias de 4 amostras

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caules	
	+Mg	-Mg	+Mg	-Mg	+Mg	-Mg
Brasil 48	0,35	0,05	0,46	0,13	0,11	0,04
Clause's Aurélia	0,43	0,10	0,50	0,26	0,32	0,08

		Brasil 48	Clause's Aurélia
F.	A. tratamento	83,13**	227,93**
	B. partes da planta	26,48**	32,32**
	A x B	10,61**	n.s.
DMS (1%)	A. tratamento	0,07	0,05
(Tukey)	B. partes da planta	0,10	0,07
	A x B	0,17	0,12

4.2.2.6. Tratamento com omissão de enxofre

Não foram encontradas diferenças significativas entre os teores de enxofre das plantas submetidas a tratamento com solução completa e os das plantas submetidas a tratamento com omissão de enxofre, como se pode observar através da tabela 19.

Os teores de enxofre encontrados foram inferiores aos determinados por FERNANDES *et alii* (1971) para plantas normais. A concentração de enxofre no cultivar Clause's Aurélia foi semelhante à encontrada por PEREZ MELIAN *et alii* (1977) em plantas normais e esteve entre os teores considerados como pertencentes a plantas com deficiência por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971). A concentração no cultivar Brasil 48 foi semelhante à observada em plantas com deficiência por PEREZ MELIAN *et alii* (1977) e por ROORDA VAN EYSINGA *et alii* (1971).

Tabela 19. Teores de enxofre na matéria seca de plantas de alface, cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de enxofre (%). Médias de 4 amostras

Cultivar	Folhas		Folhas velhas		Caudex	
	+S	-S	+S	-S	+S	-S
Brasil 48	0,16	0,16	0,08	0,09	0,10	0,09
Clause's Aurélia	0,24	0,25	0,15	0,12	0,14	0,09

		Brasil 48	Clause's Aurélia
F. A.tratamento		n.s.	n.s.
B.partes da planta		6,84*	5,47*
A x B		n.s.	n.s.
DMS (1%) A. tratamento		0,05	0,09
(Tukey) B. partes da planta		0,07	0,14
A x B		0,12	0,23
DMS (5%) A. tratamento		0,03	0,07
(Tukey) B. partes da planta		0,05	0,11
A x B		0,09	0,23

5. OBSERVAÇÕES GERAIS

Considerando-se que a cultura de alface, nas regiões pro dutoras, é repetida consecutivamente na mesma gleba, a extração anual de nutrientes é bastante elevada, podendo ser estimada em cerca de quatro a cinco vezes a obtida neste trabalho para uma cultura.

Destaca-se a elevada acumulação de potássio em relação aos demais nutrientes, e o baixo acúmulo de enxofre (2 Kg/ha), que explica a não ocorrência de deficiência deste elemento nas plantas sob tratamento com omissão desse nutriente.

Chama atenção igualmente a elevada extração de cálcio pe los cultivares que normalmente estão sujeitos a intensa irrigação e causando lixiviação deste elemento no solo. Suspeita-se que possa ocorrer com certa frequência deficiência deste nutriente em condições de campo.

A acumulação tanto de macro como de micronutrientes foi diferente nos cultivares mostrando-se o cultivar Brasil 48 mais exigente, principalmente em potássio, cobre, ferro, manganês e zinco. (tabelas 20 e 21).

Tabela 20. Quantidades de macronutrientes acumuladas pela cultura de alface até a colheita (Kg/ha)

Cultivar	Macronutrientes - quantidade					Total
	N	P	K	Ca	Mg	
Brasil 48	44,60*	9,50	96,60**	15,30**	4,45*	172,48
Clause's Aurélia	39,00*	9,51	72,10**	19,00**	4,90*	146,48

Tabela 21. Quantidades de micronutrientes acumuladas pela cultura de alface até a colheita (g/ha)

Cultivar	Micronutrientes - quantidade					Total
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Brasil 48	85,2	18,7*	646,0**	335,8**	423,9**	1.509,6
Clause's Aurélia	91,0	16,0*	517,4**	97,4**	201,9**	923,7

O cultivar Brasil 48 mostrou elevada capacidade de acumulação de manganês, sendo interessante no futuro, estudo mais detalhado de seu comportamento em relação a esse elemento, já que diversos autores constatarem ocorrência de toxicidade de manganês em culturas de alface e foi levantada a hipótese de sua ocorrência em condições ao Estado de São Paulo*.

