

**CRESCIMENTO, TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) SOB DOSES DE
NITROGÊNIO APLICADAS NO SOLO E DE NÍVEIS DE CÁLCIO
APLICADOS VIA FOLIAR**

MARCO ANTÔNIO REZENDE ALVARENGA

1999

MARCO ANTÔNIO REZENDE ALVARENGA

**CRESCIMENTO, TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) SOB DOSES DE
NITROGÊNIO APLICADAS NO SOLO E DE NÍVEIS DE CÁLCIO
APLICADOS VIA FOLIAR**

**Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Agronomia, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de
"Doutor"**

**Orientador
Prof. Dr. Rovilson José de Souza**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

1999

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Alvarenga, Marco Antônio Rezende

**Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar / Marco Antônio Rezende Alvarenga. - Lavras: UFLA, 1999.
117p.: il.**

Orientador: Rovilson José de Souza.

Dissertação (Doutorado)-UFLA.

Bibliografia.

1. Alface - Cultivo - 2. Absorção de nutrientes – Curva de crescimento.
3. Nitrogênio. 4. Cálcio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.52894

MARCO ANTÔNIO REZENDE ALVARENGA

**CRESCIMENTO, TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM
ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) SOB DOSES DE
NITROGÊNIO APLICADAS NO SOLO E DE NÍVEIS DE CÁLCIO
APLICADOS VIA FOLIAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia,
para obtenção do título de "Doutor"

APROVADA em 18 / 03 / 99

Prof. Dr. Vicente Wagner Dias Casali - UFV

Pesq. Dr. Ernani Clarete da Silva - Bolsista FAPEMIG

Prof. Dr. Augusto Ferreira de Souza- UFLA

Prof. Dra. Janice Guedes de Carvalho - UFLA



**Prof. Dr. Rovilson José de Souza
UFLA
(Orientador)**

Agradeço,

a Deus, por me iluminar, dar motivação, paz e saúde

e

a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha mãe, Zinah, pelo exemplo.

À minha esposa, Emílce, pelo amor, companherismo e dedicação.

Às minhas filhas, Christiana e Juliana, pelo apoio e incentivo.

À minha neta, Eduarda, pela ternura e pureza.

Dedico

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução geral	1
2 Referencial teórico	2
2.1 Alface	2
2.2 Fertirrigação	3
2.3 Adubação foliar	7
2.4 Absorção de macro e micronutrientes	8
2.5 Deficiência de cálcio	13
2.6 Crescimento da alface	19
3 Referências bibliográficas	21
CAPÍTULO 2: Avaliação de crescimento em alface americana (<i>Lactuca sativa</i> L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio, aplicados via foliar	28
1 Resumo	28
2 Abstract	29
3 Introdução	30
4 Material e métodos	31
4.1 Localização e caracterização da area experimental	31
4.2 Características da cultivar	32
4.3 Produção de mudas, semeio e transplantio	33
4.4 Delineamento experimental	34
4.5 Análise estatística	37
5 Resultados e discussão	38
5.1 Peso de matéria fresca da parte aérea (produção total)	38
5.2 Peso de matéria seca total da parte aérea	41
5.3 Teor de matéria seca total da parte aérea	42
5.4 Peso de matéria fresca da parte comercial (produção comercial)	44
5.5 Teor de matéria seca da parte comercial	45
5.6 Peso de matéria seca da parte comercial	46
5.7 Número de folhas	47
6 Conclusões	52
7 Referências bibliográficas	52

CAPÍTULO 3: Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor, acúmulo de macronutrientes e incidência de tipburn em alface americana..... 54

1	Resumo	54
2	Abstract	55
3	Introdução	56
4	Material e métodos	56
4.1	Incidência de tipburn	59
4.2	Análise estatística	59
5	Resultados e discussão	60
5.1	Teor de macronutrientes	60
5.1.1	Nitrogênio	60
5.1.2	Cálcio	62
5.1.3	Potássio	65
5.1.4	Fósforo	67
5.1.5	Magnésio	69
5.1.6	Enxofre	71
5.2	Acúmulo de macronutrientes	74
5.2.1	Nitrogênio	74
5.2.2	Potássio	77
5.2.3	Cálcio	79
5.2.4	Fósforo	80
5.2.5	Magnésio	82
5.2.6	Enxofre	84
5.3	Incidência de tipburn.....	88
6	Conclusões	88
7	Referências bibliográficas	89

CAPÍTULO 4: Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e acúmulo de micronutrientes em alface americana..... 92

1	Resumo	92
2	Abstract	93
3	Introdução	94
4	Material e métodos	94
4.1	Análise estatística	98
5	Resultados e discussão	98

5.1 Teor de micronutrientes	98
5.1.1 Cobre	98
5.1.2 Boro	99
5.1.3 Zinco	101
5.1.4 Manganês	104
5.2 Acúmulo de micronutrientes	106
5.2.1 Boro	106
5.2.2 Zinco	107
5.2.3 Manganês	110
5.2.4 Cobre	112
6 Conclusões	116
7 Referências bibliográficas	116

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Produção de matéria fresca em alface, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998	40
2	Peso de matéria fresca em alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998	40
3	Produção de matéria seca em alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998	43
4	Crescimento e acúmulo de matéria seca em alface em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	43
5	Teor de matéria seca em alface em função dos níveis de cálcio aplicados via foliar. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	44
6	Efeito de níveis de cálcio e doses de nitrogênio no peso de matéria seca da parte comercial de alface americana, aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998	46
7	Número de folhas em alface, em função dos níveis de cálcio aplicados via foliar. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	48
8	Número de folhas em alface em função das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	48
9	Teor de nitrogênio (N) em alface americana em função de doses de N aplicadas no solo, de níveis de cálcio, aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	61

10	Teor de nitrogênio (N) em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicado via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	62
11	Teor de cálcio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	64
12	Teor de cálcio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	64
13	Teor de potássio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998	66
14	Teor de potássio em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998...	66
15	Teor de fósforo em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	68
16	Teor de fósforo em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998...	69
17	Teor de magnésio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	70
18	Teor de magnésio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	71
19	Teor de enxofre em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	72

20	Teor de enxofre em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998...	73
21	Acúmulo de nitrogênio (N) em mg/m^2 de área em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	76
22	Acúmulo de nitrogênio (N), em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DA. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	76
23	Acúmulo de potássio em mg/m^2 de área em alface americana, em função de níveis de cálcio, aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.	78
24	Potássio acumulado em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	78
25	Acúmulo de fósforo na parte aérea de plantas de alface, em função de doses de nitrogênio, aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	81
26	Acúmulo de fósforo, em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	81
27	Acúmulo de magnésio na parte aérea de plantas de alface, em função de doses de nitrogênio, aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	83
28	Acúmulo de magnésio, em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56	

	DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	83
29	Acúmulo de enxofre na parte aérea de plantas de alface, em função de doses de nitrogênio, aplicadas no solo e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	85
30	Acúmulo de enxofre, em mg/m ² de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo, analisados aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	86
31	Teor de cobre em alface americana, em função da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	99
32	Teor de boro em alface americana, em função de níveis de cálcio, de doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	100
33	Teor de boro em alface americana, em função de níveis de cálcio e de doses de nitrogênio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	101
34	Teor de zinco em alface americana, em função de níveis de cálcio, de doses de nitrogênio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	103
35	Teor de manganês em alface americana, em função da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	105
36	Acúmulo de boro em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	106
37	Acúmulo de boro em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	108
38	Acúmulo de zinco em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	108

39	Acúmulo de zinco em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT.UFLA, Lavras-MG, 1998.....	109
40	Acúmulo de manganês em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	111
41	Acúmulo de manganês em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	111
42	Acúmulo de cobre em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas.UFLA, Lavras-MG, 1998	113

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Análise química do solo da área experimental, Santo Antônio do Amparo-MG, 1998.....	32
2	Resumo da análise de variância do peso de matéria fresca da parte aérea (Produção total-PF), peso da matéria seca total da parte aérea (PMST), número de folhas (NF) e teor de matéria seca total da parte aérea (TMST). UFLA, Lavras-MG, 1998.....	49
3	Resumo da análise de variância do peso de matéria fresca da parte comercial (Produção Comercial-PMFC), peso da matéria seca da parte comercial (PMSC), e teor de matéria seca da parte comercial (TMSC). UFLA, Lavras-MG, 1998	49
4	Média de produção comercial e teor de matéria seca da parte comercial (TMSC) aos 56 DAT em função de doses de nitrogênio e níveis de cálcio, UFLA. Lavras-MG, 1998	50
5	Peso de matéria fresca, peso de matéria seca, acúmulo percentual (%) e teor de matéria seca (teor de ms) em função de doses de N e de níveis de Ca que proporcionaram o menor e o maior resultado. UFLA, Lavras-MG, 1998	51
6	Resumo da análise de variância para teor de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e potássio (K), em %, na parte aérea de alfafa tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	67
7	Resumo da análise de variância para teor de fósforo(P), magnésio (Mg) e enxofre (S), em %, na parte aérea de	

	alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	73
8	Resumo da análise de variância para acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em mg/m ² , na parte aérea de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	79
9	Resumo da análise de variância para acúmulo de fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea de alface em mg/m ² . UFLA, Lavras-MG, 1998.....	85
10	Acúmulo (mg) , acúmulo percentual (%) e teor em % (t) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e cálcio (Ca) em função de doses de N e de níveis de Ca. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	87
11	Resumo da análise de variância para teor de cobre (Cu), boro (Bo), zinco (Zn) e manganês (Mn), em ppm na parte aérea de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.	105
12	Resumo da análise de variância para acúmulo de cobre (Cu), boro (Bo), zinco (Zn) e manganês (Mn), em µg/m ² de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	114
13	Acúmulo (µg) , acúmulo percentual (%) e teor (ppm) de boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu)) em função de doses de N e de níveis de Ca que proporcionaram o menor e o maior resultado. UFLA, Lavras-MG, 1998.....	115

RESUMO

ALVARENGA, Marco Antônio Rezende. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar. Lavras: UFLA, 1999. 117p. (Tese-Doutorado em Agronomia/Fitotecnia).*

Com o objetivo de avaliar os efeitos do cálcio aplicado via foliar e do nitrogênio, aplicado no solo, na nutrição e nos componentes de produção da alface tipo americana, cv. Ryder, em cultivo protegido, foi efetuado o presente trabalho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial: três doses de nitrogênio (120, 180 e 240 kg de N/há) e quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5 1,0 e 1,5 % da solução) e sete épocas de avaliação, com quatro repetições. As doses de nitrogênio foram aplicadas via fertirrigação por gotejamento na quantidade de 120kg/ha de N em todas as parcelas sendo que as parcelas correspondentes a 180 e 240 kg/ha de N receberam o complemento no solo, via convencional. O cálcio foi aplicado via foliar com pulverizador costal de CO₂. As avaliações foram feitas em amostras de plantas coletadas em intervalos de sete dias, iniciando-se aos 14 dias após o transplantio, até aos 56 dias, totalizando sete épocas de avaliação. Os trabalhos foram conduzidos na área experimental da “Refricon Mercantil Ltda”, no município de Santo Antônio do Amparo-MG. A aplicação de cálcio via foliar não teve influência significativa no teor e acúmulo dos macronutrientes na parte aérea da planta, inclusive do próprio cálcio, sendo considerada desnecessária a sua aplicação via foliar. Entretanto, observou-se que a quantidade de nitrogênio na parte aérea decresceu com o aumento dos níveis de cálcio aplicados via foliar sem, contudo, afetar a normalidade do teor do nutriente na planta. A incidência de tipburn não foi detectada em nenhum dos tratamentos, inclusive onde não foi aplicado cálcio foliar. As interações e os efeitos significativos dos tratamentos não tiveram importância do ponto de vista nutricional uma vez que as características avaliadas foram normais para alface. A absorção dos macronutrientes se deu com maior intensidade próximo a colheita. Observou-se que o teor de cobre não sofreu influência significativa de N e Ca mas decresceu com a idade da planta. Para acúmulo houve significância da época e interação cálcio X época, registrando aumento de cobre com o aumento dos níveis de cálcio. O acúmulo foi considerado inferior mas, com teor dentro da normalidade. O teor e acúmulo de boro foram influenciados significativamente por todas as fontes de variação sendo que, à medida em que aumentaram os níveis de cálcio, decresceu a quantidade de boro na parte aérea. Os teores foram considerados normais e as quantidades

superiores comparados com outros autores. A interação época X N X Ca foi significativa para o teor de zinco com todas as fontes de variação influenciando no acúmulo que decresceu com o aumento de cálcio. O teor de zinco foi normal, mas com quantidades muito inferiores quando comparado com outros autores. O teor de manganês teve influência apenas da época enquanto o acúmulo recebeu influência significativa de todas as fontes, decrescendo com o aumento dos níveis de cálcio. As quantidades foram muito inferiores às encontradas por outros autores, embora o teor seja considerado normal. A absorção de todos os micrornutrientes analisados foi considerada tardia. Nas características peso de matéria fresca e peso de matéria seca, verificaram-se diferenças significativas para a interação época X nitrogênio X cálcio. Entretanto, observou-se que todos os tratamentos envolvendo cálcio e nitrogênio proporcionaram desenvolvimento normal das plantas ao longo do ciclo, sendo semelhantes até por volta dos 42 dias, após os quais houve discreta superioridade para alguns tratamentos, próximo a colheita. Observou-se também que, à medida em que aumentaram as concentrações de cálcio na solução, houve redução tanto no peso de matéria fresca quanto no peso de matéria seca. O número de folhas e o teor de matéria seca foram afetados apenas pela época e pelo cálcio, não se observando nenhuma interação entre as fontes de variação. Entretanto, a variação significativa observada no cálcio foi mínima, não sendo importante do ponto de vista prático.

ABSTRACT

ALVARENGA, Marco Antônio Rezende. Growth and nutrient uptake and accumulation in crisphead lettuce (*Lactuca sativa L.*) under different levels of soil-applied Nitrogen and foliar-sprayed Calcium. Lavras: UFLA, 1999. 117p. (Thesis-Doctorate in Agronomy / Plant Science)

The objective of this trial was to evaluate the effects of levels of soil-applied Nitrogen and foliar-sprayed Calcium on the yield components of the crisphead lettuce cultivar Ryder. The treatments were factorial combinations of 3 Nitrogen levels (120, 180 and 240 kg/ha), 4 Calcium levels (0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% in solution) and 7 evaluation dates, used in a randomized complete block design with 4 replications. Nitrogen rate of 120 kg/ha was applied via drip fertirrigation in all plots, and additional rates were applied via soil in the plots corresponding to the 180 kg/ha and 240 kg/ha total rate. Calcium was applied using a CO₂ back-pack sprayer. Evaluations were made in plants sampled at 7-day intervals, starting 14 days after transplanting (d.a.t) and ending 56 d.a.t., totalizing to 7 evaluation dates. The field trial was located in "Refricom Mercantil Ltda" Experimental Area, in city of Santo Antonio do Amparo, State of Minas Gerais, Brazil. Foliar application of Calcium had no effect on any macronutrient (Calcium included) uptake or content in the aerial part of the plant; foliar application of Ca was therefore considered unnecessary. Nitrogen in the aerial parts decreased with increased levels of foliar-sprayed Calcium, but remained within the range considered normal. Tipburn symptoms were not detected in any of the treatments, including those with no foliar Calcium applied. Significant treatment effects and interactions were not considered important, because the traits evaluated remained within the ranges considered normal for the crop. Macronutrient uptake was more intense in the period immediately prior to harvest. Copper levels were not influenced by either N or Ca, but decreased with plant age; its accumulation was influenced by Ca x evaluation date interaction, and increased with increasing Ca levels. Copper accumulation was lower than, but contents were within the normal range. Uptake and accumulation of Boron was significantly affected by all sources of variation. Boron levels in the aerial parts decreased with increasing Ca levels. B content was considered normal, but was higher than those reported by other authors. The interaction N x Ca x evaluation date significantly affected Zinc content, which decreased with increasing Ca levels. Even though Zn levels were considered to be within the normal range, they were much lower than those reported by other authors. Manganese contents were influenced by evaluation dates only, but Manganese

Graduate Committee: Rovilson José de Souza-UFLA-(Major Professor)
Janice Guedes de Carvalho-UFLA

evaluation date significantly affected Zinc content, which decreased with increasing Ca levels. Even though Zn levels were considered to be within the normal range, they were much lower than those reported by other authors. Manganese contents were influenced by evaluation dates only, but Manganese uptake was significantly affected by all sources of variation, and decreased with increasing Ca levels; even though Mn contents were considered normal, they were much lower than those reported by other authors. Uptake of all micronutrients under study was concentrated in the latter phase of plant development. There were significant 3-way interactions between N x Ca x evaluation date for both dry weight and fresh weight. All NxCa combinations promoted normal plant development up to 42 d.a.t., after which period some treatments promoted superior performance just before harvest. Increasing Ca concentrations in the solution reduced both fresh and dry matter weight. Number of leaves and dry matter content were affected by evaluation dates and Ca levels only, and no interaction between sources of variation was observed.

CAPÍTULO 1

1 Introdução Geral

Atualmente, a alface americana, tipo repolhuda “Crisphead lettuce”, vem adquirindo importância crescente no Brasil e, principalmente, na região de Lavras. O plantio deste tipo de alface visa, principalmente, atender as redes “fast food”, como a MacDonal’d’s, que ultimamente, tem processado 1.000 toneladas brutas desta alface por mês. Na região de Lavras, além de ser crescente o consumo desta espécie “in natura”, existe a produção vinculada às redes “fast food”, com significativa expansão das áreas produtivas. Estima-se que, no ano 2000, a produção semanal da região deve atingir a 300 toneladas, em virtude dos importantes investimentos que vem sendo feitos no setor de processamento desta olerícola, com base no município de Lavras. Estas previsões são de extrema importância para a região, devido ao elevado número de empregos que esta atividade gera, além da grande exigência de insumos no seu desenvolvimento. A escolha da região de Lavras deve-se ao clima favorável, com temperaturas e precipitações não tão elevadas, mesmo nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, quando comparadas a regiões próximas à São Paulo e também à privilegiada situação geográfica, que permite o rápido e fácil escoamento da produção, uma vez que a região é servida por rodovia asfaltada em pista dupla, situando-se a 400 km de São Paulo e 200 km de Belo Horizonte.

Mas, se existe otimismo do setor industrial é na etapa primária de produção que existem desafios a serem vencidos. O uso intensivo da mesma área de plantio, safra após safra, tem constantemente provocado desequilíbrio na fertilidade do solo que, aliado ao ciclo rápido da cultura e a rigorosa exigência do mercado, tem refletido negativamente na produtividade e qualidade do produto.

Estes fatos se traduzem, ora pela indisponibilidade de alguns nutrientes, ora pelo excesso e, dentre inúmeras conseqüências, destaca-se a deficiência de cálcio causando o tipburn, que inutiliza a planta para o comércio.

Nas últimas décadas tem havido grande preocupação de modernização nos setores produtivos primários, a qual se expressa, principalmente, nas práticas de irrigação e fertilização das culturas. O termo técnico fertirrigação explica a junção das duas práticas em uma só, ou seja, a distribuição do adubo através da água de irrigação. A aplicação de parte do nitrogênio via fertirrigação aliada à aplicação de cálcio via foliar, pode ser uma prática que venha a melhorar a fertilização desta cultura com o uso mais racional do nitrogênio. Assim, objetivou-se com esta pesquisa estudar e avaliar os efeitos de três doses de N aplicadas no solo via fertirrigação e quatro níveis de cálcio aplicados via foliar, sobre o crescimento, a produção, acúmulo e teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn), bem como a incidência de tipburn em uma cultivar de alface americana cultivada sob estrutura de proteção, possibilitando o fornecimento de subsídios para lavouras comerciais.

2 Referencial teórico

2.1 Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça tipicamente folhosa, de grande importância na alimentação e saúde humana, sendo fonte de vitaminas, de minerais e de celulose. É bastante apreciada pelo paladar e pelo pequeno conteúdo energético, indispensável em dietas de baixa caloria. Provavelmente originária de regiões frias do Mediterrâneo, a alface cultivada (*Lactuca Sativa* L) rapidamente difundiu-se para a França, Inglaterra e o resto da Europa, mostrando

tratar-se de uma cultura popular e de uso extensivo. Com a descoberta do Novo Mundo, foi introduzida nas Américas, sendo cultivada no Brasil desde 1647 (Ryder e Whitaker, 1976; Casali et al., 1979). Ao lado do tomate, é a hortaliça de presença mais freqüente nas mesas, devido ao custo relativamente baixo, bem como à boa oferta de produções locais.

A alface é também uma planta com ampla variabilidade no comprimento, forma, cor, textura e tamanho da folha, assim como no tipo de cabeça. Ryder (1986) classificou as cultivares nos seguintes grupos:

- a) “Crisphead lettuce”: também denominado “Iceberg lettuce” ou “Americana”, constitui o grupo mais utilizado nos EUA com público restrito no Brasil; possui folha bastante quebradiça, tipo crocante, tem nervuras salientes e forma cabeças. É representado, entre outras, pelas seguintes cultivares: Mesa, Great Lakes, Salinas, Calmar, Lucy Brown e Lorca;
- b) “Butterhead lettuce”: é o tipo preferido no Brasil, também conhecido como manteiga. Forma cabeça, tem folha lisa e aparência oleosa de coloração verde mais claro. É representado pelas seguintes cultivares: Brasil 48, Brasil 202, Brasil 303, Vivi, Piracicaba 65, Áurea, Glória, Elisa e outras;
- c) “Looseleaf lettuce”: não forma cabeças e sim rosetas de folhas que podem ser lisas ou crespas. As cultivares lisas são: Babá de Verão, Regina-71 e outras. Dentre as crespas citam-se as seguintes cultivares: Grand Rapids, Slow Bolting e Verônica.

2.2 Fertirrigação

Como toda olerícola, a alface é bastante exigente quanto à qualidade do solo, tanto em relação às características químicas, quanto físicas. Desta forma, a fertilização constitui-se, sem dúvida, na prática agrícola mais cara e a de maior

retorno, visto que permite, além de maiores rendimentos, a obtenção de um produto com melhor qualidade e, conseqüentemente, de maior valor comercial (Barros, 1979).

O clima, o estágio de crescimento, a cultivar e a disponibilidade de outros nutrientes têm influência na absorção do nitrogênio, nas formas de nitrato (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+) (Davis 1980). Por outro lado, o cultivo intenso e contínuo de alface freqüentemente apresenta um desequilíbrio na fertilidade do solo, o que provoca o aparecimento de deficiências minerais, em especial de micronutrientes (Zambon 1982). Ultimamente, a prática da fertirrigação tem-se mostrado mais eficiente no fornecimento de nutrientes para as diversas culturas com uma série de vantagens sobre a forma tradicional. Segundo Wiersma (1969), esta técnica exige pouco trabalho a mais que a irrigação, utilizando os mesmos equipamentos, possibilitando dosar e fracionar a aplicação de fertilizantes da maneira desejada, com economia de mão-de-obra, redução da lixiviação e melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo (Pompa, 1974).