Seriam úteis igualmente trabalhos visando a identificação da fase de "fome oculta" mediante a aplicação do teste rápido. Dados de PEREZ MELIAN *et alii* (1977) mostram a ocorrência de diminuição nas produções anterior ao aparecimento de sintomas.

* Hiroshi Nagai, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP. Comunicação pessoal.

6. CONCLUSÕES

6.1. Ensaio de campo

6.1.1. Produção de matéria seca

- Não houve diferença significativa entre os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia na produção de matéria seca.

- O crescimento foi lento no início, sofrendo aceleração a partir dos 30 dias.

- O cultivar Brasil 48 apresentou taxas de incorporação de matéria seca crescentes até a colheita, e o cultivar Clause's Aurélia uma taxa máxima entre o 51º e o 62º dia.

- As taxas máximas de produção de matéria seca foram 0,484 e 0,402 gramas por planta por dia, para os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia, respectivamente.

- Para o cultivar Brasil 48, 66% da matéria seca foi incorporada nos 20 dias que antecederam a colheita, e 38% nos últimos dez

dias. Para o cultivar Clause's Aurélia os valores foram 59% e 27%.

- A produção de matéria seca foi de 12,75 g/planta para o cultivar Brasil 48 e de 12,52 g/planta para o cultivar Clause's Aurélia e de aproximadamente 1200 Kg/ha, para uma população teórica de 95000 plantas/ha, para ambos os cultivares.

6.1.2. Acumulação de nutrientes

- A acumulação de nutrientes acompanhou, em linhas gerais a produção de matéria seca, sendo lenta no início e sofrendo aceleração a partir dos 30 dias.

- Os cultivares Brasil 48 e Clause's Aurélia apresentaram diferenças significativas na acumulação de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, sendo a acumulação de fósforo, enxofre e boro, semelhante para os dois cultivares.

- O cultivar Brasil 48 foi mais exigente na acumulação de nitrogênio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco do que o cultivar Clause's Aurélia. Este foi mais exigente em cálcio e magnésio.

- Nos últimos vinte dias da cultura foram absorvidos entre 50 e 69% do total acumulado de cada nutriente, para o cultivar Brasil 48, e entre 43 e 65% do total para o cultivar Clause's Aurélia.

- A absorção de nutrientes foi contínua, não sendo atingido ponto de máxima acumulação para nenhum nutriente até a colheita.

- As quantidades de macro e micronutrientes acumuladas por planta do cultivar Brasil 48 foram: 469 mg de nitrogênio, 100 mg de fósforo, 1017 mg de potássio, 161 mg de cálcio, 47 mg de magnésio e 21 mg de enxofre, 896 μg de boró, 196 μg de cobre, 6800 μg de ferro, 3534 μg de manganês e 4462 μg de zinco.

- As quantidades de macro e micronutrientes acumuladas por planta do cultivar Clause's Aurélia foram: 410 mg de nitrogênio, 100 mg de fósforo, 759 mg de potássio, 200 mg de cálcio, 52 mg magnésio, 21 mg de enxofre, 958 μg de boro, 168 μg de cobre, 5446 μg de ferro, 1025 μg de manganês e 2425 μg de zinco.

6.2. Ensaio realizado em casa de vegetação

6.2.1. Sintomas de deficiência de macronutrientes

- As deficiências de nutrientes nos cultivares de alface estudados se traduziram por sintomas típicos e facilmente identificáveis, com exceção do enxofre, para o qual não foram obtidos sintomas de carência.

6.2.2. Concentração de nutrientes nas plantas

- As concentrações de nutrientes nas folhas (excluídas as folhas velhas) de alface provenientes de plantas normais do cultivar Brasil 48 foram significativamente diferentes dos teores encontrados nas plantas com deficiência. Os teores foram, para plantas normais e com

deficiência: de nitrogênio: 3,37 e 1,86%; de fósforo: 0,44 e 0,16%; de potássio: 5,54 e 1,32%; de cálcio: 0,97 e 0,20%; de magnésio: 0,35 e 0,05%. Os teores de enxofre foram 0,16%, não se constatando deficiência.

- As concentrações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas de alface provenientes de plantas normais do cultivar Clause's Aurélia foram significativamente diferentes dos teores encontrados nas plantas com deficiência. Os teores foram, para plantas normais e com deficiência: de fósforo: 0,71 e 0,19%; de potássio: 7,7 e 1,54%; de cálcio: 1,47 e 0,31%; de magnésio: 0,43 e 0,10%. Os teores de enxofre foram 0,24 e 0,25%, não se constatando deficiência. Não obstante manifestarem sintomas de deficiência, as plantas submetidas a tratamento com omissão de nitrogênio apresentaram teores (2,68%) estatisticamente semelhantes aos das plantas normais (3,02%).

LITERATURA CITADA

- ADAMS, P.; C.J.GRAVES e G.W. WINDSOR. 1978. Some responses of lettuce, grown in beds of peat, to nitrogen, potassium and molybdenum. Journal of Hort.Science 53(4):275-281.
- BEAR, F.E.; S.J.TOTH e A.L.PRINCE. 1949. Variation in Mineral Composition of Vegetables. Proceedings of the Soil Science Society of America. 13:380-384.
- CAROLUS, R. 1975. Calcium relationships in vegetable nutrition and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 6(3): 285-298.
- ESTHER STRUCKMEYER, B. e T.W.TIBBITS. 1965. Anatomy of lettuce leaves grown with a complete nutrient supply and without calcium or boron. Proceedings of the American Society for Hort.Sciences. 87:321-329.

FERNANDES, P.D.; G.D.de OLIVEIRA e H.P.HAAG. 1971. Nutrição Mineral de Hortaliças. XIV. Absorção de Macronutrientes pela Cultura da Alface. Revista "O Solo". Ano LXIII(2):7-10.

GARDNER, B.R. e W.D.PEW. 1979. Comparison of various nitrogen sources for the fertilization of winter-grown head lettuce. Journal of American Society of Hort.Science. 103(4):534-536.

GOODALL, D.W.; A.E.GRANT LIPP e W.G.SLATER. 1955. Nutrient Interactions and deficiency diagnosis in the lettuce. 1. Nutritional interaction and growth. Australian Journal of Biological Sciences. 8:301-329.

GRANT LIPP, A.E. e D.W.GOODALL. 1958. Nutrient interactions and deficiency diagnosis in the lettuce. IV. Phosphorus content and response to phosphorus. Australian Journal of Biological Sciences. 11:30-44.

HAMILTON, H.A. e R.BERNIER, 1955. N.P.K. fertilizer effects on yield, composition and residues of lettuce, celery, carrot and onion grown on an organic soil in Quebec. Canadian Journal of Plant Science. 55 (2):453-461.

HARWARD, M.E.; W.A. JACKSON, W.L.LOTT e D.D.MASON. 1955. Effects of Al, Fe e Mn upon the growth and Composition of lettuce. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 66:261-266.