De acordo com Raposo (1979), a fertirrigação possibilita a aplicação de adubação foliar, facilita a operação em cobertura em culturas densas e dosa com rigor as quantidades de nutrientes de acordo com a marcha de absorção da cultura, além de evitar a compactação do solo pela não utilização de máquinas. Para Shani (1981), esta prática constitui uma operação rápida e cômoda, podendo realizar-se por equipamento central para toda uma área ou para uma única parcela. A aplicação simultânea da água e do fertilizante aumenta a eficiência de ambos e a época de aplicação pode ser planejada em função do estágio de desenvolvimento da planta. Por outro lado, Wiersma (1969) comenta que existem também algumas limitações ao seu uso. O manejo incorreto do sistema de irrigação, por exemplo, pode provocar uma distribuição desuniforme do fertilizante, além de não ser um método apropriado para produtos insolúveis e

pouco solúveis. Vários fertilizantes, principalmente os fosfatados, podem provocar reações químicas, originando precipitados, ações corrosivas com conseqüentes danos ao sistema de irrigação. Além disso, segundo Gomes, Silva & Faquin (1999), as condições de cultivo em ambientes protegidos são diferentes daquelas a campo a céu aberto, principalmente com relação a perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, que são inexistentes sob estufas. Assim, as recomendações existentes para o campo servem apenas como referencial havendo portanto, necessidade da obtenção de informações específicas para esse sistema de cultivo. No Brasil, existem poucas informações a esse respeito, e as adubações utilizadas pelos produtores são, na verdade, fruto dos seus próprios esforços e observações e de técnicos que atuam nessa área.

Kalil (1992), comparando a adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produção de alface, encontrou produtividade superior em todos os níveis de adubação nitrogenada testados via fertirrigação. Observou-se maior eficiência na absorção de nitrogênio pelas plantas, as quais apresentaram maior número de folhas, maior altura, maior diâmetro de cabeça e caule, e maior produção de matéria seca. O mesmo autor cita ainda que a produtividade obtida pela cultura no sistema convencional com 60 kg N/ha, foi atingida com apenas 12 kg N/ha no sistema de fertirrigação, representando uma economia de 80% de nitrogênio aplicado. Com a quantidade de 60 kg N/ha de nitrogênio em cobertura, aplicada pelo sistema de fertirrigação, a cultura produziu 5,57 t/ha a mais que no sistema convencional, significando acréscimo de 16,19% na produtividade. Constataram ainda que mesmo nos níveis inferiores de adubação nitrogenada, houve maior efeito da fertirrigação.

Bueno (1998) estudou o efeito da adubação nitrogenada, via fertirrigação sobre a cultura da alface americana, cv. Lorca. As doses de N aplicadas variaram de 0 à 105,6 kg/ha e foram avaliados o número de folhas, peso de raiz,

comprimento e largura do caule, circunferência da cabeça e produção total e comercial. A produção total alcançou o máximo no nível de 80 kg/ha de N, enquanto que a produção comercial não foi afetada pelas doses de N, apesar de ter sido cerca de 32% superior à testemunha. Por outro lado, o número de folhas externas, o comprimento e o diâmetro do caule não atingiram o ponto de máxima com a maior dose utilizada, mostrando que responderiam ainda a quantidade maior de nitrogênio.

Alves (1995), estudando o efeito da adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação convencional em alface, cv. Regina-440, em estufa, verificou que a fertirrigação foi superior em todas as características estudadas. A produção encontrada foi de 18,8 t/ha, nos tratamentos com fertirrigação, enquanto que na adubação convencional foi de 13,49 t/ha e a testemunha foi de 11,3 t/ha.

Koefender (1996) trabalhou com alface em fluxo laminar de solução NFT, com os seguintes tratamentos: a) reposição diária do volume de solução nutritiva evapotranspirado, com água e substituição da mesma por uma solução nova quando a condutividade elétrica CE chegou a 1 Ms cm^{-1} ; b) reposição diária do volume de solução evapotranspirado com solução de composição igual à inicial e substituição da mesma por uma nova, quando a CE chegou a $4,0 \text{ Mscm}^{-1}$; c) renovação diária total da solução com outra de composição igual a inicial, simulando-se a reposição do volume e dos nutrientes gastos.

Os resultados demonstraram que o manejo da solução afetou a produção de matéria seca da planta inteira, o mesmo não acontecendo com a produção de matéria fresca que não foi afetada.

2.3 Adubação foliar

Dentre as várias maneiras de fornecer nutrientes às plantas, a adubação foliar é uma alternativa eficiente para a solução de problemas específicos e/ou complemento de uma adubação racional. Os nutrientes aplicados via foliar depois de passar pela cutícula, se acumulam no espaço livre aparente, podendo apresentar o transporte via apoplástica na forma de um contínuo ou o transporte via simplástico, de célula para célula, através do citoplasma e dos plasmodesmas.

O conhecimento sobre o transporte iônico é limitado. A maior parte do que se sabe a respeito está relacionada ao conhecimento sobre o transporte de fotoassimilados e baseia-se na consideração de que o transporte para fora da folha se dá via floema.

A translocação de nutrientes aplicados nas folhas para outros órgãos das plantas depende da natureza do elemento, sua forma química e, ainda, da própria planta. Bukovac & Wittwer (1957) classificam o cálcio como imóvel entretanto, Faust & Shear (1973) afirmam que o Ca, apesar de ser considerado imóvel na planta, se aplicado em altíssimas concentrações de modo a reverter o gradiente de concentração de cálcio nas folhas, pode se movimentar para outros órgãos.

O transporte intercelular do cálcio em aveia é rápido, uma vez que em 30 minutos ele estava distribuído por todo mesófilo (Rigoet et al., 1971, citado por Rosolem e Boareto, 1987). Por outro lado, Millikan & Hanger (1969) determinaram que quando o Ca era aplicado à superfície foliar era imóvel, mas quando era injetado no sistema vascular era rapidamente translocado.

Praticamente todos os nutrientes podem ser aplicados por via foliar pois são absorvidos pelas folhas. No caso do cálcio, o produto indicado é o cloreto de cálcio. Nas formulações comerciais muitas vezes são adicionados agentes complexantes, encarecendo o produto. Entretanto, a pesquisa não tem mostrado

vantagens destas formulações quanto a absorção de nutrientes (Boareto & Rosolem, 1989).

A recomendação de dosagem para correção ou prevenção de deficiências via foliar para o cálcio, usando-se cloreto de cálcio, varia de 0,5 à 2,5kg/100 l de água. A concentração indicada pode causar problemas para muitas hortaliças quando se faz a pulverização foliar com a umidade relativa do ar acima de 60% (Boareto & Rosolem, 1989).

Segundo Faquin (1994), a despeito do grande aumento no consumo de adubos foliares no País, não se encontram na literatura brasileira pesquisas conclusivas que dêem respaldo agrônômico e econômico, justificando o aumento do seu uso. A propaganda e a agressividade comercial fizeram com que esta prática se adiantasse à pesquisa. De acordo com Rosolem & Boaretto (1987), as recomendações de uso de adubação foliar são feitas de forma empírica, sem embasamento experimental, supondo, portanto, que não surtam os efeitos desejados ou esperados de aumento de produção. Além disso, o uso de fertilizantes foliares como cálcio, boro e molibdênio, usados indiscriminadamente, podem causar desequilíbrio nutricional ou fitotoxidez e não proporcionar retorno econômico à sua aplicação.

2.4 Absorção de macro e micronutrientes

Um dos primeiros trabalhos apresentados no Brasil com o objetivo de conhecer a “Composição Mineral de Diversas Hortaliças” foi publicado por Furlani et al. (1978). Os autores quantificaram, por ocasião da colheita, o teor de matéria seca acumulada e as concentrações dos elementos essenciais em 50 cultivares de hortaliças, de um total de 35 espécies, e verificaram que a alface

extrai maior quantidade de cálcio e sódio que a maioria das hortaliças e que, dentre as folhosas, é a que apresenta teores mais elevados de nitrogênio e cálcio. Os teores médios em quatro cultivares de alface, foram de: 4,34 a 4,75% de N; 0,41 à 0,77% de P; 5,53 a 6,03% de K; 1,01 à 1,58% de Ca; 0,21 a 0,46% de Mg; 0,323 à 0,335% de S; 24 a 37 ppm de B; 3.195 à 11.381 ppm de Cl; 5,9 a 13,9 ppm de Cu; 205 à 1.089 ppm de Fe; 95 a 154 ppm de Mn; 0,01 à 0,16 ppm de Mo; 94 a 116 ppm de Zn; 0,09 à 0,26 ppm Co; 302 a 1.582 ppm de Al; e, 351 à 424 ppm de Na. O teor de água variou de 95,8 a 97,4 %. A extração de N e Ca, por tonelada produzida de alface, segundo os autores, é de, respectivamente de 2,51kg e 0,82kg. Daí se conclui que a alface, para produção de 50 ton/ha extrai cerca de 125kg/ha de N e 41kg/ha de Ca, aproximadamente.

Os teores de nutrientes em duas cultivares de alface de folhas lisas adubadas com composto orgânico foram estudados por Ricci et al. (1995). Os compostos - tradicional e vermicomposto - foram aplicados na dose única de 10 t/ha de peso seco a lanço na cova ou na linha de plantio, comparando-se com uma testemunha absoluta (sem adubação) e uma testemunha química - 80 kg de N, 120 kg de P₂O₅, e 60 kg de K₂O por hectare. As cultivares diferiram quanto aos teores de praticamente todos os nutrientes analisados, exceto Ca e S. A cv. Vitória Verde Clara apresentou maiores teores de K, Mg, e Na, enquanto a cv. Brasil 48 apresentou mais N orgânico, N nítrico, e P. O composto orgânico e a forma de aplicação, não influenciaram o teor de macronutrientes da parte aérea, a exceção do potássio que aumentou na presença do composto tradicional. O teor de N-orgânico e nítrico da parte aérea das plantas foi menor nas parcelas adubadas com composto orgânico e na testemunha absoluta, em relação a testemunha química, principalmente, na cv. Vitória Verde Clara. Com relação aos micronutrientes não se observou diferença entre os tratamentos, entretanto, a cv. Vitória Verde Clara apresentou maior teor de Mn e a cv. Brasil 48, maior teor de

Zn e Cu. Os teores de nutrientes encontrados neste trabalho foram de: 3,71 a 4,79% de N-ORG; 2,02 a 5,54% de N-NO₃; 0,60 a 0,95% de P; 6,54 a 9,10% de K; 0,94 a 1,07% de Ca; 0,30 a 0,39% de Mg; 0,28 a 0,32% de S; 0,04 a 0,10 ppm de Na; 60,00 a 69,20 ppm de Zn; 7,33 a 12,04 ppm de Cu; 60,45 a 118,49 ppm de Mn.

Nakagawa et al. (1992) estudaram o efeito de 15 compostos orgânicos sobre o peso e os teores de nutrientes das folhas e concluíram que a mistura de bagaço de cana e esterco de porco resultou em composto orgânico que produziu maior massa de caule e folhas verdes. Com relação aos teores de macronutrientes nas folhas, apenas o P e Ca foram afetados pela ação dos compostos orgânicos de forma interativa sendo que os maiores teores de P ocorreram no composto serragem de madeira com capim Napier ou esterco de porco e para o Ca ocorreu na serragem de madeira com esterco de galinha ou uréia. Outros nutrientes analisados (N, K, Mg e S) não foram influenciados significativamente pelos compostos. Para os micronutrientes, os teores de Zn, Fe e Cu não variaram significativamente entre os tratamentos, ao contrário do B e Mn que foram afetados pelo composto orgânico utilizado, apresentando teor mais elevado de B nos compostos aos quais se adicionou o capim Napier.

Marshner (1986) postula que o nitrato é acumulado nos vacúolos de células radiculares ou transportado ao caule das folhas até a um ponto em que passa a atuar um mecanismo de retroalimentação negativa, que controla a taxa de absorção. Para o autor, esse controle pode ser exercido pelo nitrogênio reduzido ou pela própria forma nítrica.

Rodrigues (1990), estudando o efeito da adubação orgânica e mineral sobre a acumulação de nitrato em folhas frescas de alface, observou aumento acentuado na concentração de nitrato em função de níveis crescentes de adubo mineral - até 108 kg/ha. Tal efeito decorre da facilidade com que as plantas

absorvem o nitrogênio fornecido na forma inorgânica, haja vista a existência da relação direta entre o fornecimento de N e a acumulação de nitrato nas plantas.

Segundo Gysi et al. (1986), a acumulação de nitrato em plantas está ligada diretamente a menores intensidades luminosas.

Shear (1975) mostrou que o nitrogênio é o nutriente que mais interfere no crescimento vegetativo, sendo este, sem dúvida, o principal responsável pelas desordens ligadas à nutrição cálcica. Segundo Geraldson (1957), em hortaliças folhosas o estímulo ao crescimento dado pelo nitrogênio cria uma demanda por cálcio que não pode ser suprida pelo cálcio da solução do solo. Existem também, de acordo com Hansen, (1973), citado por Shear (1975), evidências de que o nitrogênio reduz o crescimento radicular ao mesmo tempo em que acelera o desenvolvimento da parte aérea. Tal característica pode restringir a absorção de cálcio, uma vez que a atividade está confinado à ponta das raízes (Harrison-Murray e Clarckson, 1973), dependendo também de raízes jovens e não suberizadas (Scaife e Clarckson, 1978).

De maneira geral, os teores destes micronutrientes no solo estão em quantidade suficientes para a cultura. Segundo Malavolta (1980), eles são encontrados em ordem decrescente no solo, com os seguintes teores: Fe: 10000 a 100000 ppm, Mn: 20 a 3000 ppm, Cu: 10 a 80 ppm, Zn: 10 a 300 ppm, Mo: 0,2 a 10 ppm, B: 7 a 80 ppm.

A exigência da alface, assim como das culturas estudadas, em geral obedece a mesma ordem encontrada para os teores destes elementos no solo. Na alface, estes valores estão estimados em 40 g/ha de cobre, 80 g/ha de ferro, 107 g/ha de manganês e 86 g/ha de zinco, segundo Malavolta (1980).

O boro é absorvido como H_3BO_3 e $H_2BO_2^-$. No solo, a absorção radicular independe de temperatura e parece ocorrer pelo processo passivo. A absorção pelas folhas é influenciada pela concentração de cálcio na solução sendo

que o excesso é extremamente prejudicial e tóxico à planta.

O cobre no solo aparece intensamente na forma cúprica Cu_2^+ como também é absorvido e está em maior proporção, adsorvido aos minerais de argila, aos hidróxido de ferro e à matéria orgânica. O excesso de nitrogênio, fósforo e zinco na adubação pode ser a causa de sua carência, assim como altas concentrações de fósforo, molibdênio e zinco prejudicam a sua absorção pela planta. O manganês, como visto anteriormente, é o mais abundante no solo. É ativamente absorvido pela planta como Mn^{2+} que é prejudicada por altas concentrações de potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e sódio.

Aceita-se que a absorção radicular do zinco se dê ativamente, sendo inibido pelo cobre e pelo ferro, enquanto o magnésio tem efeito inibidor maior que o cálcio sendo clássica na literatura a deficiência de zinco induzida pelo fósforo em altos níveis, tanto do meio quanto em solução (Malavolta, 1980).

Segundo Ririe e Mayberry (1978), não é recomendada aplicação de micronutrientes em alface em razão da pequena resposta quanto a incremento na produção. Contudo, de acordo com Gupta et al. (1978), sementes de alface tratadas com molibdênio aumentaram significativamente a produção. Além do critério de essencialidade, de acordo com Epstein (1975), os micronutrientes em geral auxiliam a formação de resinas e vitaminas, servindo também como antídoto para as substâncias tóxicas que se encontram no solo.

A deficiência de boro em alface (Adans et al., 1979) é caracterizada pelo encrespamento e crestamento das margens das folhas com morte do broto terminal, causando conseqüentemente, prejuízos sérios na produção e produtividade.

O cobre, para alface americana, ganha significativa importância uma vez que a sua deficiência se manifesta com a má formação das cabeça (Adans et al., 1979). Por outro lado, em areia, 21 ppm de cobre é considerada a taxa

mínima para causar toxidez que interfere significativamente na redução da produção. Segundo Adans et al.(1979), Davis e Beckectt (1978) e MacLean e Dekker (1978), o cobre pode ser até duas vezes mais tóxico que o zinco.

A deficiência do manganês se manifesta nas folhas, dando-lhes uma coloração verde-pálida, cloróticas e posteriormente necróticas, depreciando o produto.

A adubação química, através dos nutrientes contidos nas diversas fórmulas comerciais, assim como os adubos orgânicos, têm importante papel na disponibilidade e na absorção de micronutrientes pela planta de alface. O efeito benéfico do fertilizante é conhecido e a alface é mais responsiva ao adubo químico do que a adubação orgânica. Contudo, os melhores resultados foram obtidos quando foram utilizados simultaneamente o adubo químico e o orgânico (Kieg, 1978; Kropiz e Russel, 1978; Peschke, 1975; Shinohara et al., 1978; Will, 1979 e Will, 1980). Assim, uso intenso de adubação química aliado ao uso constante e repetitivo de áreas para produção de alface pode causar um desequilíbrio de nutrientes no solo com conseqüentes reflexos na absorção e distribuição de micronutrientes nas plantas

2.5 Deficiência de cálcio

Na cultura da alface, uma das desordens fisiológicas é causada, dentre outros fatores, por deficiência de cálcio e é denominada de tipburn. O sintoma se caracteriza por escurecimento (marrons) das folhas jovens que rapidamente se tornam necróticas, restringindo logicamente seu crescimento. Em condições de campo, o dano acontece quando a cabeça é formada, mais perto da maturidade, entretanto, em condições de estufas ou câmaras de crescimento, o tipburn pode desenvolver-se em plantas jovens, quando as folhas começam a dobrar,

anteriormente à formação da cabeça. Antes que o colapso marginal seja visto, há descoloração nas nervuras maiores das margens das folhas. Este escurecimento é resultado da ruptura e esparramamento do látex no tecido circunvizinho. A razão direta do colapso do tecido em células com baixas concentrações de cálcio não é compreendida, mas vários fatores conduzem à conclusão que a integridade de membrana é a fase inicial provável para desenvolvimento do dano, resultando, mais tarde, na debilidade da estrutura da parede celular Collier (1982).

Um dos primeiros trabalhos sobre a influência do cálcio no desenvolvimento do tipburn em alface foi publicado por Thibodeau e Minotti (1969). Aplicações foliares de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ou CaCl_2 controlaram completamente este distúrbio na variedade de alface Meikonigen, quando direcionados a folhas imaturas susceptíveis. Análises de plantas tratadas e não tratadas mostraram que aumentaram o conteúdo de cálcio em folhas susceptíveis e revelou um aumento no conteúdo de cálcio em cinco vezes. Pulverização com sais de ácidos orgânicos, particularmente oxalatos, aceleraram o desenvolvimento de tipburn severamente.

Barta e Tibbitts (1991), determinaram a concentração de cálcio no tecido de folhas de alface 'Green Lakes' com e sem danos de tipburn. A concentração entre a 5ª e 14ª folhas, contadas desde os cotilédones, de plantas crescidas em ambiente controlado, foi comparada com as de plantas crescidas em condições de campo, e somente a 14ª folha de plantas crescidas em ambiente controlado desenvolveu tipburn. Áreas injuriadas dessas folhas apresentaram concentração de cálcio tão baixo como 0,2 a 0,3 mg/g de matéria seca e folhas com áreas sem injúrias, apresentaram 0,4 a 0,5 mg/g de matéria seca. A concentração de cálcio na 14ª folha de plantas crescidas no campo, sem injúrias foi de 1,0 mg/g de peso da matéria seca enquanto que a concentração de cálcio na 5ª folha, em ambos os ambientes sem injúrias, apresentou média de 1,6 mg/g de peso da matéria seca. Em contraste, a concentração de magnésio era mais elevada em folhas feridas que

em folhas sadias e, assim, foi correlacionada, negativamente, com concentrações de cálcio. As concentrações de magnésio encontradas foram de 4,7 e 3,4 mg/g de peso da matéria seca, respectivamente para folhas com e sem sintomas de tipburn, em ambos os ambientes. As concentrações de potássio estavam mais altas no ápice da folha e reduziram para a base e do centro para as margens. A concentração média de potássio encontrada foi de 51 mg/g de peso da matéria seca em folhas com e sem injúrias, em ambos os ambientes. Este estudo documentou que a concentração de cálcio era mais baixa em áreas em desenvolvimento, nas folhas internas, que exibiam sintomas de tipburn. Também eram mais baixos em ambientes controlados e em plantas que exibiam sintomas, em relação a plantas produzidas no campo aberto. Os níveis reduzidos de cálcio em plantas crescidas em ambientes controlados eram associados com taxas de desenvolvimento mais rápidas comparadas com plantas crescidas no campo.

Brumm & Schenk, 1993 estudaram a influência do suprimento de nitrogênio na incidência de “tipburn” em alface. O nitrato de cálcio foi aplicado nas taxas de 20 a 400 kg de N por ha, na cv. Capitan e o tipburn aumentou com o suprimento de N, em todos os experimentos. Este efeito direto do N sobre a injúria não foi acompanhado por baixa concentração de cálcio nas folhas novas ou por mudanças na morfologia da cabeça, mas por uma diminuição na relação raiz/parte aérea. Na verdade, houve um aumento no tamanho da cabeça sem o devido aumento proporcional da raiz. O experimento mostrou que o suprimento supra ótimo de N não somente aumenta o risco de tipburn mas também o resíduo de N no solo por ocasião da colheita, portanto aumentando o risco de lixiviação de nitrato. Os autores concluem que, em termos práticos, o risco de deficiência de cálcio pode ser diminuído, restringindo o suprimento de N a um nível ótimo. Isto melhora a qualidade do produto como também diminui o risco de lixiviação de NO_3 .

O conteúdo médio de cálcio na crosta terrestre é de 3,64%, sendo inferior apenas ao oxigênio (46,26%) e ao ferro (5,06%) (Mengel e Kikby, 1979). O cálcio foi relacionado como elemento essencial ao desenvolvimento das plantas por Justus Von Liebig, na metade do século passado (Millaway e Wilersholm, 1979). De acordo com Bangerth (1973), existem quatro funções biológicas do cálcio que podem estar associadas ao desenvolvimento das desordens fisiológicas causadas por sua deficiência: atuação nas membranas e paredes celulares, efeitos sobre enzimas e interações com fitormônios. Os sintomas de deficiência de cálcio ocorrem tanto em plantas crescendo em solo com disponibilidade aparente elevada, bem como onde o seu conteúdo é baixo. Assim, por estarem relacionados com a absorção, a translocação e o acúmulo de cálcio nas plantas, os seguintes fatores são apontados como indutores da podridão apical: umidade do solo (Gerard e Hinijosa, 1973; Pill e Lambeth, 1980; Pill et al., 1978) e disponibilidade elevada de nitrogênio, potássio e magnésio (Lyon et al., 1942; Harterlein e Lambeth, 1975; Besford 1978; Silva, Alvarenga e Carvalho, 1997).

Há inúmeras maneiras pelas quais a variação na umidade do solo pode afetar o suprimento de cálcio às plantas. Tanto sua concentração quanto sua mobilidade estão envolvidas. Aumentando-se o teor de umidade, há uma diminuição na concentração de íons na solução do solo sendo a de cálcio mais reduzida que as dos íons monovalentes, como resultado do fenômeno da troca catiônica. Todavia, a quantidade total de cálcio dissolvido e a sua mobilidade são aumentadas. O contrário acontece à medida que a umidade do solo é reduzida. De acordo com Geraldson (1957) a elevada concentração salina é responsável pela menor absorção de cálcio.

As folhas das plantas dicotiledôneas geralmente contêm de 0,50 a 5,50% de cálcio na matéria seca. Apesar disso, ainda ocorrem sérias perdas econômicas devido às desordens fisiológicas resultantes de níveis baixos de cálcio em frutos,

raízes, tubérculos e em folhas de alface (Carvalho & Chalfoun, 1991).

O efeito do desequilíbrio de nutrientes - N, Ca, Mg, sobre a ocorrência de tipburn foi estudado por Ashkar & Ries (1971). Uma cv. de alface suscetível, Great Lakes 659, foi cultivada em vários níveis de NO_3 , Ca, Mg e intensidades luminosa, em casas de vegetação e câmaras de crescimento. As folhas de alface que exibiram os sintomas de tipburn apresentavam baixos níveis de Ca, Mg, Mn e B, quando comparadas com plantas normais, em particular o conteúdo de Ca. O conteúdo de N, particularmente, aminoácidos livres, era mais alto em plantas com sintomas da doença. Como era de se esperar, o aumento do suprimento de Ca na solução nutritiva aumentou o teor de Ca nas folhas. Plantas desenvolvidas em condições de alta intensidade luminosa desenvolveram tipburn uma semana mais cedo que plantas crescidas com baixa intensidade luminosa. As primeiras plantas que manifestaram tipburn receberam alto N, 10mM de Mg e nenhum Ca.

Alto nível de Ca na solução nutritiva, comparado com baixo nível, resulta em menor acumulação de N total e aminoácidos livres. Deste modo o tipburn pode diminuir com aplicações de Ca, inclusive aplicações foliares conforme foi demonstrado por Thibodeau & Minotti (1969). Diante disso, Ashkar & Ries (1971) sugerem que tipburn em alface acontece em condições de disponibilidade limitada de Ca, alto nível de N, temperatura e intensidade luminosa alta que favorecem a transpiração e resultam em uma absorção rápida de N.

Yanagi & Bullock (1983) avaliaram a incidência de tipburn em alface "Crisphead" no Hawaii, monitorando mensalmente, de dezembro de 1979 a setembro de 1980, a temperatura ambiente máxima e mínima e o nível de nutrientes. O nível variou de 0% em março a 90% em agosto (verão), o que demonstra uma correlação alta entre a incidência de tipburn e a temperatura máxima elevada. Este fator tem sido considerado como o mais importante para promover a iniciação do desenvolvimento do tipburn, até porque a temperatura

dentro da cabeça, pode ser 6°C mais alta que a temperatura ambiente. A incidência de tipburn aumentou em maio quando a temperatura mínima estava acima de 12,8°C e a temperatura máxima atingiu a 29,4°C. A temperatura alta fez aumentar a taxa de crescimento da planta de forma que a absorção de nutrientes não acompanhasse a exigência do tecido e assim aparécasse o sintoma de deficiência. Havia uma correlação negativa entre a incidência de tipburn e o nível de cálcio, magnésio e boro no interior das cabeças de alface. Durante os meses de inverno, os níveis encontrados foram de 0,50 a 0,59% de cálcio, 0,21 a 0,23% de magnésio e 18 a 27ppm de boro. Estes níveis são inferiores se comparados a outros trabalhos. Entretanto, a incidência de tipburn nos meses de inverno foi próxima de 0% aumentando até atingir 90% com a elevação das temperaturas. Os níveis considerados normais de nutrientes, segundo estes autores, são 0,91 a 2,15% de cálcio, 0,32 a 0,90% de magnésio e 25 a 40 ppm de boro mas no verão, os autores encontraram 0,34% de cálcio, 0,16% de magnésio e 10 ppm de boro nas folhas internas.

Misaghi & Grogan (1978) estudaram o efeito da temperatura no desenvolvimento do tipburn em alface. Os sintomas de desenvolvimento do distúrbio ocorreram nas margens das folhas centrais (no miolo) de cabeças de alface maduras, desenvolvidas no campo e expostas às temperaturas de 24 à 33°C, por quatro dias. Sintomas moderados, embora inconsistentes, ocorreram nas folhas medianas, mas nenhum deles atingiu de três a cinco folhas externas. Nenhum sintoma se desenvolveu em cabeças produzidas em temperaturas abaixo a 24 °C, mesmo depois de 10 dias de exposição. Os autores observaram ainda que a severidade da doença aumentava em condições de maior fotoperíodo e com relação à umidade relativa, houve ligeiro aumento, embora não significativo, quando a alface foi produzida em alta UR. O efeito da umidade relativa pode ser cumulativo, concluem os autores. Observaram ainda que a temperatura dentro

das cabeças, no campo, é freqüentemente 6°C mais alta que a temperatura ambiental, na maioria das horas do dia. Daí a razão porque o tipburn ocorreu mesmo quando a temperatura ambiente não excedeu a 24°C.

Collier & Tibbitts (1984) estudaram o efeito da temperatura da raiz e da umidade relativa na concentração de Ca e desenvolvimento de tipburn em alface. Os tratamentos de UR eram 51, 62 e 74% durante o dia e 65, 72, 90 e 95% durante a noite. As temperaturas eram 10,5°C e 23,5°C. O crescimento da planta foi maior na condição de temperatura de raiz mais alta.

Temperatura alta de raiz, combinada com umidade saturada durante o período escuro, aumenta o fluxo de pressão de raiz e assim aumentariam as concentrações de Ca nas folhas jovens. A concentração de Ca nas folhas internas foi menor que 1,4 mg de Ca por grama de peso da matéria seca em todos os tratamentos. O pequeno aumento observado em condições de temperatura mais alta de raiz não foi suficiente para reduzir o dano de tipburn. Outros trabalhos mostram tecidos feridos com este dano, com níveis de 3mg de Ca por grama de peso seco.

2.6 Crescimento da alface

Segundo Garcia et al. (1982), o acúmulo de matéria fresca pelas plantas de alface é lento no início do ciclo, com grande incremento a partir de 50 dias após o plantio, não atingindo o ponto máximo até a colheita. Do mesmo modo, os mesmos autores observaram que 58% em média da matéria seca em alface, acumulou-se nos últimos 20 dias antes da colheita, atingindo 12,7 gramas de matéria seca por planta, na cultivar Brasil 48. Segundo Zink e Yamaguchi (1962), mais de 50% da matéria fresca total da alface é produzida na semana anterior à colheita, coincidindo com Rodrigues (1990) que observou significativo

incremento na área foliar aos dezoito dias anteriores à colheita. De acordo com Zambon (1982), a alface aumenta de peso até os 40 dias quando então o ganho de peso é acentuado até a colheita.

Zink e Yamaguchi (1962) e também Haag et al. (1971) encontraram que as curvas de absorção de nutrientes pela alface são semelhantes à curva de acúmulo de matéria fresca. De acordo com Davis (1980), o nitrogênio é um constituinte de aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas e portanto, interfere na síntese protéica, refletindo, conseqüentemente, no crescimento da planta. A alface é extremamente responsiva à aplicação de nitrogênio, sendo, segundo Branco e Couto (1962), o nutriente que promove maior aumento na produtividade e no peso médio da cabeça.

Vidigal et al. (1995) avaliaram o efeito residual de doses de composto orgânico no terceiro cultivo sucessivo de alface, na produtividade e teores foliares de nutrientes na planta, testando doses de 0 a 36,95 t/ha de matéria seca de composto orgânico. Os autores verificaram aumentos lineares dos pesos médios da matéria fresca, da matéria seca e do diâmetro da cabeça. Quanto ao número de folhas por planta, não houve diferença entre os tratamentos. Os teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio aumentaram e o de cálcio diminuiu com a elevação das doses aplicadas; para o magnésio não houve diferença entre os tratamentos. Pelos percentuais de macronutrientes na matéria seca, conclui-se que as plantas estavam bem nutridas de fósforo, potássio e cálcio e que o efeito residual das doses aplicadas não foram suficientes para o suprimento adequado de nitrogênio e magnésio, embora o crescimento das plantas tenha sido satisfatório. Geralmente, elevada produtividade de alface tem sido obtida com doses no solo de 80 à 160 kg/ha de N, 100 a 200 kg/ha de P_2O_5 e 75 a 150 kg/ha de K_2O (Nicoulaud et al., 1990). Fontes (1999) preconiza para a produtividade de 21 t/ha, dependendo da fertilidade do solo, de 50 a 400 kg/ha de P_2O_5 , 0 a 120 kg/ha de K_2O e 120 kg/ha

de N. Gomes, Silva & Faquin (1999), para a produtividade de 56 t/ha, sob cultivo protegido preconizam 60 a 420 t/ha de P₂O₅, 80 a 140 kg/ha de K₂O e 160 kg/ha de N.

3 Referências bibliográficas

ADANS, P.; GRAVES, C.J.; WINDSOR, G.W. Effects of copper deficiency and liming on the yield, quality and copper status of tomatoes, lettuce, and cucumber grown in peat, *Scientia Horticultural*, v.9 n.3, p.199-205, 1978.

ALVES, D.R.B.A. Efeito de adubação nitrogenada via fertirrigação e a aplicação na forma convencional na produção de alface (*Lactuca sativa L.*) em estufa. Botucatu:UNESP, 1995. (Tese-Mestrado)

ASHKAR,S.A.; RIES, S.K.Lettuce tipburn as related to nutrient imbalance and nitrogen composition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.96, p.448-452, 1971.

BANGERTH, F. Investigations upon Ca related physiological disorders. *Phytopath. Z.*, 77: 20-37, 1973.

BARTA, D.J. & TIBBITTS, T.W. Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: comparison of controlled environment and field-grown plants. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* N.116, V.5, p. 870-875, 1991.

BARROS, I.B.I. Efeito da adubação nitrogenada, foliar e no solo, e da adubação foliar de molibdênio em alface (*Lactuca sativa L.*). Viçosa, MG, UFV, Impr.Univ., 1979.43 p. (Tese de M.S.)

BESFORD, R.T. Effect of potassium nutrition of three tomato varieties on incidence of blossom-end rot. *Pant and Soil*, 50: 179-191, 1978.

BOARETO, A.E. & ROSOLEM,C.A. Coord. Adubação Foliar. Campinas, Fundação Cargill, 1989. V.1/2. 669 p.

BRANCO, A.A.; COUTO, F.A.A. Observações sobre o efeito do azoto, fósforo e potássio na adubação da alface. *Olericultura*, v.2, p.88-96, 1962.

- BRUMM, I. & SCHENK, M. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. *Acta horticulturae*, n.339, p.125-136, 1993.
- BUENO, C.R. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a cultura da alface tipo americana em ambiente protegido. Lavras:UFLA,1998. 54 p. (Tese-Mestrado).
- BUKOVAC, M. & WITTEWER, S.H. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant Physiol.*, n.32, p.428-435, 1957.
- CARVALHO, V.D.de & CHALFOUN, S.M. A importância do cálcio na agricultura. *Informe Agropecuário*, v.15, N.170, p.17-28, 1991.
- CASALI, V.W.D., SILVA, R.F. de; RODRIGUES, J.J.V., SILVA, J.F. da, Campos, J.P. de Anotações de aula teórica sobre produção de alface. Viçosa: UFV., 21p. 1979 (mimeografado).
- COLLIER, G.F. Tipburn of lettuce. *Horticultural Reviews*. v. 4, p.49-65, 1982.
- COLLIER, G.F.; TIBBITTS, T.W. Effects of relative humidity and root temperature on calcium concentration and tipburn development in lettuce. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, v.109, n.2, p.128-131, 1984.
- DAVIS, R.D. Uptake of copper, nickel and zinc by crops growing in contaminated soils. *Journal of the Sci. of Food and Agric.*, v.30, n.10, p.937-947, 1980.
- DAVIS, R.D.; BECKETT, P.H.T; Upper critical levels of toxic elements in plants. II. Critical levels of copper in young barley, wheat, rape lettuce and ryegrass. *New Phytologist*, v. 80, n.1, p. 23-32, 1978.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral das plantas*. Ed. da USP, São Paulo, 1975, 341p.
- FAQUIN, V. *Nutrição mineral de plantas*. ESAL-FAEPE. Lavras-MG, 277p. 1994
- FONTES, P.C.R. Adubação de Hortaliças: Alface In: *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Minas Gerais*. 5ª Aproximação, 1999(no prelo).

- FURLANI, A.M.C.; FURLANI,P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE,R. ; GALLO,J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, v.37, n.5, p.33-44, 1978.
- GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; MINAMI, K.; DECHEN, A.R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.)cv. Brasil 48 e Clauseess Aurélia. *ANAIS da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiros"*, v. XXXIX, p. 455-484, 1982.
- GERALDSON, C.M. Factors affeting calcium nutrition of celery, tomato and pepper. *Proc. Soil Sci. Amer.*, 21: 621-625, 1957b.
- GERARD, C.J. e HINOJOSA, E. Cell wall properties of cotton roots as influenced by calcium and salinity. *Agron. J.*, 65: 556 -560, 1973.
- GOMES, L.A.A.; SILVA, E.C.da; FAQUIN, V. Recomendações de adubação em ambientes protegidos In: *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Minas Gerais. 5ª Aproximação, 1999(no prelo).*
- GUPTA, W.C.; CHIPMAN, E.W.; MACKAY, D.C. Effects of molybdenum and lime on the yield and molybdenum concentration of crops grown on acid sphagnum peat soil. *Canadian Journal of Plant Science*, v.58, n.4, p.983-993, 1978.
- GYSI, C.; RYSER, J.P.; LUTHI, J. Interpretation of nitrate analysis on commercially grown lettuce in Switzerland. *Schweiz. Land. Forsch.*, v.24, N. 3 e 4, p. 203-214, 1986. In: *Hort. Abstr.*, V. 56, N. 5, p. 3318, 1986.
- HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; FERNANDES, P.P. Nutrição mineral de hortaliças. XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface. *O Solo*, n.2, p.7-10, 1971.
- HARRISON-MURRAY, R.S.; CLARCKSON, D.T. Relationships between structural development and the absortion of ions by the root system of *Curcubita pepo*. *Planta*, v.114, p. 1-16, 1973.
- HATERLEIN, A.J. e LAMBETH, V.N. Effect of controlled release fertilizers on blossom-end rot incidence in *Lycopersicon esculentum* cv. Patio. *HortScience*, 10: 17-18, 1975.

- KALIL, A.J.B.** Comparação entre a adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produtividade de alface (*Lactuca sativa L.*). Viçosa:UFV, 1992. 60p. (Dissertação-Mestrado em Engenharia Agrícola).
- KOEFENDER, V.N.** Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução. Piracicaba, 1996. 85p. (Dissertação de mestrado em fitotecnia)
- KRIEG, K.H.** Suppey of slow release fertilizers to vegetables under plastic gemuse. In: **Hort Abstr**, v.48, n.11:9771, 1978.
- KROPIZ, A.; RUSSEL, S.** The effect of fertilizing light clayey and with dano compost on soil microflora and yield and chemical composition of lettuce and spinach. In: **Hort. Abstr.**, v.49, n. 4:2534, 1978.
- LYON, C.B.; BEESON, K.C.; BARRENTINE, M.** Macroelement nutrition of the tomato plant as correlated with fruit-fulness and occurence of blossom-end rot. **Bot. Gaz.**, 103: 651-657, 1942.
- MACLEAN, A.J.; DEKKER, A.J.** Availability of zinc, copper and nickel to plants grown in sewage treated soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.58, n.3, p.381-389, 1978.
- MALAVOLTA, E.** Elementos de nutrição mineral de plantas. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 1980, 253p.
- MARSCHNER, H.** Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press Inc., 1986. 674p.
- MENGEL, K. e KIRKBY, E.A.** Principles of plant nutrition. Berna International Potash Institute. 2. ed., 1979, 593p.
- MILLAWAI, R.M. e WILERSHOLM, L.** Calcium and metabolic disorders. **Comun. Soil Sci. Plant Anal.**, 10: 1-128, 1979.
- MISAGHI, I.J.; GROGAN, R.G.** Effect of temperature on tipburn development in head lettuce. **Phytopathology**, v.68, p.1738-1743, 1978.

- MULLIKAN, C.R. & HANGER, B.C. Movement of foliar applied Ca^{45} in Brusselssprouts. *Aust. J. Biol. Sci.*, n.22, p.545-558, 1969.
- NAKAGAWA, J.; PROCHNOW, L.I.; BULL, L.T.; VILLAS BOAS, R.L. Efeitos de compostos orgânicos na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*). *Cientifica*, São Paulo, v.20, n.1, p.173-180, 1992.
- NICOULAUD, B.A.L.; MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alface em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo "areia quartzosa hidromórfica". *Horticultura Brasileira*, n. 8, p. 6-9, 1990.
- PESCHKE, H. Investigation on the combined application of bitumem emulsion and nitrogen fertilizers or liquid mulches. II Effect on crops yield and nitrogen uptake by plants. *Archiv für gortenbau*, v.24, n. 3, p. 199-207, 1976.
- PILL, W.G. e LAMBETH, V.N. Effects of water regime and nitrogen form on blossom-end-rot, yield water relations. *J. Amer. Soc. Sci.*, 105: 730-734, 1980.
- PILL, W.G.; LAMBETH, V.N.; HUNCKLEY, T.M. Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress and blossom-end rot incidence in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103: 265-268, 1978.
- POMPA, P.G. La tecnica y la tecnologia del riego por aspersion. Madrid Ministério de Agricultura, 1974. p.214-221.
- RAPOSO, J.R. A rega por aspersão. Lisboa, Livraria Clássica, 1979. 339p.
- RICCI, M.S.F. ; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; RUIZ, H.A. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.30, n.8, p.1035-1039, ago.1995.
- RIRIE, D.; MAYBERRY, K.S. Save money apply trace elements only as needed. *Calif. Agric.*, v.32, n.9 p.1415, 1978.
- RODRIGUES, E.T. Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa L.*). Viçosa, UFV, 1990. 60p. (Tese-Mestrado).

- ROSOLEM, C.A. & BOARETTO, A.E. (Edit). **Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Adubação Foliar**. Botucatu: FEPAF/UNESP. 1987. 575p.
- RYDER, E.J. Lettuce breeding. In: **Breeding Vegetables Crops**. Westport, Connecticut :The AVI Publishing Company, p. 433- 474, 1986.
- RYDER, J.E., WHITAKER, T.N. Lettuce In: **Evolution of crop plants**. New York: Longman Group Limited, p.39-41, 1976.
- SHANI, M. **La fertilization combinada con el rego**. Israel, Ministério de Agricultura, 1981. 36p.
- SCAIFE, M.A. CLARCKSON, D.T.; Calcium related disorders in plants-a possible explanation of the effect of weather. **Plant and Soil**, v.50, p.723-725, 1978.
- SHEAR, C.B.; Calcium related disorders of fruits and vegetables. **Hort Science**, v.10, n.4, p. 361-365, 1975.
- SILVA, E.C. da; ALVARENGA, M.A.R. CARVALHO, J.G. de. Produção e podridão apical do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) podado e adensado sob influência da adubação nitrogenada e potássica. **Ciênc. e Agrotec.**, v.21, n.3 p.324-333. 1997.
- SHINOHARA, Y.; TANAKA, K.; SUZUKI, Y.; YAMASAKI, K. Growing conditions and the quality of vegetable. I. Effects of nutrition and foliar spray treatment on the ascorbic acid content of leaf vegetables. **Journal of the Japan. Soc. for Hort. Sci.**, v.47, n. 1, p.63-70, 1978.
- THIBODEAU, P.O. & MINOTTI, P.L. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. **J.Amer.Soc.Hort.Sci.**, N.94, V. 4, p.372-376, 1969.
- VIDIGAL, S.M.; RIBEIRO, A.C.; CASALI, V.W.D.; FONTES, L.E.F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I-Ensaio de Campo. **Revista Ceres**, v.42, n.239, p.80-88, 1995.
- WIERSMA, J.L. Sprinkler irrigation system + fertilizer = fertirrigation. **Farmer & Home**, South Dakota Research, v20, n.1, p. 5-8, 1969.

- WILL, H. Use of household refuse as compost in vegetable production. In: **Hort. abstr.**, v.49, n.5, p.3344, 1979.
- WILL, H. Mowring in intensive vegetable growing . In: **Hort. Abstr.**, v.50, n.3, p.3249, 1980
- YANAGI, A.A.; BULLOCK, R.M.; CHO, J.J. Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii. **J.Amer.Soc.Hort.Sci.**, n. 108, v.2, p.234-237, 1983.
- ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MULLER, J.J.V.; CASALI, V.W.D. ed. **SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA**, 2.edição; Viçosa, MG, 1982. p.77-106.
- ZINK, F.W.; YAMAGUCHI, M. Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce. **Hildegardia**, v.32, p. 471-500, 1962.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO EM ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.) SOB DOSES DE N APLICADAS NO SOLO E NÍVEIS DE CÁLCIO APLICADOS VIA FOLIAR

Resumo

Este trabalho foi conduzido na área experimental da “REFRICON Mercantil Ltda”, no município de Santo Antônio do Amparo-MG, com o objetivo de avaliar o crescimento e a produção de alface tipo americana, cv. Ryder, em cultivo protegido. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial - três doses de nitrogênio (120, 180 e 240 kg de N/ha), quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5 1,0 e 1,5 % da solução) e sete épocas de avaliação, com quatro repetições. As doses de nitrogênio foram aplicadas via fertirrigação por gotejamento na quantidade de 120kg/ha de N em todas as parcelas sendo que as parcelas correspondentes a 180 e 240 kg/ha de N receberam o complemento via manual. O cálcio foi aplicado via foliar com pulverizador costal de CO₂. Foram feitas avaliações e coletadas amostras de plantas em intervalos de sete dias, iniciando-se aos 14 dias após o transplântio, até aos 56 dias, totalizando sete amostragens. Foram determinadas características de crescimento e produção - peso de matéria fresca e seca da parte aérea, número médio de folhas, teor de matéria seca, produção total e produção comercial. Para peso de matéria fresca e seca, verificaram-se diferenças significativas na interação época X nitrogênio X cálcio. Entretanto, observou-se que todos os tratamentos envolvendo cálcio e nitrogênio proporcionaram desenvolvimento normal das plantas ao longo do ciclo, sendo semelhantes até por volta dos 42 dias, após os quais houve discreta superioridade para alguns tratamentos, no final do ciclo. Observou-se também, que a medida em que aumentaram as concentrações de cálcio na solução, houve redução tanto no peso da matéria fresca quanto no peso da matéria seca. O número de folhas e o teor de matéria seca foram afetados apenas pelas épocas e pelo cálcio, não se observando interação entre as fontes de variação.