- HERNANDO, V. e M.P.SANCHEZ CONDE. 1964. Estudio de deficiências minerales en el cultivo de lechuga romana. Anales de Edafologia y Agrobiologia. 23:769-776.
- LAMBETH, V.N. 1953. Variable Potassium and magnesium saturation on Growth and Mineral Composition of Bibb Lettuce. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 62:357-362.
- LEH, H.O. 1970. Investigations on tipburn of lettuce with special reference to nutrient uptake. Nachr Bl. dtsh. Pfl Sch Dienst., Braunschweig, 22:86-9.
- LORENZ, O.A. e P.A.MINGES, 1942. Nutrient Absorption by a Summer Crop of Lettuce in Salinas Valley, California. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 40:523-527.
- MIDGLEY, A.R. e D.E.DUNKLEE. 1946. Boron deficiency of lettuce. Better crops with Plant Food. 30(2):17-20.
- NISHIMOTO, D.K.; R.L.FOX e P.E.PARVIN. 1977. Response of vegetable crops to phosphorus concentrations in soil solution. Journal of American Society for Horticultural Science. 102(6):705-709.
- PANDITA, M.L. e W. T.ANDREW. 1967. A correlation between phosphorus content of leaf tissue and days to maturity in tomato and lettuce.

Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 91: 544-549.

PARUPŠ, E.V. 1958. Nutrition of lettuce with nitrogen, phosphorus and potassium on organic soils in Ontario. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 71:399-406.

PÉREZ MELIAN, G.; A.L.ESGALONA e A.A.STEINER. 1977. Leaf analysis as a diagnosis of nutritional deficiency or excess in the soilless culture of lettuce. Plant and Soil. 48:259-267.

RANZANI, G.; O.FREIRE e T.KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, 85 p.

ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. e K.W.SMILDE. 1971. Nutritional disorders in glasshouse lettuce, Centre for Agricultural publishing and documentation, Wageningen, Holanda, 56p.

SANCHEZ CONDE, Ma.P. 1980. Evaluation de los efectos del medio nutritivo con bajo contenido en calcio sobre la planta de lechuga. Anales de Edafologia y Agrobiologia. 39:975-988.

SANCHEZ CONDE, Ma.P. e P.AZUARA. 1980. Distribucion de nutrientes en plantas de lechuga sometidas a diferentes concentraciones de magnesio. Anales de Edafologia y Agrobiologia. 39:999-1008.

- SARRUGE, J.R. 1970. Práticas de nutrição e adubação das plantas cultivadas (mimeogr.) Depto. de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- SARRUGE, J.R. e H.P.HAAG (1974). Análises Químicas em plantas. Depto. de Química, E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, São Paulo.
- SETZER, J. 1946. Contribuição para o Estudo do Clima do Estado de São Paulo. Escolas Professores Salesianos, São Paulo. 239p.
- SLATER, W.G. e D.W.GOODALL. 1957. Nutrient Interactions and Deficiency Diagnosis in the lettuce. III. Nitrogen content and response to nitrogen. Australian Journal of Biological Sciences. 10:253-278.
- SMITH, R. e M.A.SCAIFE, 1972. The phosphorus requirement of lettuce. 1. Use of P intensity estimates to predict the response curve. The Journal of Agricultural Science. 80:111-117.
- THIBODEAU, P.O. e P.L.MINOTTI. 1969. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. Journal of the American Society for Horticultural Science. 94:372-375.
- TIBBITS, T.W.; B.ESTHER STRUCKMEYER e R.RAMA RAO. 1965. Tipburn of lettuce as related to release of latex. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 86:462-467.

VLAMIS, J. 1949. Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcion saturation of soil. Soil Science, 67:453-466.

WOODMAN, R.M. 1939. Studies in the nutrition of vegetables. The effects of variation in the nitrogen supply on lettuce (var. Mayking) in sand culture. Annals of Botany, 3:649-656.

WOODMAN, R.M. 1940. The nutrition of lettuces grown as cultures under glass. The annals of applied biology, 27:5-16.

WUTKE, A.C.P. 1972. Análise Química na avaliação da fertilidade. In: MONIZ, A.C. (Coord.), Elementos de Pedologia. Ed. Polígono, Ed. USP, São Paulo, p.223-29.

ZINK, F.W. e M. YAMAGUCHI, 1962. Studies on the Growth rate and nutrient absorption of head lettuce. Hilgardia, 32(11):471-500.