2 Abstract

GROWTH OF CRISPHEAD LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) UNDER DIFFERENT LEVELS OF SOIL-APPLIED NITROGEN AND FOLIAR-SPRAYED CALCIUM

A trial was carried out at the Refricon Mercantil Experimental Area, city of Santo Antonio do Amparo, State of Minas Gerais, in order to evaluate growth and yield of the crisphead lettuce cultivar Ryder under protected cultivation. A randomized complete block design scheme with 4 replications was used, in which the treatments were a factorial combination of Nitrogen levels (120, 180 and 240 kg/ha), 4 Calcium levels (0,0, 0,5, 1,0 and 1,5% in solution) and 7 evaluation dates. Nitrogen rate of 120 kg/ha was applied via drip fertirrigation in all plots, and additional rates were applied via soil in the plots corresponding to the 180 kg/ha and 240 kg/ha total rate. Calcium was applied using a CO₂ back-pack sprayer.. Evaluations were done on plants sampled at 7-day intervals, starting 14 days after transplanting (d.a.t) and ending 56 d.a.t., amounting to 7 evaluation dates. The following growth and yield-related traits were evaluated: fresh and dry matter yield, number of leaves, total yield and marketable yield. Significant N x Ca x evaluation date interaction was detected for both fresh and dry matter yield. All NxCa combinations promoted normal plant development, with no differences among them, up to 42 d.a.t., after which period some treatments promoted a slightly superior performance just before harvest. Increasing concentrations of Ca in the solution reduced both fresh and dry matter yield. Number of leaves and dry matter content were affected by evaluation dates and Ca levels only, and no interaction between sources of variation was observed.

3 Introdução

Diversos estudos têm evidenciado os estádios de crescimento da alface, associados às mais diversas situações. Essas situações estão relacionadas aos tipos de solos, às cultivares e aos tratos culturais, incluindo, evidentemente, as diferentes formas de adubação. Entretanto, quando se considera alface do tipo americana, as informações tornam-se escassas, principalmente, quando se associa este tipo de alface à fertilização via foliar e via fertirrigação.

Não obstante às adubações maciças que costumam ser realizadas por ocasião do plantio, além das coberturas e de várias pulverizações com adubos foliares, a alface americana, principalmente, no período de verão, tem apresentado sintomas de deficiência nutricional, provocando grandes perdas nas lavouras. Assim, desordens fisiológicas como deficiência de cálcio são atribuídas a uma série de fatores, dentre os quais o excesso de nitrogênio, que interfere na absorção de cálcio, mesmo que este nutriente esteja disponível no solo, reduzindo, conseqüentemente, a produtividade.

Diversos trabalhos, sob as mais diversas situações, têm mostrado, invariavelmente, uma resposta quadrática à aplicação de nitrogênio, ou seja, a partir de determinada dose do nutriente, há decréscimo na produção. A fertirrigação, pelas inúmeras vantagens que apresenta, assim como a aplicação de cálcio via foliar, pode ampliar a resposta da planta a este nutriente, traduzindo-se em maior produtividade. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do cálcio aplicado via foliar e do nitrogênio aplicado parte via fertirrigação, nos componentes de produção da alface tipo americana.

4 Material e Métodos

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área experimental da “REFRICON Mercantil Ltda”, no município de Santo Antônio do Amparo-MG, situada a 1.020 m de altitude, em solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro. A área experimental foi constituída de quatro estruturas de proteção (estufa), modelo túnel alto, com 3 metros de largura, 1,70 metro de altura e comprimento de 25,2m, sendo o solo coberto com “mulching” de plástico preto. A cobertura da estrutura de proteção foi feita com película de polietileno transparente de baixa densidade aditivada anti UV, de 100 micras de espessura.

O solo apresentava, inicialmente, as características, descritas na Tabela 1 e havia sido ocupado anteriormente com cultura de alface tipo americana, em cultivos sucessivos de produção comercial administrado pela Refricon Mercantil Ltda, sob contrato para atender as redes de “fast food” Mac Donald’s.

'RYDER' é uma cultivar de alface selecionada pela Asgrow. Seu ciclo corresponde a 65 dias a partir da sementeira e 48 a 58 dias a partir do transplantante. Apresenta plantas vigorosas e muito uniformes de média a grandes,

4.2 Características da cultivar

Sigla	Determinações	Unidade	Amostras			
			01	02	03	04
Al	Alumínio	cmol/dm ³	0,0 (B)	0,0 (B)	0,0 (B)	0,0 (B)
Ca	Cálcio	cmol/dm ³	6,1 (A)	6,3 (A)	5,6 (A)	6,3 (A)
Mg	Magnésio	cmol/dm ³	2,4 (A)	2,5 (A)	1,9 (A)	1,4 (A)
K	Potássio	mg/dm ³	231 (A)	225 (A)	209 (A)	204 (A)
P	Fósforo (Mehlich)	mg/dm ³	144 (A)	144 (A)	112 (A)	128 (A)
pH	Em água (1:2,5) ¹		6,4 (AF)	6,8 (AF)	6,7 (AF)	6,9 (AF)
H + Al	Ac. Potencial	cmol/dm ³	1,7 (B)	1,5 (B)	2,1 (B)	1,7 (B)
S.B.	Soma Bases	cmol/dm ³	9,1 (A)	9,4 (A)	8,0 (A)	8,2 (A)
t	CTC efetiva	cmol/dm ³	9,1 (A)	9,4 (A)	8,0 (A)	8,2 (A)
T	CTC a pH 7,0	cmol/dm ³	10,8 (A)	10,9 (A)	10,1 (A)	9,9 (M)
m	Sat Al	%	0,0 (B)	0,0 (B)	0,0 (B)	0,0 (B)
V	Sat Bases	%	84,3 (A)	86,2 (A)	79,2 (A)	82,8 (A)
S-SO ₄	Enxofre	mg/dm ³	67,50	62,20	57,30	57,70
B	Boro	mg/dm ³	1,30	1,64	1,30	1,35
Zn	Zinco	mg/dm ³	2,3	16,3	13,4	15,3
C	Carbono	dag/kg ¹	1,82	1,82	1,82	1,74
M.O.	Materia orgânica	dag/kg ¹	3,14 (A)	3,14 (A)	3,14 (A)	3,00 (M)
Ca/T	%	%	56,5	57,8	55,4	63,6
Mg/T	%	%	22,2	22,9	18,8	14,1
K/T	%	%	5,5	5,3	5,3	5,3
Ca/Mg			2,5	2,5	2,9	4,5
Ca/K			10,3	10,9	10,4	12,0
Mg/K			4,1	4,3	3,5	2,7
Argila	dag/kg		45,0	45,0	46,0	46,0
Areia	dag/kg		33,0	30,0	31,0	33,0
Silte	dag/kg		22,0	25,0	23,0	21,0

¹EMBRAPA (1979), ²Tedesco et al (1985), ³DPTA; Jackson (1970) Análises realizadas no DCS/UFLA

A = Alto, B = Baixo, M = Médio, AF = Acidez Fraca

TABELA 1 Análise química do solo, na camada de 0 a 20 cm, da área experimental, Santo Antônio do Amparo-MG, 1998¹

as folhas são mais duras e de coloração verde clara, produz cabeça de tamanho médio a grande com boa compactidade e miolo pequeno, com crescimento lento, o que proporciona boa tolerância ao pendoamento.

4.3 Produção de mudas, semeio e transplantio

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, utilizando-se uma mistura de substrato organo-mineral adicionado de 30% de casca de arroz carbonizada e adubadas com 500g de superfosfato simples por 20 litros da mistura.

Dez dias antes do transplantio das mudas, as parcelas receberam uma adubação de plantio com 350kg/ha de P_2O_5 e 86kg/ha de K_2O , utilizando o adubo formulado Fosmag 510, com base nas recomendações da Comissão (1989). O adubo foi espalhado em todo o canteiro com posterior revolvimento da área para incorporação.

O semeio foi efetuado a 08/04/98 colocando-se uma semente por célula à profundidade de um centímetro, e cobertas com o próprio substrato. O transplante das mudas para a área experimental foi realizado quando as mudas atingiram quatro folhas definitivas, o que ocorreu a 06/05/98.

Iniciou-se a aplicação dos tratamentos, tanto via solo quanto via foliar, uma semana após o transplantio das mudas. O nitrogênio foi fornecido na forma de uréia e nitrato de potássio, via fertirrigação por gotejamento, uma frequência diária, totalizando seis aplicações por semana. Em cobertura foi colocado, junto com o N, mais 62kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio. A irrigação foi realizada com base na evaporação do tanque classe A, colocado nas imediações da área experimental. A solução contendo os nutrientes N e K ficava armazenada em um reservatório de 100 litros e era injetada ao sistema com pressão positiva

através de uma bomba e injetor de fertilizantes tipo Ventury. Para cada tratamento correspondente às doses de nitrogênio, usou-se a fertirrigação rotineira da propriedade, que consistia na aplicação de 120kg/ha de N. As parcelas correspondentes aos tratamentos 180 e 240kg/ha de N receberam os respectivos adicionais 60 e 120kg/ha de N, via solo, na maneira tradicional. Utilizou-se sistema de gotejador tipo Nachum, com vazão de 1,7l/h/gotejador que ficaram dispostos nos canteiros em duas linhas de gotejadores para as quatro linhas de alface. Um gotejador em cada linha era colocado fora da área experimental, para aferimento das doses de nitrogênio através da condutividade elétrica. Os tratamentos culturais e fitossanitários foram efetuados de acordo com o recomendado para a cultura. A aplicação do cálcio via foliar foi realizada via pulverizador de CO₂, semanalmente, independente das frequências de fertirrigação.

4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 X 4, em que o primeiro fator referiu-se às doses de nitrogênio 120, 180 e 240kg/ha, aplicados 120kg/ha no solo via fertirrigação e via tradicional, no solo, complementando os demais tratamentos conforme mencionado anteriormente. O segundo fator correspondeu aos níveis de cálcio 0,0, 0,5, 1,0 e 1,5%, da solução, respectivamente, 0,0g/ha/ciclo; 900g/ha/ciclo; 1800g/ha/ciclo e 2700g/ha/ciclo, aplicados via foliar, com quatro repetições para dose tratamentos. Como fonte de nitrogênio utilizou-se a uréia e como fonte de Ca, utilizou-se cálcio quelatizado, formulado pela Arbore Comércio e Indústria, com 10% do nutriente.

Aproveitou-se a estrutura de produção da propriedade, sendo que, cada estrutura de proteção (estufa) comportava 2 canteiros. Cada canteiro medindo 25,2

m de comprimento e 1,2 m de largura, no total de oito constituindo quatro blocos, em 4 estruturas de proteção, recebeu um tratamento comum 120kg/ha, via fertirrigação. Cada bloco de dois canteiros, comportava dose parcelas de 4,2 m de comprimento por 1,2 m de largura, sendo seis parcelas em cada canteiro de maneira a completar os dose tratamentos do fatorial em cada bloco ou seja três doses de N x quatro doses de Ca via foliar. As plantas de alface, em cada parcela, foram dispostas em quatro fileiras espaçadas de 0,30m com espaçamento de 0,30m dentro da fileira totalizando 56 plantas por parcela. A parcela útil foi formada das 40 plantas centrais, das quais 24 foram utilizadas na curva de crescimento e as 16 restantes na obtenção dos dados de produção, sendo coletadas, neste caso, somente as plantas competitivas. Os pontos da curva de crescimento foram obtidos em sete idades da cultura: 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o transplante. Foram coletadas quatro plantas por parcela experimental, em cada época de amostragem, totalizando dezesseis plantas por tratamento, para cada ponto da curva de crescimento nos quais foram avaliados os seguintes parâmetros:

Peso de matéria fresca total da parte aérea - produção total

A matéria fresca total da parte aérea foi analisada em cada uma das datas programadas sendo as plantas colhidas em cada parcela, no total de quatro plantas/parcela e pesados, por inteira, em balança digital com sensibilidade de 1 grama. Na última avaliação, 56 DAT, foi calculada a produção total e os dados foram expressos em g/m^2 .

Peso de matéria seca total da parte aérea

Após as anotações do peso de matéria fresca total e número de folhas, as mesmas plantas, lavadas em água corrente e destilada, foram secadas em estufa

com circulação forçada de ar, a 70°C, até atingir peso constante. Os dados foram expressos em g/m².

Teor de matéria seca total da parte aérea

Esta característica, também avaliada em cada urna das épocas programadas, foi estimada de acordo com a seguinte expressão: (TMST= 100 x PMSTPA/PMFTPA) sendo:

TMST= teor de matéria seca total;

PMSTPA= peso de matéria seca total da parte aérea

PMFTPA= peso de matéria fresca total da parte aérea (produção total)

Na última avaliação, 56 DAT, foi calculado o teor total de matéria seca e os dados foram expressos em porcentagem de matéria seca

Peso de matéria fresca da parte comercial (produção comercial)

Esta característica foi avaliada somente aos 56 DAT, representando o momento da colheita. As plantas foram pesadas após serem caracterizadas para a comercialização o que consiste em eliminar todas as folhas externas da planta preservando a cabeça, composta das folhas internas imbricadas à semelhança do repolho.

Peso de matéria seca da parte comercial

Após as anotações do peso de matéria fresca comercial, as mesmas plantas, lavadas em água corrente e destilada, foram secadas em estufa com circulação forçada de ar, a 70°C, até atingir peso constante. Os dados foram expressos em g/m².

Teor de matéria seca da parte comercial

Esta característica foi avaliada na última época programada, de acordo com a seguinte expressão: $(TMSC = 100 \times PSPC/PFPC)$ sendo:

TMSC= teor de matéria seca da parte comercial

PSPC= peso de matéria seca da parte comercial

PMFPC= peso de matéria fresca da parte comercial (produção comercial)

Na última avaliação, 56 DAT, foi calculado o teor de matéria seca da parte comercial e os dados foram expressos em porcentagem de matéria seca.

Número de folhas

Esta característica foi avaliada após a colheita das respectivas plantas em cada parcela. Após pesadas, as folhas eram separadas, contadas e acondicionadas em sacos de papel para as análises seguintes.

4.5 Análise estatística

Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes de Bartlett e Liliefors segundo as orientações de Little e Hills (1978). Em seguida, procedeu-se a análise de variância, teste F e análises de regressão relativas às características avaliadas.

5 Resultados e discussão

5.1 Peso de matéria fresca total da parte aérea (produção total)

Houve efeito significativo entre a interação épocas X cálcio X nitrogênio (Tabela 2). O valor F significativo indicou que o cálcio comportou-se diferentemente na presença do nitrogênio e também em função da época ou idade da planta. Importante observar que as doses de nitrogênio “per se” não resultaram em variações significativas no peso de matéria fresca total das plantas, ou seja, dentro de cada época de avaliação, idade da planta ou dentro de cada nível de cálcio aplicado via foliar, em que as variações são consideradas estatisticamente iguais. Para as análises considerando época, os resultados significativos oriundos de dados cumulativos de intervalos de sete dias, confirmam o crescimento da planta. Desta forma, a análise do desdobramento desta interação, considerando as 12 combinações possíveis entre as doses de nitrogênio e os níveis de cálcio, ao longo das sete épocas de avaliação, fornece apenas informações do crescimento da planta em função da época de avaliação - idade da planta, em que não foi constatado o processo de senescência que se caracteriza pela perda de peso, após ter atingido um máximo.

A Figura 1 mostra que até aos 42 dias após transplântio (DAT), as plantas mostraram comportamento semelhante, indiferente às concentrações de cálcio e nitrogênio aplicadas, notando-se diferenças apenas nas últimas avaliações, ou seja, dos 42 aos 56 dias DAT, quando também ocorreram as maiores proporções de ganho de peso (Tabela 5). Entretanto, estas observações coincidem com a maioria dos autores que demonstraram crescimento lento da alface nos primeiros dias, com ganhos significativos próximo à colheita (Zink e Yamaguchi, 1962; Garcia et al, 1982; Zambom, 1982 e Rodrigues, 1990).

Considerando apenas o maior e o menor peso acumulado ao final das avaliações, que ocorreram, respectivamente, com 0,0 Ca X 240 N e 0,0 Ca X 180 N (Tabela 5), observa-se, ainda assim, que o comportamento de crescimento e ganho percentual de peso foi proporcionalmente mantido ao longo do ciclo da cultura. Ganhos de peso fresco maiores no final do ciclo são facilmente explicáveis pelo fato de que neste estágio, as plantas já possuem um aparelho assimilatório de nutrientes, folhas e raízes, bem desenvolvidos e, conseqüentemente, apto a explorar, com maior eficiência, os nutrientes do solo e os nutrientes aplicados via foliar.

Estes dados mostram que os tratamentos nitrogênio e cálcio não afetaram o crescimento da planta nos seus diversos estádios vegetativos. Entretanto, quando se considera matéria fresca acumulada aos 56 DAT, nota-se que houve diferenças significativas, a medida em que se aumentaram os níveis de cálcio aplicados via foliar, decresceu o peso de matéria fresca total da alface (Figura 2). É possível observar, que os melhores resultados foram obtidos com a maior dose de nitrogênio sem a aplicação de cálcio via foliar ou seja, 11,243kg/m² ou 1,011kg/planta, decaindo linearmente para 8,990kg/m² 809,10g/cabeça, de acordo com a equação de regressão, com a aplicação de cálcio via foliar a 1,5% da solução. Houve, portanto, uma queda de 20,04% na produção total.

Entretanto, estes resultados ainda são melhores do que os encontrados por Bueno (1998), que verificou redução na produção total com o incremento das doses de nitrogênio. Importante notar que o referido autor usou como dose máxima de N, 105,6kg/há, inferior, portanto, à menor dose usada neste trabalho, 120kg/ha de N e encontrou resposta quadrática. Tais resultados são 133,89% inferiores aos encontrados neste trabalho com a dose ótima de N que foi de 80,13 kg de N/ha.

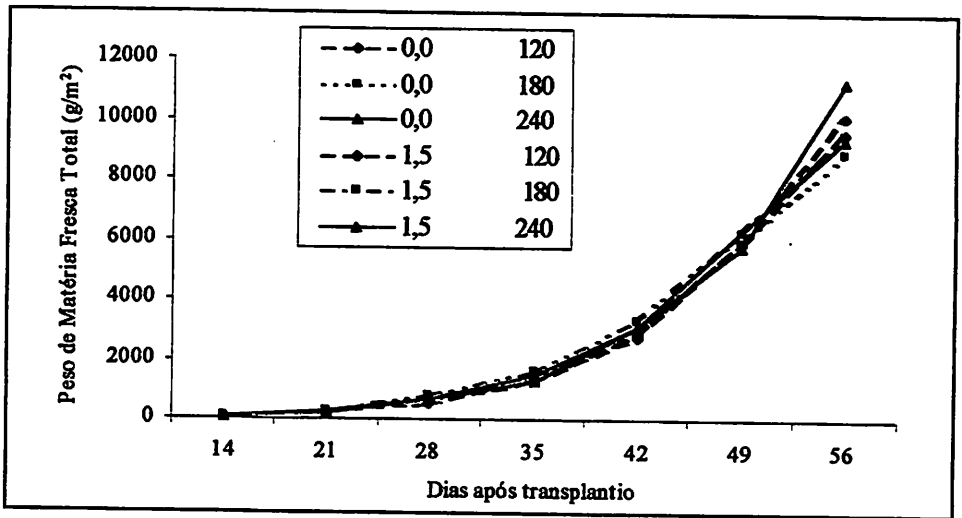
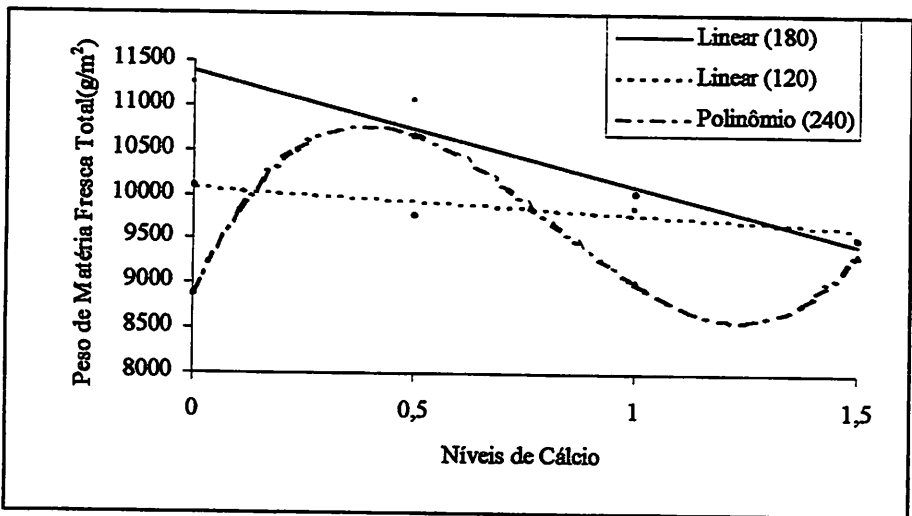


FIGURA 1 Produção de matéria fresca total em alface, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$120 \text{ N} - y = -291,38x + 10080 \quad R^2 = 0,51$$

$$180 \text{ N} - y = -1275,9x + 11379 \quad R^2 = 0,91$$

$$240 \text{ N} - y = 7233x^3 - 17729x^2 + 10621x + 8903,5$$

FIGURA 2 Peso de matéria fresca em alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

Muitos fatores devem ser considerados nesta análise comparativa. Provavelmente, as aplicações de cálcio via foliar prejudicaram a planta, uma vez que os teores existentes no solo eram adequados e a planta poderia estar suprida adequadamente deste nutriente. Daí a redução no peso total com o incremento do nutriente na solução. Por outro lado, as respostas não concordantes com o trabalho de Bueno (1998) podem ser justificadas pelo uso de diferentes cultivares, pela ausência de aplicação de cálcio, tipo de solo e formas de aplicação. A quantidade de 240kg/ha de N, usada como dose máxima neste trabalho ainda é muito inferior às doses usadas nos Estados Unidos que, segundo Thompson e Doerge (1996 a,b)), variam de 224 a 370kg/ha. Isto significa dizer, que embora este nutriente seja facilmente lixiviável, a alface parece ser responsiva a maiores doses de N, principalmente quando aplicado via fertirrigação.

5.2 Peso de matéria seca total da parte aérea

De acordo com as análises estatísticas (Tabela 2), houve diferenças significativas em todas as variáveis testadas, exceto na interação entre época e nitrogênio, indicando que as doses de nitrogênio proporcionaram respostas estáveis da alface, em termos relativos. Por outro lado, comparando estes resultados com os resultados relativos ao peso de matéria fresca total, verifica-se praticamente o mesmo comportamento. A interação verificada entre época, doses de nitrogênio e níveis de cálcio é compreensível pelas mesmas razões explicadas anteriormente, ou seja, os dados são cumulativos de intervalos de sete dias. A Figura 3 mostra que não houve diferença relativa das 12 combinações de doses de nitrogênio e cálcio, quanto a resposta ao acúmulo de matéria seca, ao longo do ciclo da cultura, significando que o acúmulo de matéria seca seguiu o mesmo

padrão independente dos tratamentos, doses de nitrogênio X níveis de cálcio, isto é, crescimento lento nas primeiras semanas do transplântio e maiores ganhos em matéria seca nas últimas semanas que antecedem à colheita (Tabela 5), concordando também com Zink e Yamaguchi (1962); Garcia et al, (1982); Zambom, (1982) e Rodrigues, (1990). Por outro lado, é importante observar que as doses de cálcio e nitrogênio que proporcionaram o maior peso de matéria fresca total - 0,0Ca X 240N, proporcionaram também o menor peso de matéria seca total e vice-versa, (Tabela 5), indicando maior concentração de água, proporcional ao aumento do peso de matéria fresca total. Indica também que, ao nível 0,0 de cálcio, foram obtidos os melhores resultados em termos de peso de matéria fresca e seca totais. A Figura 4 atesta estes resultados, tornando possível verificar que, à medida em que se aumentaram os níveis de cálcio na solução, houve decréscimo linear no peso de matéria seca verificado na última época, 56 DAT, excetuando-se a dose de 180 N que mostrou um ponto ótimo de nível de cálcio, decrescendo, todavia, a partir deste ponto.

5.3 Teor de matéria seca total da parte aérea

Para o teor de matéria seca (TMST), houve diferenças significativas apenas quanto aos níveis de cálcio e as épocas de avaliação (Tabela 2). É importante observar que, embora tenha havido significância nos resultados com os níveis de cálcio, indicando aumento no TMST a partir do nível 1 de cálcio, estes não apresentam importância do ponto de vista qualitativo, já que a variação é mínima como pode ser visto na Figura 5. Observando que o TMST é uma relação entre o peso de matéria seca total e o peso de matéria fresca total, é possível visualizar que a redução no peso de matéria seca ou incremento no peso de matéria fresca refletem na redução do teor de matéria seca (Tabela 5). O

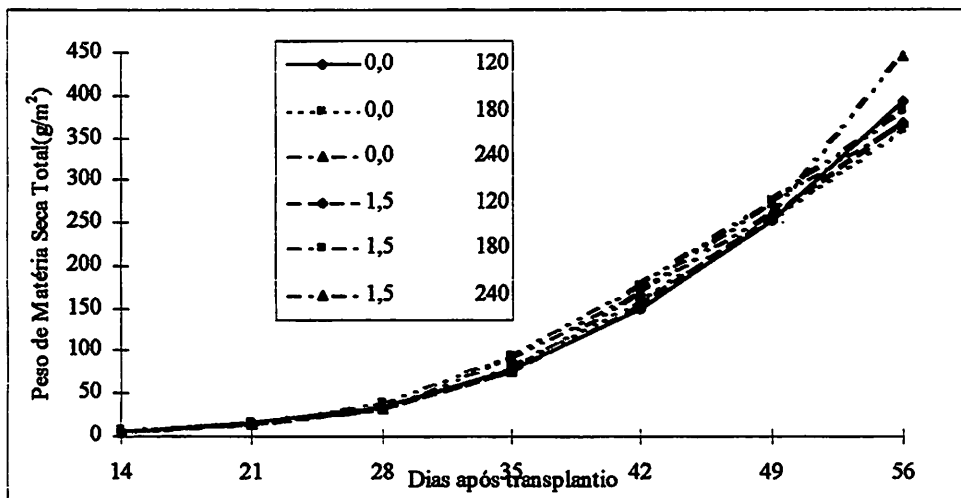
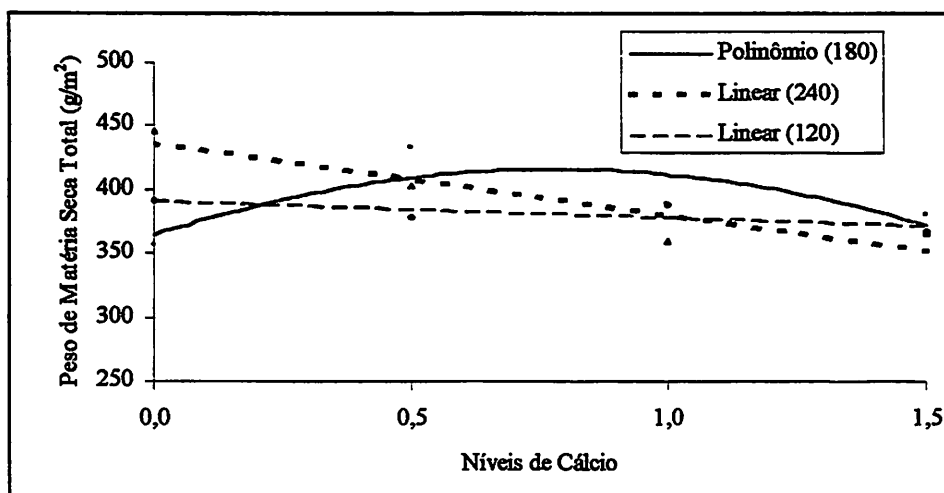


FIGURA 3 Produção de matéria seca em alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$120 \text{ N} - y = -13,124x + 391,83 \quad (R^2 = 0,59)$$

$$180 \text{ N} - y = 84 x^2 + 131,07 x + 365,07 \quad (R^2 = 0,60)$$

$$240 \text{ N} - y = -56,15x + 435,98 \quad (R^2 = 0,84)$$

FIGURA 4 Crescimento e acúmulo de matéria seca em alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

cálcio, como foi visto anteriormente, reduziu tanto peso de matéria fresca total quanto peso de matéria seca total, a medida que se elevaram-se os níveis, portanto, não podendo interferir de maneira significativa na TMST. Por outro lado, quando se analisa sob o ponto de vista das épocas, pode-se observar variações altamente significativas ao longo do ciclo.

Embora haja incremento, tanto no peso de matéria seca total quanto no peso de matéria fresca total, com acentuados ganhos no final do ciclo, como demonstrado anteriormente, o ganho em peso de matéria fresca total é maior, significando que há maior teor de água nas plantas com conseqüente diluição da matéria seca (Tabela 5).

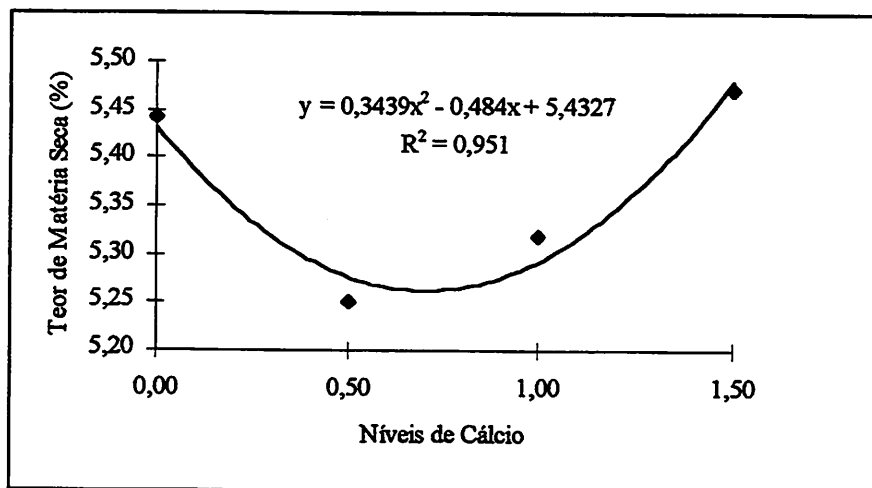


FIGURA 5 Teor de matéria seca em alface, em função dos níveis de cálcio aplicados via foliar. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.4 Peso de matéria fresca da parte comercial (produção comercial)

A análise estatística do peso de matéria fresca da parte comercial, aos 56 DAT, relativo à produção comercial, não sofreu influência significativa das fontes de variação cálcio e nitrogênio (Tabela 3) significando que, embora a

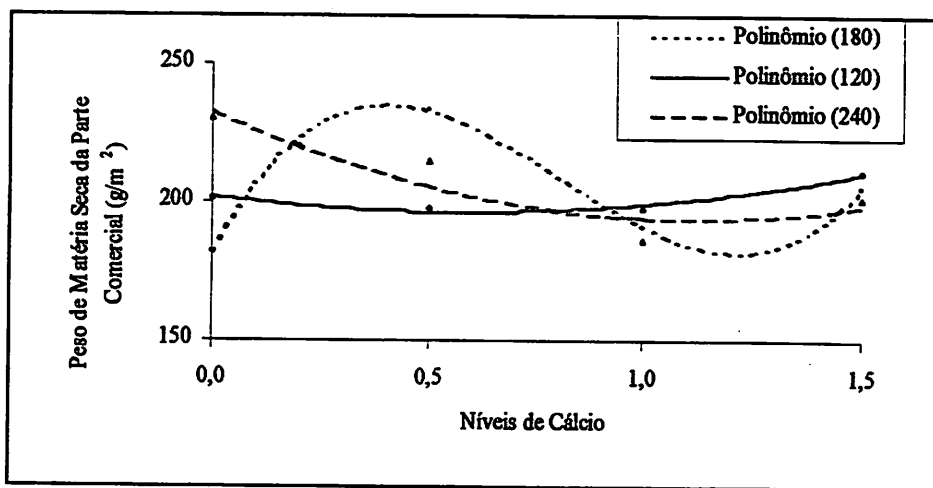
produção total tenha recebido influência significativa do cálcio e da interação cálcio X nitrogênio, não teve reflexos na parte interna da planta, ou seja, na cabeça, que é a parte comercializada. Desta forma, as plantas mais pesadas, assim como as mais leves, oriundas das combinações das doses de nitrogênio e cálcio, produziram cabeças comerciais com pesos iguais estatisticamente. A análise puntual dos dados (Tabela 4) mostra que a produção média aos 56 DAT, considerando nitrogênio e cálcio, variou de 592,5 a 676,8 g/m², respectivamente, 533,33 a 609,16 gramas por planta. Estes resultados são muito superiores aos encontrados por Bueno (1998), com a maior dose de nitrogênio usada, 105,6 kg/ha de N, produzindo 27,66 t/ha equivalente a 461,08 gramas por cabeça. Por outro lado, mesmo não havendo significância dos fatores para a produção comercial é possível notar tendência de que as plantas maiores e mais pesadas, oriundas das maiores doses de nitrogênio produzam as maiores cabeças.

5.5 Teor de matéria seca da parte comercial

A relação entre o peso de matéria seca da parte comercial e o peso de matéria fresca da parte comercial fornece uma estimativa da quantidade de matéria sólida e de água que está incluída na produção comercial. Não houve efeitos significativos das fontes de variação, cálcio e nitrogênio nesta característica (Tabela 3). Os valores encontrados e comparados com os valores referentes à produção total observados tendem a ser inferiores (Tabela 4), indicando uma maior percentagem de água nesta parte da planta. Em termos qualitativos, isto é desejável porque deixa esta parte comestível mais tenra e com melhor sabor. Em termos de conservação pós-colheita, os dados indicam maior dificuldade para armazenamento e menor durabilidade.

5.6 Peso de matéria seca da parte comercial

Esta característica, analisada aos 56 DAT, foi influenciada significativamente somente pela interação dos fatores, cálcio e nitrogênio. Houve uma discreta tendência desta característica em decrescer com o aumento dos níveis de cálcio na solução, mesmo com as equações de regressão sendo de terceiro grau e quadráticas (Figura 6). Entretanto, do ponto de vista nutricional e comercial, estes dados não assumem importância já que os teores de matéria seca, embora indiquem plantas com maior teor de água, são de plantas saudias e inteiramente comercializáveis.



$$240 \text{ N } y = 30,97x^2 - 69,278x + 232,79 \quad R^2 = 0,84$$

$$180 \text{ N } y = 197,83x^3 - 482,55x^2 + 294,27x + 181,85$$

$$120 \text{ N } y = 16,6x^2 - 19,3x + 202,0$$

FIGURA 6 Efeito de níveis de cálcio e doses de nitrogênio no peso de matéria seca da parte comercial de alface americana, aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.7 Número de folhas

Para o número de folhas, a exemplo do teor de matéria seca, houve influência significativa apenas dos níveis de cálcio e das épocas de avaliação (Tabela 2). A variação dos níveis de cálcio, embora significativa, ficou a centésimos, não constituindo do ponto de vista técnico, variação real no número de folhas (Figura 7). Assim, os dados permitem inferir que, embora tenha havido significância em função dos níveis de cálcio, estes não foram suficientes para acrescentar ou reduzir as quantidades, sendo, portanto, indiferentes aos resultados.

Nas épocas de avaliação, houve aumento contínuo do número de folhas ao longo do ciclo, sem influência significativa de interação com nitrogênio e cálcio (Figura 8). Variações deste tipo são esperadas e normais em alface, uma vez que estão relacionadas com crescimento, acúmulo de matéria fresca e acúmulo de matéria seca. Fernandes et al. (1971), monitorando o crescimento em alface, observaram que o número de folhas acompanha o aumento do peso da matéria seca até o momento da colheita, de acordo com a seguinte proporção: aos 20 dias-6 folhas por planta, correspondendo a 0,85 gramas de matéria seca; aos 30 dias-9 folhas por planta, correspondendo a 1,15 gramas de matéria seca; aos 40 dias-20 folhas por planta, correspondendo a 3,90 gramas de matéria seca; aos 50 dias-35 folhas por planta, correspondendo a 8,10 gramas de matéria seca; aos 65 dias-48 folhas por planta, correspondendo a 10,20 gramas de matéria seca.

Desta forma, como não houve significância das doses de fertilizantes usadas, os resultados tornam-se coerentes com os anteriores em que também não houve significância quanto aos resultados proporcionados pelas doses e níveis de fertilizantes.

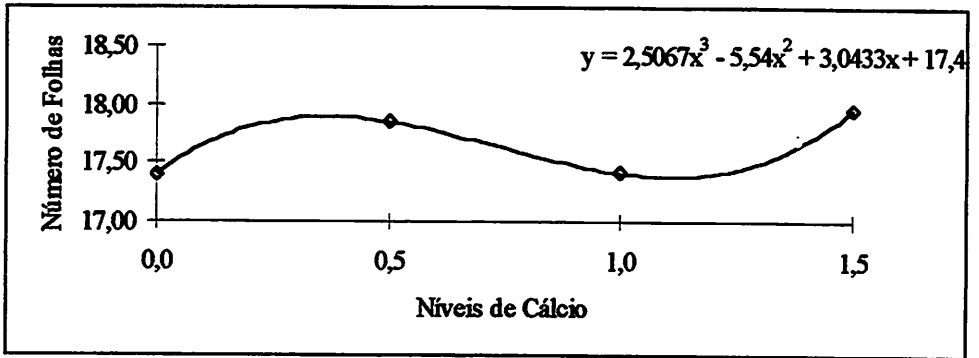


FIGURA 7 Número de folhas em alface, em função dos níveis de cálcio aplicados via foliar. UFLA, Lavras-MG, 1998.

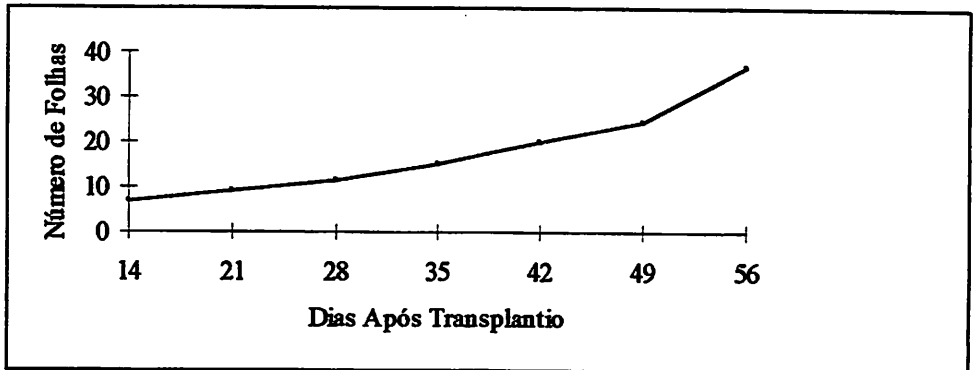


FIGURA 8 Número de folhas em alface, em função das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.

TABELA 2 Resumo da análise de variância do peso de matéria fresca da parte aérea (produção total-PMF), peso da matéria seca total da parte aérea (PMST), número de folhas (NF) e teor de matéria seca total da parte aérea (TMST). UFLA, Lavras-MG, 1998.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		PMF	PMST	NF	TMST
Blocos	3	1152427,95	2181,77	3,42	0,13790
Ca	3	1225440,02*	1478,80*	7,18*	0,90836*
N	2	318232,30ns	1551,61*	3,75ns	0,12216
Ca x N	6	757285,52*	1196,62*	3,56ns	0,30064ns
Erro A	33	450363,73	532,97	2,92	0,21725
Época	6	646717612,01*	991044,13*	5403,70*	65,59712*
Erro B	66	393312,79	595,14	1,87	0,13382
Época x Ca	18	393583,60*	608,96*	2,73ns	0,15350ns
Época x N	12	226190,07*	335,15ns	1,13ns	0,09733ns
Época x Ca x N	36	448884,95*	674,90*	1,68ns	0,13614ns
Erro	150	218926,11	302,00	2,30	0,14279
CV (%)		15,27	12,88	8,60	7,03

*Significativo ao nível de 5%

TABELA 3 Resumo da análise de variância do peso de matéria fresca da parte comercial (produção comercial - PMFC), peso de matéria seca da parte comercial (PMSC) e teor de matéria seca da parte comercial (TMSC). UFLA, Lavras-MG, 1998.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		PMFC	PMSC	TTSC
Blocos	3	740808,83075	994,00567	0,00673
Ca	3	1504195,53349ns	1113,61112ns	0,01638ns
N	2	250468,49039ns	162,04213ns	0,02401ns
Ca x N	6	1435574,91307ns	1216,81674*	0,00802ns
Erro	33	785267,53129	466,59268	0,02490
CV(%)		13,83	10,57	4,92

* Significativo a 5% probabilidade

TABELA 4 Média de produção comercial e teor de matéria seca da parte comercial (TMSC), aos 56 DAT, em função de doses de nitrogênio e níveis de cálcio. UFLA, Lavras-MG, 1998.

Níveis de Cálcio	Produção comercial (g/m ²)	TMSC (%)
0,0	645,0 a	3,20 a
0,5	676,8 a	3,18 a
1,0	592,5 a	3,25 a
1,5	652,4 a	3,16 a

Doses de Nitrogênio	Produção comercial (g/m ²)	TMSC (%)
120	640,6 a	3,16 a
180	628,0 a	3,24 a
240	653,1 a	3,19 a

Médias seguidas pela mesma letra na vertical são estatisticamente iguais ao nível de 5% (Tukey)

TABELA 5 Peso de matéria fresca, peso de matéria seca, acúmulo percentual (%) e teor de matéria seca (teor de ms) em função de doses de N e de níveis de Ca que proporcionaram o maior e o menor resultado, UFLA, Lavras-MG, 1998.

Características										
Idade da planta	Peso de matéria fresca				Peso de matéria seca					
	Tratamentos				Tratamentos					
	(0,0 Ca x 240 N)		(0,0 Ca x 180 N)		(0,0 Ca x 240 N)		(0,0 Ca x 180 N)			
DAT	g/planta	(%)	g/planta	(%)	g/planta	(%)	Teor MS (%)	g/planta	(%)	Teor MS (%)
0-14	5,96	0,58	5,28	0,60	0,42	1,06	7,40	0,40	1,25	7,57
0-21	21,20	2,09	22,56	2,81	1,27	3,17	5,86	1,33	4,13	5,89
0-28	58,07	5,73	59,16	7,58	2,83	7,05	4,85	2,90	9,03	4,90
0-35	136,75	13,38	119,38	14,89	8,21	20,48	5,92	7,30	22,72	6,10
0-42	281,23	27,79	253,24	31,60	14,18	37,35	5,31	14,33	44,55	5,65
0-49	520,74	51,46	533,25	66,54	23,65	58,97	4,29	22,65	70,44	4,24
0-56	1011,88	100,00	801,31	100,00	40,11	100,00	3,92	32,10	100,00	4,00

6 Conclusões

A aplicação de cálcio via foliar em solos cujos teores são altos torna-se inútil e prejudicial ao crescimento e ao acúmulo de matéria fresca na planta de alface.

O nitrogênio é extremamente importante no crescimento e acúmulo de matéria fresca na planta de alface e pode ser usado em doses maiores quando o teor de cálcio no solo for alto.

7 Referências Bibliográficas

BUENO, C.R. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a cultura da alface tipo americana em ambiente protegido. Lavras:UFLA,1998.54p. (Tese-Mestrado).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979 n.p.

FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, G.O.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças, XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). *Revista de Olericultura*, v.11, n.32, 1971.

GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; MINAMI, K.; DECHEN, A.R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clausess Aurélia. *ANAIS da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós"*, v. XXXIX, p.455-484, 1982.

JACKSON, M.L. Análises químico de suelos. Barcelona: Omega, 1970. 662p.

- LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. *Agricultural Experimentation*. New York: John Willey and sons, 1978. 350 p.
- RODRIGUES, E.T. *Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (Lactuca sativa L.)*, Viçosa, UFV, 1990. 60p.(Tese-Mestrado).
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.T.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, 1985 (Boletim Técnico 5).
- THOMPSON, T.L.; DOERG, T.A. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce:I. Plant response. *Soil Science Society of American Journal*, v.60, p.168-173, 1996a
- THOMPSON, T.L.; DOERG, T.A. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce:II. Agronomic, economic, and enviromenmtal outcomes. Plant response. *Soil Science Society of American Journal*, v.60, p.168-173, 1996b
- ZAMBON, F.R.A. *Nutrição mineral da alface (Lactuca sativa L.)*. In: MULLER, J.J.V.; CASALI, V.W.D. ed. **SEMINÁRIOS DE OLERICULTURA**. 2.edição; Viçosa, MG, 1982. p.77-106.
- ZINK, F.W.; YAMAGUCHI, M. Studies on the growth rate and nutrient absorption of head lettuce. *Hilgardia*, v.32, p. 471-500, 1962.

CAPÍTULO 3

EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NO SOLO E NÍVEIS DE CÁLCIO APLICADOS VIA FOLIAR SOBRE O TEOR, ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES E INCIDÊNCIA DE TIPBURN EM ALFACE AMERICANA

1 Resumo

Este trabalho foi conduzido na área experimental da “Refricon Mercantil Ltda”, no município de Santo Antônio do Amparo-MG. Utilizou-se um delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial – três doses de nitrogênio (120, 180 e 240kg de N/ha e quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5, 1,0 e 1,5% da solução) e sete épocas de avaliação, com quatro repetições. As doses de nitrogênio foram aplicadas via fertirrigação por gotejamento na quantidade de 120kg/ha de N em todas as parcelas sendo que as parcelas correspondentes a 180 e 240 kg/ha de N, receberam o complemento via manual. O cálcio foi aplicado com pulverizador costal de CO₂. Objetivou-se avaliar os efeitos do cálcio e do nitrogênio no acúmulo e absorção de macronutrientes pela alface e na incidência de tipburn. Foram feitas avaliações e coletadas amostras de plantas em intervalos de sete dias, iniciando-se aos 14 dias após o transplante, até aos 56 dias, totalizando sete amostragens. A aplicação de cálcio via foliar não teve influência significativa no teor e acúmulo dos macronutrientes na parte aérea da planta, inclusive do próprio cálcio, sendo considerado desnecessária. A incidência de tipburn não foi detectada em nenhum dos tratamentos, inclusive onde não foi aplicado cálcio foliar. As interações e os efeitos significativos dos tratamentos não tiveram importância do ponto de vista nutricional uma vez que as características avaliadas foram normais para alface.

2 Abstract

EFFECTS OF NITROGEN RATES AND FOLIAR SPRAYED CALCIUM LEVELS IN MACRONUTRIENT UPTAKE AND ACCUMULATION AND IN TIPBURN INCIDENCE IN CRISPHEAD LETTUCE

A trial was carried out at Refricon Mercantil Experimental Area, city of Santo Antonio do Amparo, State of Minas Gerais, in order to evaluate the effects of Ca and N levels on the uptake and accumulation of macronutrients and tipburn incidence in crisphead lettuce. A randomized complete block design scheme of 4 replications was used, in which the treatments were a factorial combination of Nitrogen levels (120, 180 and 240 kg/ha), 4 Calcium levels (0,0, 0,5, 1,0 and 1,5% in solution) and 7 evaluation dates. Nitrogen rate of 120 kg/ha was applied via drip fertirrigation in all plots, and additional rates were applied via soil in the plots corresponding to the 180 kg/ha and 240 kg/ha total rate. Calcium was applied using a CO₂ back-pack sprayer. Evaluations were done on plants sampled at 7-day intervals, starting 14 days after transplanting (d.a.t) and ending 56 d.a.t., amounting to 7 evaluation dates. Foliar application of Calcium had no effect on any macronutrient (Calcium included) uptake or content in the aerial part of the plant; foliar application of Ca was therefore considered unnecessary. Tipburn symptoms were not detected in any of the treatments, including those with no foliar Calcium applied. Significant treatment effects and interactions were considered unimportant, because the traits evaluated remained within the ranges considered normal for the crop.

3 Introdução

Nitrogênio e cálcio são dois nutrientes de equilíbrio complexo no solo. Fatores como alta temperatura, excesso ou falta de umidade, assim como excesso de nitrogênio e potássio no solo, são alguns dos fatores que inibem a absorção do cálcio por plantas como tomate, pimentão e alface, causando sérios prejuízos à produção. Entretanto, o nitrogênio assim como o fósforo, são macronutrientes de grande influência no cultivo da alface, principalmente nas alfaves do tipo americana que formam cabeças. Excesso de nitrogênio, tanto no solo quanto na planta, é prejudicial, principalmente na planta, porque altera a qualidade da cabeça comercializada, tornando-a flácida e sem compacidade. Existem inúmeros trabalhos que contemplam a fertilização da alface, entretanto, a modernização da agricultura, de um modo geral, exige atualmente maiores estudos que devem ser concentrados, especificamente, na cultivar, no manejo e, principalmente, na finalidade do produto. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos do cálcio aplicado via foliar e do nitrogênio aplicado via fertirrigação na absorção, no acúmulo, nos teores de macronutrientes e na incidência de tipburn em alface tipo americana em cultivo protegido.

4 Material e métodos

O experimento foi conduzido em área experimental da “REFRICON Mercantil Ltda”, no município de Santo Antônio do Amparo-MG, a 1.020 m de altitude, em solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro. Foram utilizadas quatro estruturas de proteção (estufa), modelo túnel alto, com 3 metros de largura, 1,70 metro de altura e comprimento de 25,2m. O solo relativo a área de plantio foi coberto com “mulching” preto e a cobertura da estrutura de proteção foi

feita com película de polietileno transparente de baixa densidade aditivada anti UV, de 100 micras de espessura.

O solo apresentava, inicialmente, características de acordo com o descrito na Tabela 1, no capítulo anterior, com histórico de cultivos sucessivos de alface em programação comercial, administrado pela Refricon Mercantil LTDA. Para o plantio utilizou-se a cultivar de alface Ryder, selecionada e distribuída pela Asgrow, e cujas características foram descritas no capítulo anterior.

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, utilizando-se uma mistura de substrato organo-mineral adicionada de 30% de casca de arroz carbonizada e adubadas com 500g de superfosfato simples por 20 litros da mistura.

Dez dias antes do transplante das mudas, toda área experimental recebeu adubação de plantio incorporado ao solo, constando de 350kg/ha de P_2O_5 e 86 kg/ha de K_2O utilizando-se adubo formulado Fosmag 510, com base nas recomendações da Comissão (1989).

Efetuiu-se o semeio em 08/04/98 colocando-se uma semente por célula, à profundidade de 1 cm, que foi coberta com o próprio substrato; sendo o transplante foi realizado quando as mudas atingiram quatro folhas definitivas, o que ocorreu a 06/05/98.

Os tratamentos, tanto através do solo quanto foliar, foram iniciados uma semana após o transplante das mudas sendo o nitrogênio administrado na forma de uréia e nitrato de potássio, através de fertirrigação por gotejamento, com frequência diária e folga de 1 dia na semana. Completando a adubação, foram colocados ainda, diariamente, junto com o N, mais 62 kg/ha de K_2O na forma de cloreto de potássio. A irrigação foi realizada com base na evaporação do tanque classe A colocado nas imediações da área experimental. A solução contendo os nutrientes N e K, ficou armazenada em reservatório de 100 litros e injetada ao sistema com pressão positiva através de uma bomba e injetor de

fertilizantes tipo Ventury. Utilizou-se a fertirrigação rotineira da propriedade (120kg/ha de N), completando-a com incorporação ao solo as parcelas cujos tratamentos excediam esta quantidade. O sistema de gotejador tipo Nachum com vazão de 1,7l/h/gotejador foi colocado nos canteiros em duas linhas de gotejadores para as quatro linhas de alface. Um gotejador em cada linha era colocado fora da área experimental, para o aferimento das doses de nitrogênio através da condutividade elétrica. Os tratos culturais e fitossanitários foram efetuados de acordo com o recomendado para a cultura.

A aplicação do cálcio, via foliar, foi realizada com pulverizador de CO₂, semanalmente, independente da frequência de fertirrigação.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 X 4, três doses de nitrogênio (120, 180 e 240 kg/há), aplicadas 120kg/ha no solo por fertirrigação e pelo sistema tradicional no solo, complementando os demais tratamentos e quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5, 1,0 e 1,5%) da solução, respectivamente, 0,0g/ha/ciclo; 900g/ha/ciclo; 1800g/ha/ciclo e 2700g/ha/ciclo, aplicados por via foliar, com quatro repetições para 12 tratamentos. Como fonte de nitrogênio utilizou-se a uréia e como fonte de cálcio, o cálcio quelatizado, formulado pela Arbore Comércio e Indústria, com 10% do nutriente.

As estufas, quatro no total, comportavam dois canteiros cada uma, com as dimensões de 25,2m de comprimento, e 1,2m de largura, num total de oito, constituindo quatro blocos. Todas as parcelas receberam um tratamento comum: 120 kg/ha, via fertirrigação. Cada bloco de dois canteiros comportava 12 parcelas de 4,2 m de comprimento por 1,2 m de largura, sendo seis parcelas em cada canteiro de maneira a completar os doze tratamentos do fatorial em cada bloco, ou seja, três doses de N X quatro níveis de Ca por via foliar. As plantas de alface em cada parcela foram dispostas em quatro fileiras espaçadas de 0,30m com espaçamento de 0,30m dentro da fileira, totalizando 56 plantas por parcela. A

parcela útil foi formada das quarenta plantas centrais, das quais 24 foram utilizadas para a monitoração dos teores de macronutrientes, coletando-se, neste caso, somente as plantas competitivas. Os pontos da curva de monitoração foram obtidos em sete idades da cultura: 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o transplante. Foram avaliadas as seguintes características: acúmulo e teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e incidência de tipburn.

O nitrogênio foi determinado através do método semi-micro-Kjeldahl e o potássio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio foram determinados no extrato nitro-perclórico. As quantidades relativas aos extratos foram, determinadas para o fósforo, através de colorimetria; para o potássio, fotometria de chama; para o enxofre, turbidimetria e para os demais macronutrientes por espectometria de absorção atômica, de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

4.1 Incidência de tipburn

A incidência de tipburn ou deficiência de cálcio foi analisada periodicamente e nas épocas normais de avaliações. As plantas eram vistoriadas individualmente, procurando-se visualmente nas folhas, os sintomas do distúrbio.

4.2 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade pelos testes de Bartlett e Liliefors segundo as orientações de Little e Hills (1978). Em seguida, procedeu-se a análise de variância pelo teste F e análises de regressão referentes às características avaliadas.

5 Resultados e discussão

5.1 Teor de macronutrientes

5.1.1 Nitrogênio

Houve efeitos significativos do nitrogênio e das interações cálcio X nitrogênio, época X nitrogênio e época X nitrogênio X cálcio (Tabela 6). Estes dados revelam que o cálcio isoladamente não influenciou significativamente nos teores de nitrogênio encontrados na parte aérea da alface. Entretanto, como esperado, as doses de nitrogênio tiveram influência significativa. As interações mostram que o nitrogênio teve comportamento diferenciado na presença do cálcio, de acordo com as épocas de avaliação. Embora tenha havido interação das doses de nitrogênio e cálcio com as épocas (Figura 9), observa-se que os teores de nitrogênio aumentaram de maneira uniforme até aos 21 dias DAT, iniciando-se a partir desta data, uma queda até ao final do ciclo, assemelhando-se, de certa forma, ao encontrado por Garcia (1982). Este fato é compreensível já que o teor do nutriente está relacionado do teor de matéria seca e este decresce com a idade da planta, como observado anteriormente.

Comparando-se os resultados (Tabela 10) com os obtidos por diversos autores, constata-se que foram inferiores aos encontrados por Furlani et al (1978), os quais registraram teores médios de 4,31% para alface americana cv. Great Lakes e 4,61%, 4,75%, 4,44% para as cultivares Gigante, Prize Head e White Boston, respectivamente. Por outro lado, são superiores e inferiores aos encontrados por Nakagawa et al (1992), Vidigal et al (1995) e Ricci et al (1995) que anotaram teores variando de 1,62% a 4,22% em diversas situações de aplicação de nutrientes e cultivares de alface.

Os teores de nutrientes nas plantas indicam o seu estado nutricional que se correlaciona com a produção. Depende no entanto, da cultivar, da adubação,

do solo, da época de plantio, dentre outras variáveis. Os teores encontrados correspondentes às doses que proporcionaram o maior e o menor acúmulo do nutriente (Tabela 10), apresentam-se dentro do normal para alface, conforme a comparação com resultados de outros autores e também de acordo com Garcia et al. (1982), o qual considera planta de alface com teor de 3,37% de N, bem nutrida. Entretanto, a Figura 10 mostra uma resposta linear à aplicação de nitrogênio, indicando que a planta ainda poderia responder ao incremento deste nutriente, indicando que, embora a planta possa estar dentro da normalidade, os teores ficaram aquém do potencial da planta.

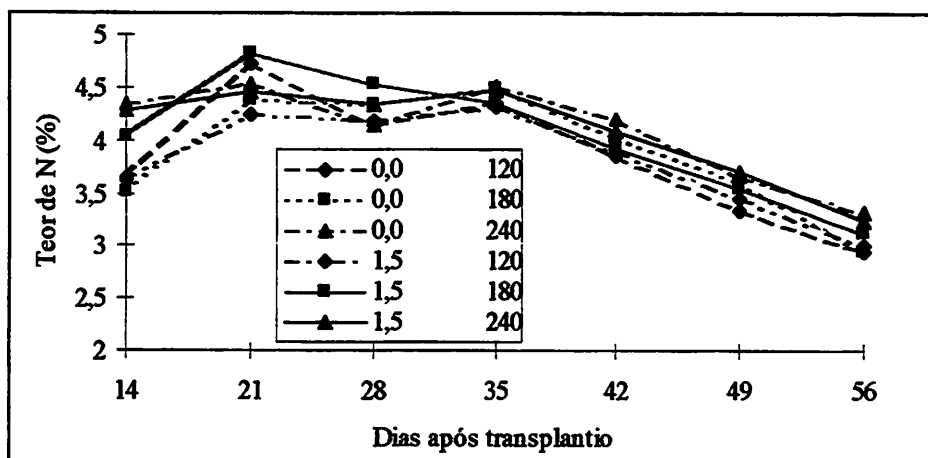
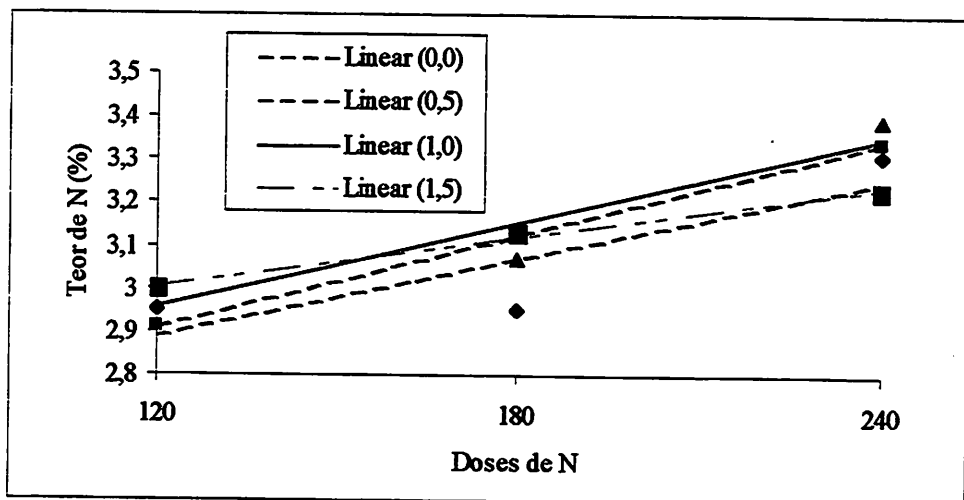


FIGURA 9 Teor de nitrogênio (N) em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998



0,0 Ca $y = 0,003x + 2,53$ — $R^2 = 0,75$
 0,5 Ca $y = 0,0036x + 2,4783$ — $R^2 = 0,99$
 1,0 Ca $y = 0,0032x + 2,5683$ — $R^2 = 0,87$
 1,5 Ca $y = 0,0019x + 2,775$ — $R^2 = 0,99$

FIGURA 10 Teor de nitrogênio (N) em alfaca americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicado via foliar, analisado aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.2 Cálcio

A análise estatística dos teores de cálcio encontrados nas folhas da alfaca indicam que as doses de nitrogênio não tiveram influência significativa. Ao contrário, os níveis de cálcio, assim como as épocas e a interação entre épocas e cálcio mostraram que as variações foram significativas (Tabela 6). A significância para épocas é explicável, uma vez que os dados são oriundos de avaliações semanais, mostrando que houve variações nos teores no período considerado. A interação entre época e cálcio indica que o cálcio comportou-se

de forma relativamente diferente nas épocas avaliadas, mostrando valores truncados entre os níveis e as épocas (Figura 11). Entretanto, do ponto de vista de teor, apesar desta interação, observa-se uma tendência de incremento até os 28 DAT em todos os níveis de Ca, após o que assinala-se uma tendência de decréscimo acompanhado da idade da planta.

A análise dos teores na parte aérea da planta (Tabela 10), em função da média proporcionada pelos quatro níveis de cálcio e da idade da planta permite verificar que apresentam dinâmica semelhante ao trabalho de Garcia (1982). De acordo com a Figura 12, confirma-se a resposta quadrática aos níveis de cálcio aplicados via foliar, no qual segundo a equação de regressão, a concentração de 1% de cálcio na solução, equivalente a 1800g Ca/ha/ciclo, seria a dose ótima de cálcio para o teor de 1,55% nas folhas. A partir desta dose, o cálcio provavelmente não estaria sendo absorvido, razão do decréscimo que, nestas circunstâncias, estaria acompanhando primeiro, o aumento de tamanho da planta e, depois, a sua senescência. Por outro lado, embora tenha havido respostas significativas ao incremento do cálcio, observa-se que os teores variaram de 1,47 a 1,55%, não assumindo, portanto, importância do ponto de vista nutricional. A comparação com outros resultados experimentais de diversos autores (Furlani et al. (1978); Nakagawa et al.(1992); Vidigal et al. (1995) e Ricci et al. (1995)), os quais registraram teores médios de cálcio variando 0,80 a 1,58% para alface, mostra que os teores encontrados com o presente trabalho são bem superiores aos demais, mesmo nos tratamentos com nível 0,0 de cálcio. Entretanto, Roorda Van Eysinga e Smilde (1971), sem especificar as condições experimentais, consideraram plantas deficientes em Ca com teores variando de 0,2 a 0,6%.

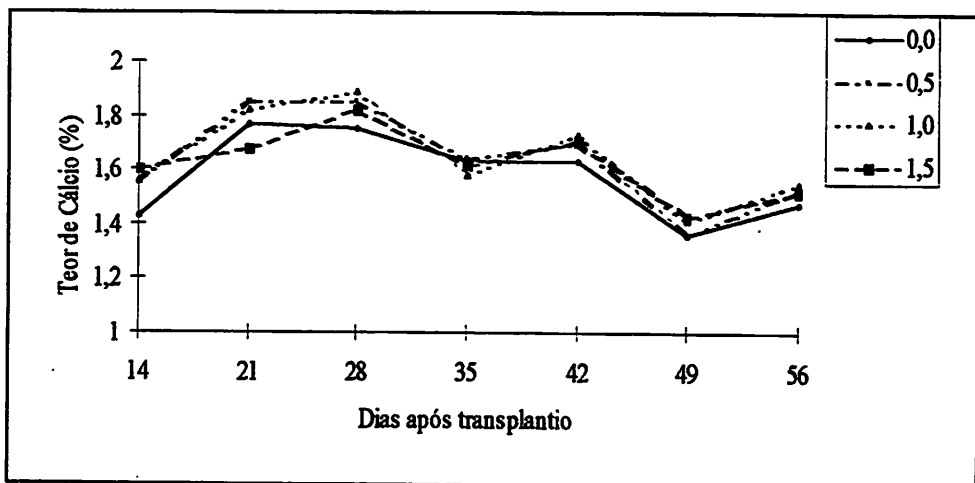


FIGURA 11 Teor de cálcio em alface americana, em função níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.

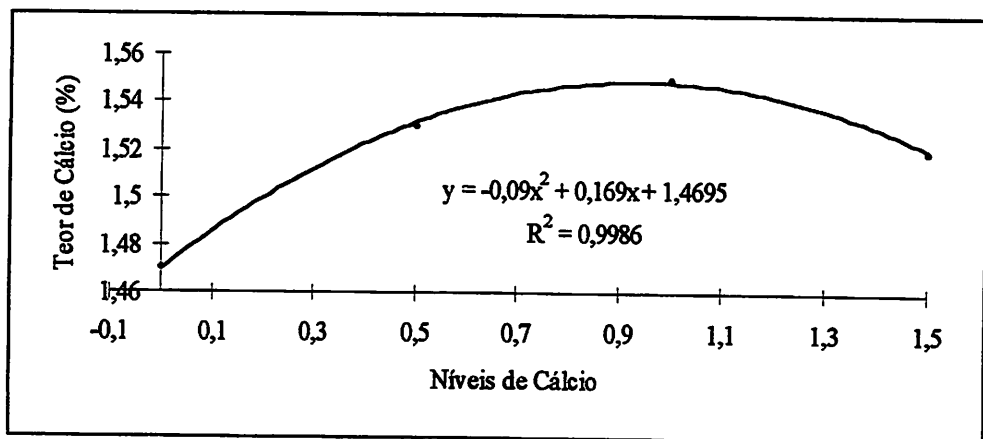


FIGURA 12 Teor de cálcio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.3 Potássio

O teor de potássio nas folhas de alface teve influência significativa dos níveis de cálcio aplicados por via foliar, assim como da interação entre o cálcio e o nitrogênio. Houve também respostas significativas para épocas, indicando variações no teor de potássio de acordo com a idade da planta e, interação significativa das doses de nitrogênio com os níveis de cálcio em determinadas idades da planta (Tabela 6). Não houve definição de tendência dos teores de potássio ao longo do ciclo da cultura para nenhum dos tratamentos envolvendo nitrogênio e cálcio (Figura 13).

Analisando os teores sob o aspecto dos níveis de cálcio que proporcionaram o maior e o menor teor (Tabela 10), constata-se que eles são semelhantes aos encontrados por Garcia (1982). Em razão do potássio não ter constituído tratamento, este pode, provavelmente, ter ficado em quantidades insuficientes no solo. Por outro lado, quando se analisam os teores de potássio nas folhas aos 56 dias após o transplântio (Figura 14), observa-se resposta quadrática aos níveis de cálcio aplicados. Mesmo que tenham ocorrido variações significativas no teor de potássio, este ficou muito abaixo do encontrado em diversos trabalhos, cujos teores variaram de 4,17 a 9,10% (Furlani et al., 1978; Nakagawa et al., 1992; Vidigal et al., 1995 e Ricci et al 1995) e no limite da deficiência, segundo Roorda Van Eysinga e Smilde (1971), que consideraram plantas deficientes em potássio com teores variando de 0,9 a 2,5 ppm.

Provavelmente, as diferentes cultivares aliadas às mais diferentes circunstâncias em que foram efetuadas as experimentações possam justificar a discrepância dos resultados. As concentrações de cálcio podem também ter influenciado no acúmulo do nutriente, ocupando espaço foliar em detrimento do potássio, uma vez que a aplicação foi efetuada nas folhas.

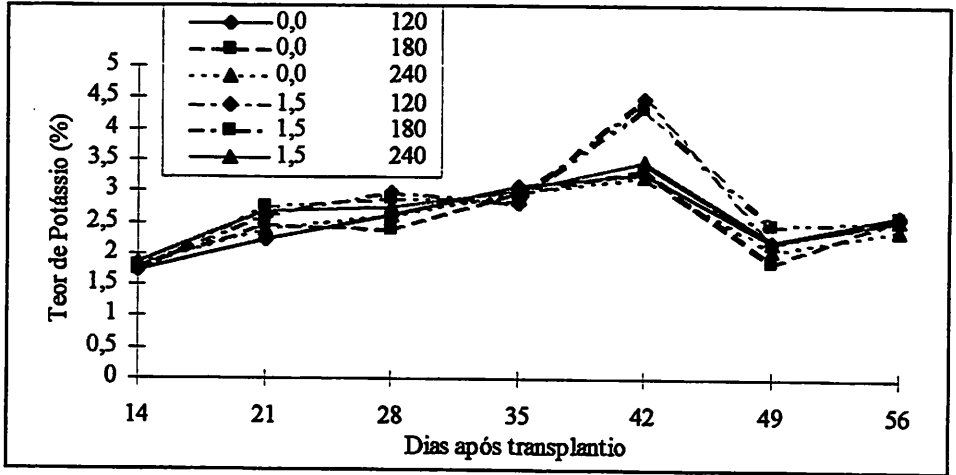
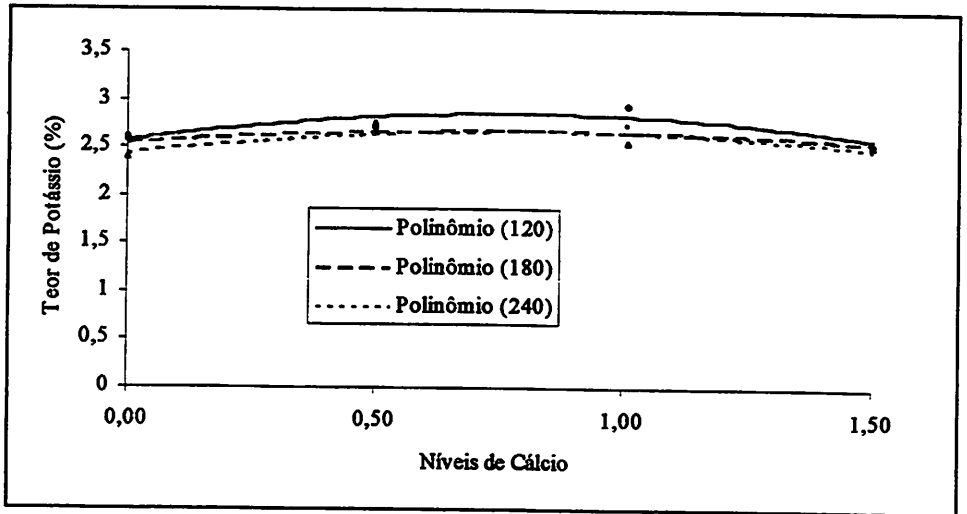


FIGURA 13 Teor de potássio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$240 (N) y = 0,39x^2 + 0,639x + 2,43 \quad R^2 = 0,63$$

$$180 (N) y = 0,22x^2 + 0,346x + 2,553 \quad R^2 = 0,68$$

$$120 (N) y = 0,49x^2 + 0,761x + 2,5655 \quad R^2 = 0,71$$

FIGURA 14 Teor de potássio em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

Todas as variáveis testadas influenciaram significativamente os valores correspondentes aos teores de fósforo encontrados na parte aérea de alface (Tabela 7). Observa-se, entretanto, que as diferenças encontradas foram mínimas, apesar de significativas. Ao longo do ciclo da cultura, os teores de fósforo variaram e interagiram com a idade das plantas, sem, contudo, definir uma tendência e consistência aos dados, mesmo considerando todos os tratamentos envolvendo cálcio e nitrogênio (Figura 15), o que também se assemelha aos resultados encontrados por Garcia (1982) quando se analisa sob o ponto de vista do maior e menor teor encontrado (Tabela 10).

A análise ao final do ciclo, 56 DAT, mostra resposta linear, quadrática e cúbica para as doses de nitrogênio dentro dos níveis de cálcio (Figura 16).

5.1.4 Fósforo

Quadro médio		*Significativo 5% de probabilidade	
FV	GL	N	Ca
Blocos	3	0,17755	0,03423
Ca	3	0,10757	0,08712*
N	2	0,88092*	0,01193
Ca x N	6	0,13335*	0,02128
Erro A	33	0,10041	0,00851
Epoca	6	12,87039*	1,15248*
Erro B	66	0,010756	0,01433
Epoca x Ca	18	0,05319	0,02497*
Epoca x N	12	0,12220*	0,01175
Epoca x Ca x N	36	0,12986*	0,00988
Erro	150	0,04101	0,01153
		5,07	6,62
			14,16
			0,14064
			0,34500*
			0,16927
			0,78495*
			0,43303
			18,88441*
			0,27477
			0,36384/*
			0,24010
			1,67430*
			0,57331
			K

TABELA 6 Resumo da análise de variância do teor de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e potássio (K), em %, na parte aérea de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.

Entretanto, estes valores não assumem importância do ponto de vista de nutrição, já que a variação foi mínima e dentro de padrões normais de plantas bem nutridas, 0,44%, segundo Garcia et al.(1982). Interessante ressaltar que, em comparação a resultados encontrados em outros trabalhos, (Furlani et al., 1978; Nakagawa et al., 1992; Vidigal et al., 1995 e Ricci et al 1995), verificou-se que os teores encontrados no presente trabalho, em função dos níveis de cálcio que proporcionaram o maior e o menor teor (Tabela 10) ficaram dentro da faixa dos respectivos autores, que variou de 0,14% a 0,94% de fósforo, sob diferentes condições de cultivo.

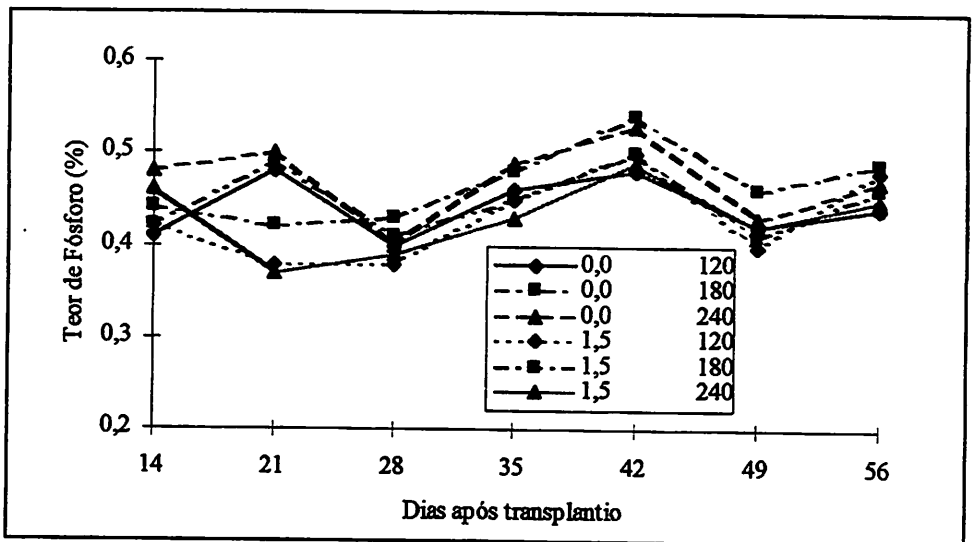
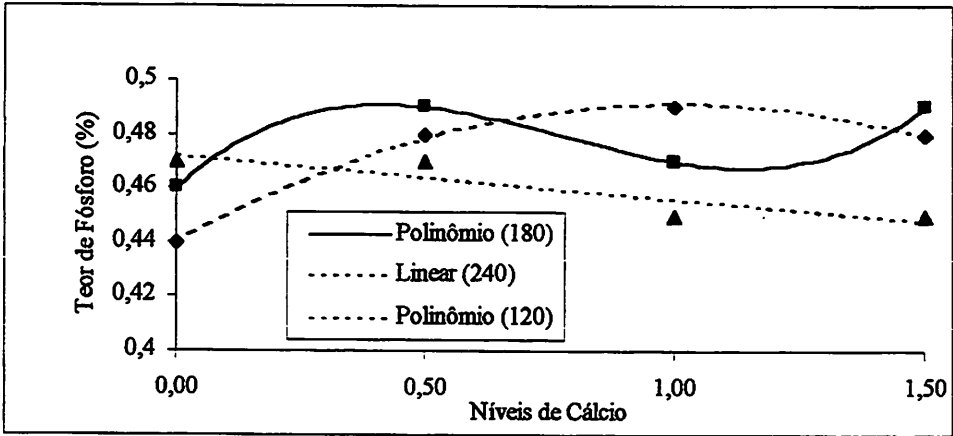


FIGURA 15 Teor de fósforo em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$120 (N) y = -0,05x^2 + 0,101x + 0,4405 \quad R^2 = 0,99$$

$$180 (N) y = 0,12x^3 - 0,28x^2 + 0,17x + 0,46$$

$$240 (N) y = -0,016x + 0,472 \quad R^2 = 0,80$$

FIGURA 16 Teor de fósforo em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.5 Magnésio

Os teores de magnésio nas folhas da alface foram influenciados significativamente apenas pelo cálcio aplicado via foliar, pela idade da planta e pela interação entre a idade da planta, época e cálcio (Tabela 7). A Figura 17 mostra que, independente dos níveis de cálcio aplicados via foliar, houve um padrão decrescente dos teores de magnésio na parte aérea ao longo do ciclo da cultura, o que também pode ser verificado com as combinações das doses de nitrogênio e os níveis de cálcio, que proporcionaram o maior e o menor teor do nutriente (Tabela 10). Provavelmente este comportamento está relacionado ao processo de senescência da planta, assim como ao aumento de tamanho da

planta, como anteriormente comentado. Verificou-se também que o cálcio “per se”, influenciou significativamente os teores de magnésio da folha, aumentando linearmente o seu teor (Figura 18). Contudo, respectivos teores ficaram dentro da faixa de plantas consideradas bem nutridas, 0,35%, segundo Garcia et al. (1982).

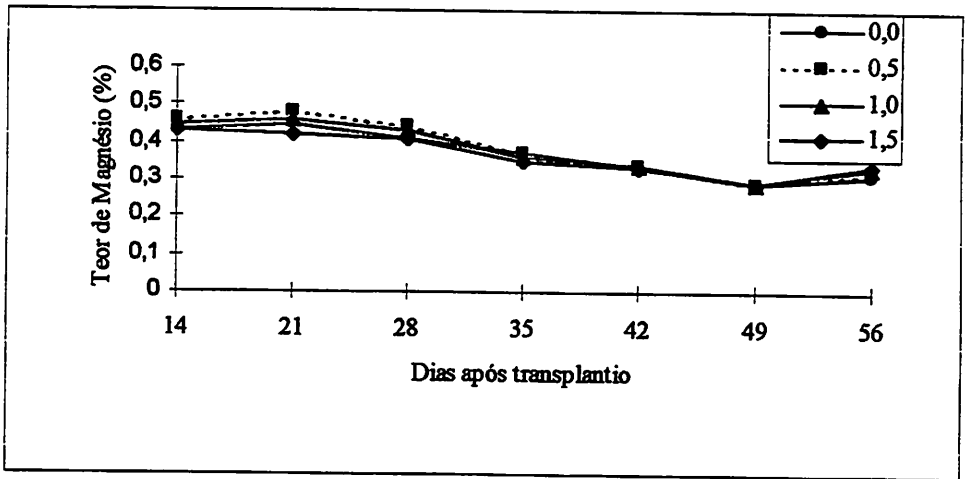


FIGURA 17 Teor de magnésio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.

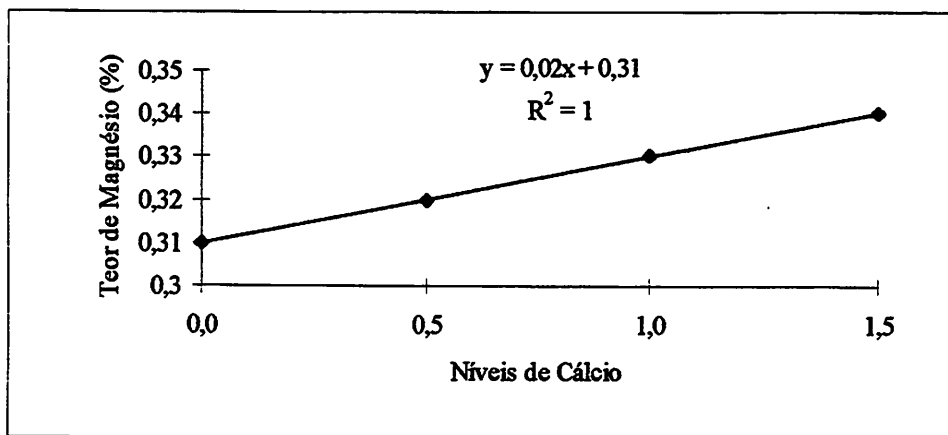


FIGURA 18 Teor de magnésio em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisado aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.6 Enxofre

A Tabela 7 mostra que os teores de enxofre nas folhas receberam influência significativa de todas as fontes de variação. Tanto o cálcio quanto o nitrogênio contribuíram na diferenciação dos teores encontrados nas folhas de maneira significativa. A Figura 19 mostra que as interações não impediram a tendência evidente dos teores decrescerem na parte aérea, a partir dos 42 DAT, indicando a redução, possivelmente em razão da senescência das plantas e/ou ao aumento de tamanho das mesmas. Observam-se também resposta linear aos aumentos dos níveis de cálcio objetivando também aumentar os teores de enxofre na parte aérea, revelando o potencial das plantas para maiores absorções (Figura 20). Entretanto, do ponto de vista nutricional, estas variações não assumem importância, uma vez que se encontram dentro da faixa considerada

normal para a planta, de acordo com Koorda com Eysinga e Smilde (1971) (Tabela 10).
 Os dados foram oriundos dos níveis de cálcio e das doses de nitrogênio que proporcionaram o maior e o menor teor do nutriente, os quais se situaram na faixa de 0,11% a 0,33 % encontrada por Furlani et al. (1978), Nakagawa et al. (1992) e Ricci et al (1995).

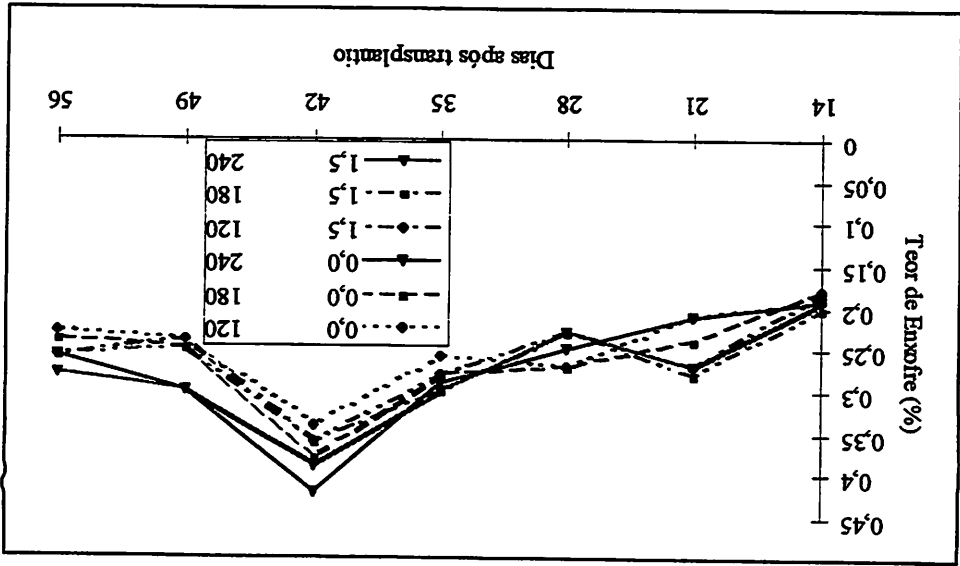
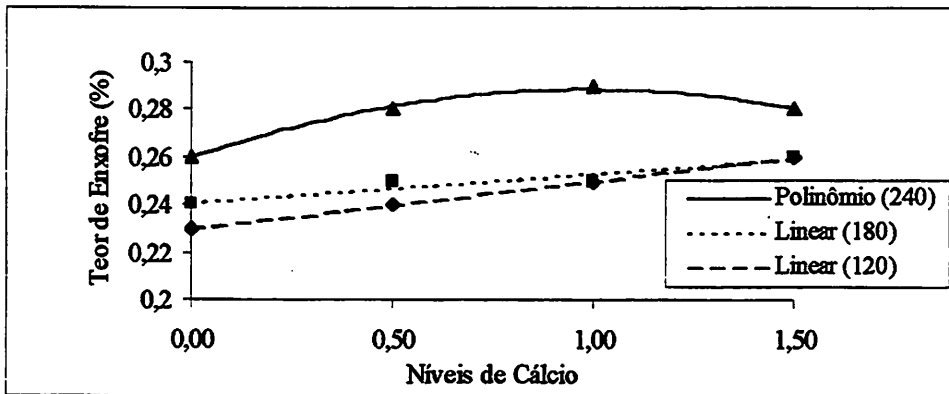


FIGURA 19 Teor de enxofre em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, das doses de nitrogênio e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$240(N) y = -0,03x^2 + 0,059x + 0,2595 \quad R^2 = 0,98$$

$$180(N) y = +0,012x + 0,241 \quad R^2 = 0,90$$

$$120(N) y = 0,02x + 0,23 \quad R^2 = 100$$

FIGURA 20 Teor de enxofre em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

TABELA 7 Resumo da análise de variância do teor de fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S), em %, na parte aérea de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.

FV	GL	Quadrado médio		
		P	Mg	S
Blocos	3	0,00089	0,00153	0,00391
Ca	3	0,01691*	0,00622*	0,00224*
N	2	0,00379*	0,00109	0,02307*
Ca x N	6	0,00806*	0,00085	0,00075
Erro A	33	0,00216	0,00083	0,00084
Época	6	0,04448*	0,19485*	0,16164
Erro B	66	0,00218	0,00096	0,00196*
Época x Ca	18	0,00412*	0,00176*	0,00261*
Época x N	12	0,00199*	0,00055	0,00271*
Época x Ca x N	36	0,00128*	0,00070	0,00138*
Erro	150	0,00056	0,00068	0,00062
CV(%)		5,18	6,94	9,34

*Significativo a 5% de probabilidade

5.2 Acúmulo de macronutrientes

5.2.1 Nitrogênio

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo em todas as variáveis analisadas, ou seja, cálcio, nitrogênio, época e nas interações: época X nitrogênio e época X nitrogênio X cálcio (Tabela 8). Isto significa que tanto o cálcio quanto o nitrogênio tiveram influência significativa na absorção e no acúmulo de nitrogênio na parte aérea da alface. Entretanto, a interação significativa entre cálcio e nitrogênio torna-se importante porque indica ter havido respostas significativamente diferentes na absorção do nitrogênio, quando os dois nutrientes Ca e N estavam presentes nas diferentes doses. A interação significativa entre cálcio, nitrogênio e épocas de avaliação é importante sob o ponto de vista do monitoramento da absorção e do acúmulo dos nutrientes durante o ciclo da cultura. A Figura 21 mostra que, apesar da interação ser significativa, indicando acúmulo e absorção do nitrogênio em diferentes quantidades de acordo com todos os tratamentos envolvendo nitrogênio e cálcio, a interação se verificou nas últimas datas de avaliação, coincidindo com o final do ciclo da cultura. Por outro lado, verifica-se que, mais de 50% do nitrogênio foi acumulado na parte aérea da alface nos 21 dias que antecederam a colheita (Tabela 10). Assim, esta interação tripla observada indica a tendência de maiores doses de nitrogênio, quando associadas com ausência ou menores doses de cálcio aplicadas via foliar, proporcionarem os maiores acúmulos de N ao final do ciclo (Tabela 10).

Quanto à marcha de absorção do nitrogênio, analisada em função das combinações de cálcio e nitrogênio que proporcionaram maior e menor acúmulo (Tabela 10), os dados são coerentes, uma vez que a extração dos nutrientes acompanhou o crescimento da planta (Zambon, 1982), embora tenha sido muito superior ao encontrado por Fernandes, Oliveira e Haag (1971) de 224mg em

alface lisa aos 65 dias e 469,6 mg/planta (Garcia, 1982). Todavia, esta aparente discrepância de resultados é facilmente compreendida quando se argumenta que as cultivares, os tipos de alface utilizadas, as adubações e as próprias condições da avaliação são diferentes.

A análise da interação N X Ca aos 56 DAT (Figura 22) mostra que houve tendência de redução no nitrogênio acumulado com o incremento da concentração de cálcio aplicado via foliar. O fato de o cálcio dificultar ou prejudicar a absorção de nitrogênio é contrário à dinâmica destes nutrientes sendo o inverso, segundo vários autores, quando se considera $N-NH_4^+$. Segundo Kirkby (1979), a absorção de cálcio é estimulada por nitrato e deprimida por amônio. Brumm et al. (1993) encontraram redução na quantidade de cálcio nas folhas de alface, associada ao aumento de doses de nitrogênio com conseqüente manifestação de tipburn. Assim, uma possível explicação está no fato de o cálcio ter sido aplicado via foliar e, portanto, prontamente absorvido pelas folhas, ocupando mais rapidamente espaços que poderiam, em condições normais, ter sido ocupados pelo N. Um reforço para esta hipótese pode ser verificada com a análise dos teores destes nutrientes na folha. Observou-se que, embora dentro da normalidade para alface, o teor ficou aquém do potencial da planta.

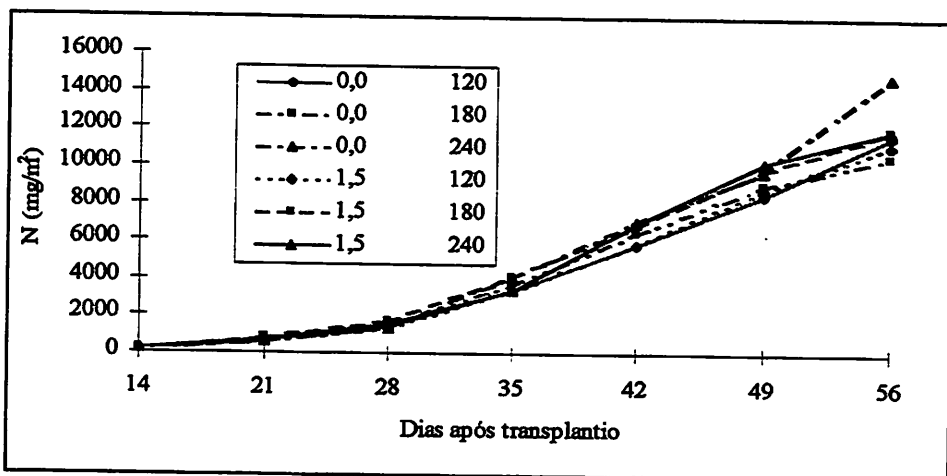
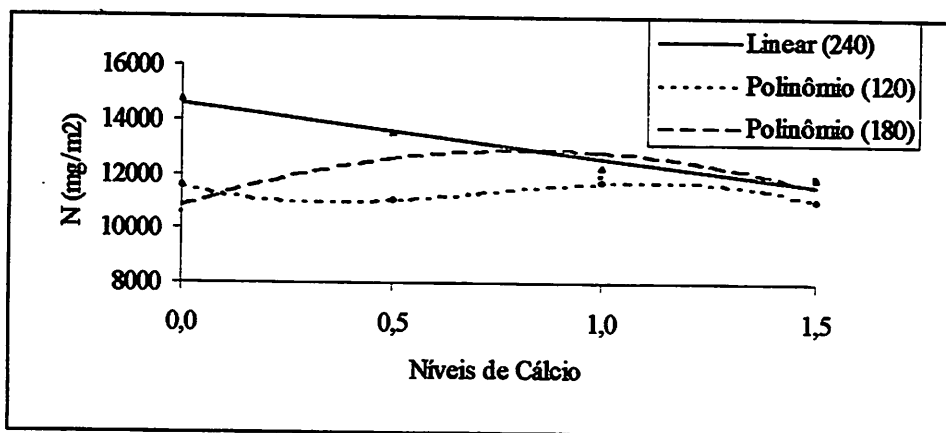


FIGURA 21 Acúmulo de nitrogênio (N) em mg/m^2 de área em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$(120 \text{ N}) y = -3276,1x^3 + 7239,1x^2 - 3830,6x + 11574$$

$$(180 \text{ N}) y = 3032,3x^2 + 5033,6x + 10843 \quad R^2 = 0,57$$

$$(240 \text{ N}) y = 1983,2x + 14597 \quad R^2 = 0,95$$

FIGURA 22 Acúmulo de nitrogênio (N), em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.2 Potássio

Conforme pode ser verificado na Tabela 8, não houve influência significativa do nitrogênio na absorção do potássio pelas plantas de alface, o mesmo acontecendo com as interações, excetuando-se a interação entre o cálcio e as épocas de avaliação. Assim, a absorção do potássio teve um padrão normal de acumulação nas folhas, sendo que todas as médias dentro de cada época de avaliação são consideradas estatisticamente iguais e foram aumentando com a idade das plantas. Desta forma, a extração dos nutrientes acompanhou o crescimento da planta, concordando com Zambon (1982).

A interação ocorrida entre cálcio e época de avaliação, foi verificada com a absorção de potássio anotada na ultima avaliação, ou seja, no final do ciclo (Figura 23). Observou-se também que o cálcio influenciou significativamente no acúmulo de potássio na parte aérea. A análise aos 56 DAT mostra uma resposta quadrática ao incremento dos níveis de cálcio (Figura 24). Pela equação de regressão, estima-se o nível de 0,6% de cálcio na solução para o acúmulo máximo de 10800 mg/m² de área. Provavelmente, a redução nas quantidades acumuladas a partir deste ponto dá-se em razão da competição do cálcio aplicado via foliar com o potássio absorvido via radicular, ou ainda devido ao alto teor de cálcio existente no solo (Tabela 1), interferindo na disponibilidade do potássio (Raij, 1981). Entretanto, as quantidades acumuladas na colheita e no decorrer do crescimento da planta (Tabela 10) são superiores aos encontrados por Fernandes et al. (1971) que registrou acúmulo de 536,5 mg/planta de potássio, inferior, todavia, aos 1.017,2 ppm encontrado por Garcia (1982) aos 72 dias para alface Brasil 48. Mas, ainda assim, estas quantidades não foram suficientes para que os teores do nutriente nas folhas ficassem dentro do normal, conforme visto anteriormente.

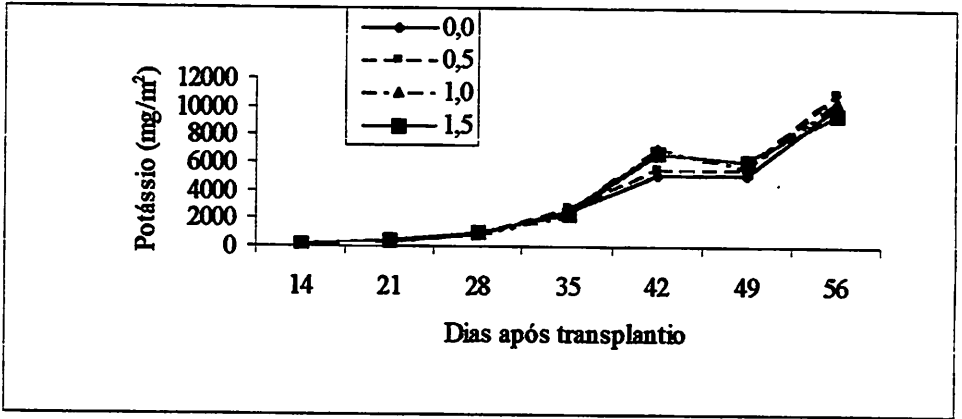


FIGURA 23 Acúmulo de potássio em mg/m^2 de área em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar e das épocas de avaliação. UFLA, Lavras-MG, 1998.

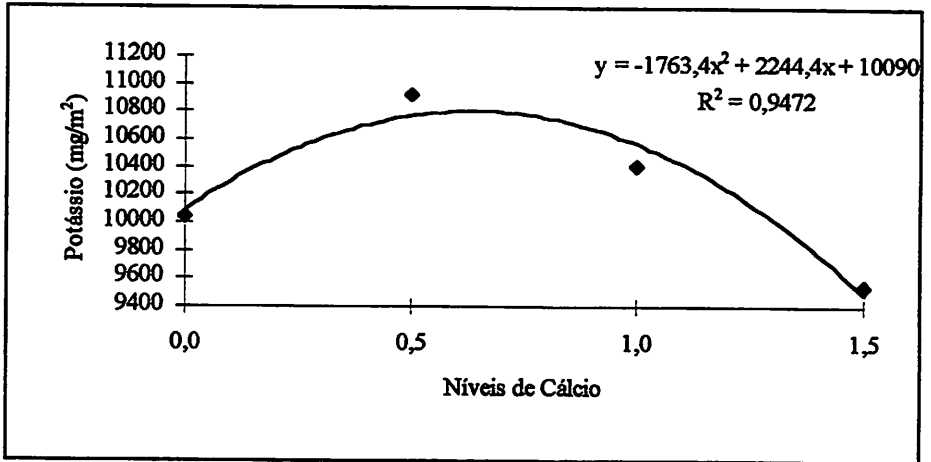


FIGURA 24 Potássio acumulado em alface americana, em função de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.3 Cálcio

Observou-se efeito significativo apenas para a interação entre cálcio e nitrogênio e para as épocas de avaliação (Tabela 8). Tanto as doses de nitrogênio quanto os níveis de cálcio não influenciaram significativamente o acúmulo do nutriente na parte aérea. Assim, as médias observadas dentro de cada época de avaliação, independente dos níveis de cálcio aplicados, inclusive, quando não houve aplicação via foliar, são consideradas estatisticamente iguais. Neste caso, é importante observar que a absorção do nutriente pelas folhas foi mínima, não variando significativamente com a aplicação via foliar. É provável que as quantidades altas existente no solo, acima de 6 cmol/dm^3 (Tabela 1), tenham sido suficientes para suprir adequadamente a planta. A marcha de absorção do nutriente (Tabela 10) mostra que o acúmulo do nutriente acompanhou o crescimento da planta, chegando aos 56 DAT com um valor de $529,58 \text{ mg/planta}$, bem acima de $140,8 \text{ mg/planta}$, valor encontrado por Fernandes et al. (1971) e $161,2 \text{ mg/planta}$, encontrado por Garcia (1982).

TABELA 8 Resumo da análise de variância para acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), em mg/m^2 , na parte aérea de alface tipo americana. UFLA, Lavras-MG, 1998.

FV	GL	Quadrado médio		
		N	Ca	K
Blocos	3	3601617,48	415693,89	799638,44
Ca	3	1130251,89*	322081,25	209586,55*
N	2	9998294,27*	166838,43	1166036,45
Ca x N	6	1684557,91*	354573,38*	354573,38
Erro A	33	1001683,86	157677,70	1189106,09
Época	6	1008239473,95*	216422575,99*	685983762,31*
Erro B	66	1133714,71	156749,83	1303278,27
Época x Ca	18	642227,38ns	172692,11	2335014,05*
Época x N	12	2205231,75*	171153,15	745781,00
Época x Ca x N	36	1022286,03*	135381,63	973242,81
Erro	150	499978,63	14181,25	807422,00
CV(%)		17,26	18,99	24,37

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

5.2.4 Fósforo

A Tabela 9 mostra que houve efeito significativo praticamente em todas as fontes de variação analisadas, excetuando as interações entre época X cálcio e época X nitrogênio. O efeito significativo de época é justificado, uma vez que os dados de fósforo são cumulativos de avaliações semanais e demonstram a marcha de absorção do nutriente. A interação significativa entre época X cálcio X nitrogênio, mostra que houve comportamento diferente dos tratamentos das doses de nitrogênio X níveis de cálcio, nas épocas avaliadas, sem, contudo, alterar a marcha de absorção do nutriente (Figura 25). Esta absorção foi crescente, de acordo com a idade da planta e época e mostra que mais da metade de todo o fósforo foi absorvido nas duas semanas anteriores à colheita, em todos os tratamentos (Tabela 10), estando de acordo com Fernandes et al. (1971).

A análise da interação entre cálcio X nitrogênio, aos 56 DAT (Figura 26), mostra respostas quadráticas e linear, no sentido de diminuir as quantidades de fósforo absorvida com o aumento dos níveis de cálcio. Contudo, sob o ponto de vista nutricional, estes dados não assumem importância, uma vez que o teor do nutriente nas folhas foi considerado normal. Por outro lado, as quantidades encontradas nas folhas (Tabela 10), são extremamente superiores ao encontrado por Fernandes et al. (1971), 46,9mg/planta, e Garcia (1982), que registrou 100,13mg/planta.

Provavelmente, os altos teores existentes no solo (Tabela 1) podem ter contribuído para estes resultados, o que permite supor que tanto o nitrogênio quanto o cálcio, embora com respostas significativas, não influenciaram na nutrição do fósforo.

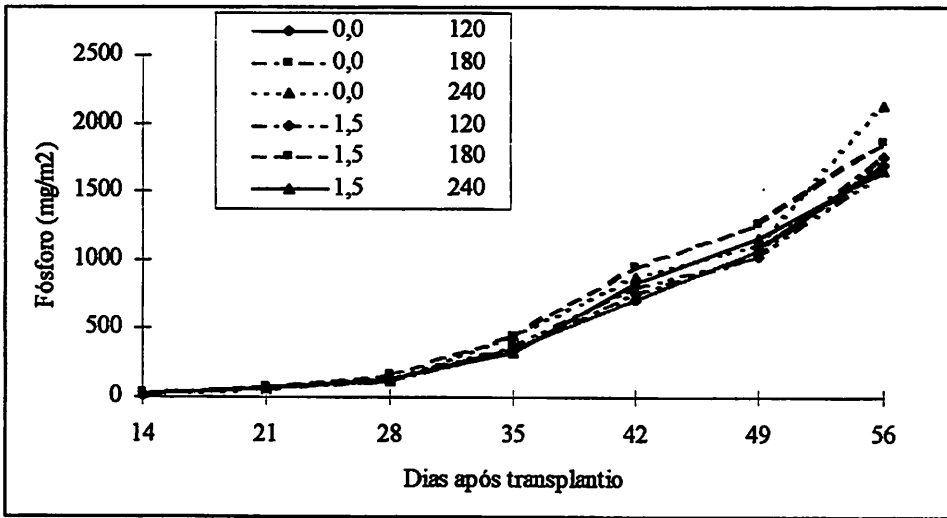


FIGURA 25 Acúmulo de fósforo na parte aérea de plantas de alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.

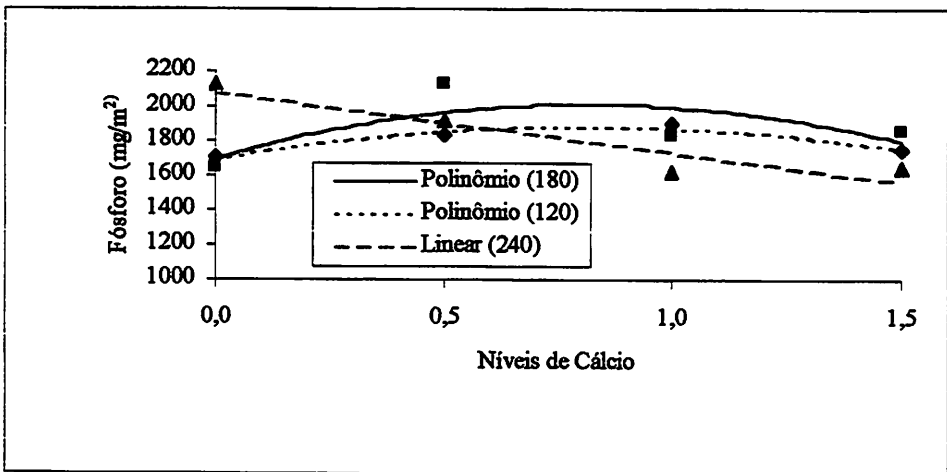


FIGURA 26 Acúmulo de fósforo, em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicado via foliar, analisado aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.5 Magnésio

A absorção do magnésio foi influenciada significativamente pela interação dos fatores idade das plantas X cálcio X nitrogênio (Tabela 9). Esta interação significa que os tratamentos proporcionaram respostas truncadas em termos relativos, quando analisados nas diferentes épocas, sem contudo, alterar a marcha de absorção do nutriente (Figura 27). A Tabela 10 mostra que mais de 50% do nutriente acumulou-se nas folhas nas duas últimas semanas anteriores a colheita, o que está de acordo com Fernandes et al. (1971). Analisando a interação dos nutrientes cálcio e nitrogênio aos 56 DAT, observa-se que não houve completa definição da tendência da absorção do magnésio, com resposta cúbica, quadrática e linear, mas, uma discreta tendência de redução do magnésio na parte aérea, com o aumento dos níveis de cálcio (Figura 28). Contudo, sob o ponto de vista nutricional, este dados não assumem importância relevante uma vez que os níveis do nutriente nas folhas indicam normalidade (Tabela 10), mesmo sendo superiores aos 34,7mg/planta encontrados por Fernandes et al. (1971) e aos 51,6 mg/planta encontrados por Garcia (1982).

É possível que os teores altos existentes no solo, assim como a boa relação cálcio/magnésio (Tabela 1), tenham concorrido para o bom estado nutricional das plantas.

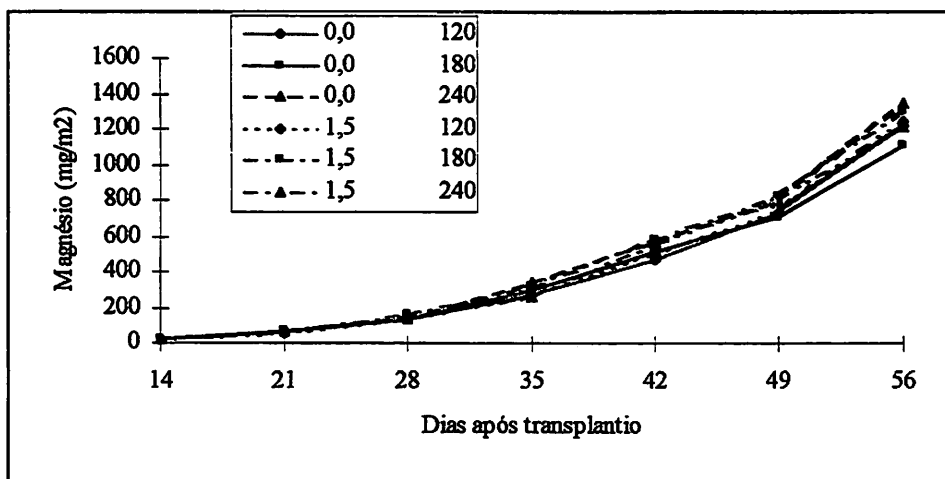
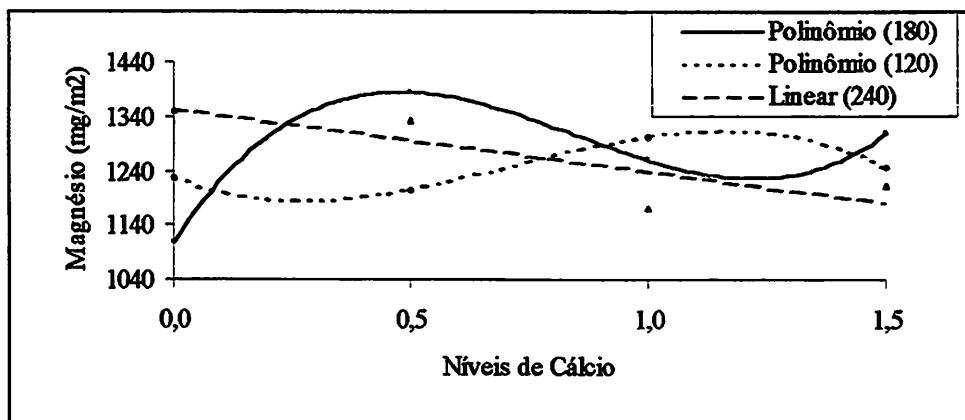


FIGURA 27 Acúmulo de magnésio na parte aérea de plantas de alface, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo, de níveis de cálcio aplicados via foliar e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.



$$(120 \text{ N}) \quad y = -363,46x^3 + 783,54x^2 - 345,24x + 1228,3$$

$$(180 \text{ N}) \quad y = -229,56x^3 + 439,76x^2 + 1135,9 \quad R^2 = 0,59$$

$$(240 \text{ N}) \quad y = -114,56x + 1352,9 \quad R^2 = 0,71$$

FIGURA 28 Acúmulo de magnésio em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.6 Enxofre

O acúmulo de enxofre nas folhas de alface foi afetado significativamente pelo nitrogênio, pelo cálcio e pela interação cálcio X nitrogênio (Tabela 9). As variações significativas entre épocas explica que, em cada uma das épocas analisadas, as quantidades de enxofre nas folhas foram diferentes estatisticamente. Entretanto, esta significância era esperada uma vez que os dados são cumulativos de avaliações semanais, significando que houve absorção regular do nutriente. A interação entre a idade da planta, época X doses de nitrogênio mostra que as doses de nitrogênio proporcionaram acúmulo crescente do enxofre na parte aérea da planta cuja significância aconteceu nas três última semanas (Figura 29). A partir deste tempo, as doses de nitrogênio proporcionaram aumento linear na acumulação de enxofre na parte aérea da planta (Figura 30). A utilização do sulfato de amônio como fonte de nitrogênio nos tratamentos complementares explica a acumulação observada. Por outro lado, as quantidades de enxofre nas folhas (Tabela 10) são bem superiores ao registrado por Fernandes et al. (1971), (32,6mg/planta), sem, contudo, extrapolar a normalidade do teor na parte aérea que, como visto, foi considerado normal para alface.

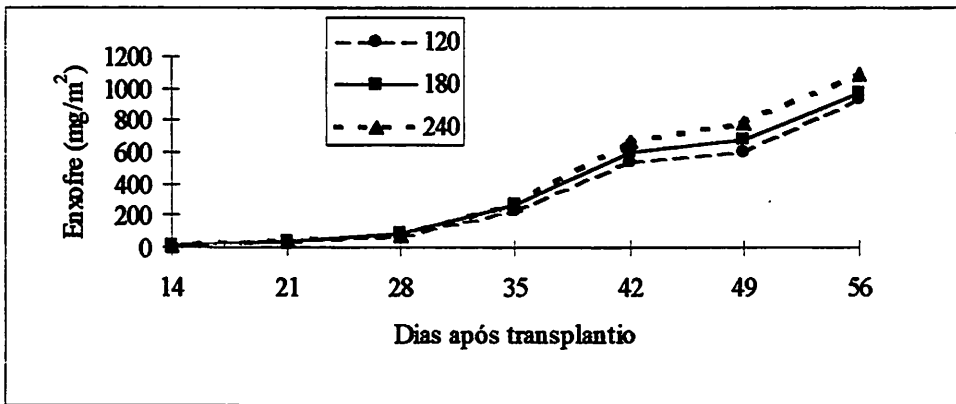


FIGURA 29 Acúmulo de enxofre na parte aérea de plantas de alfaca, em função de doses de nitrogênio aplicadas no solo e da idade da planta. UFLA, Lavras-MG, 1998.

TABELA 9 Resumo da análise de variância para acúmulo de fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea de alfaca em mg/m². UFLA, Lavras-MG, 1998.

FV	GL	Quadrado médio		
		P	Mg	S
Blocos	3	109011,65	17826,12	15069,60
Ca	3	55503,54*	17415,38	10706,45
N	2	55413,61*	18773,53	141801,45
Ca x N	6	62677,92*	16566,61	8094,49*
Erro A	33	20779,21	9094,92	6395,62
Época	6	21410579,69*	9566913,89	7047174,86
Erro B	66	21009,98	5829,52	8694,00
Época x Ca	18	15879,19	3693,94	4394,11
Época x N	12	11347,35	4561,32	27073,07*
Época x Ca x N	36	26796,26	7320,05*	4717,58
Erro	150	14181,25	4819,18	3443,13
CV(%)		18,99	15,76	15,41

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

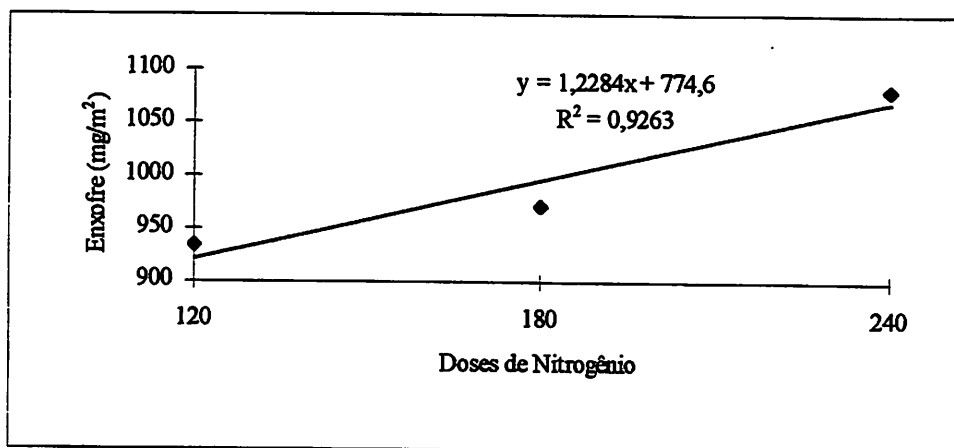


FIGURA 30 Acúmulo de enxofre, em mg/m^2 de área, em alface americana, em função de doses de N aplicadas no solo, analisados aos 56 dias após o transplante. UFLA, Lavras-MG, 1998.

TABELA 10 Acúmulo (mg/planta), acúmulo percentual (%) e teor em % (t) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e cálcio (Ca) em função de doses de N e de níveis de Ca. UFLA, Lavras-MG, 1998.

		NUTRIENTES																	
Idade da Planta	N						P						K						
	TRATAMENTOS						TRATAMENTOS						TRATAMENTOS						
DAP	(0,5Ca x 240N)			(0,0Ca x 180N)			(0,0Ca x 240N)			(1,0Ca x 240N)			(0,5Ca)			(1,5Ca)			
	mg/pl.	(%)	t(%)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	
0-14	18,36	1,50	3,44	14,32	1,50	3,51	2,06	1,07	0,45	1,80	1,24	0,45	10,16	1,03	2,10	8,38	0,97	1,77	
0-21	71,03	5,81	4,64	58,83	6,20	4,39	6,35	3,32	0,50	3,90	2,69	0,35	28,77	2,92	2,05	38,62	4,49	2,67	
0-28	150,70	12,34	4,55	125,77	13,26	4,34	11,24	5,88	0,40	11,31	7,76	0,42	81,88	8,32	2,58	91,08	10,60	2,80	
0-35	449,22	36,79	4,48	329,03	34,71	4,49	40,17	21,01	0,49	31,39	21,55	0,48	247,99	25,21	2,85	210,74	24,54	2,89	
0-42	609,84	49,91	4,13	577,66	60,94	4,04	79,22	41,45	0,53	69,86	47,96	0,50	502,54	51,09	3,46	604,07	70,34	4,08	
0-49	847,91	69,45	3,58	810,08	85,46	3,60	100,91	52,79	0,43	89,58	61,98	0,43	504,14	51,25	2,17	549,86	64,03	2,27	
0-56	1220,73	100,00	3,34	947,83	100,00	2,95	191,14	100,00	0,47	145,66	100,00	0,45	983,53	100,00	2,70	858,72	100,00	2,50	

		Mg												S						Ca		
Idade da Planta	TRATAMENTOS						TRATAMENTOS						TRATAMENTOS									
	(0,5Ca x 180N)			(0,0Ca x 180N)			(240N)			(120N)												
DAT	mg/pl.	(%)	t(%)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)	mg/pl.	%	% (t)				
	0-14	2,02	1,62	0,46	1,71	1,72	0,43	0,85	0,87	0,19	0,82	0,97	0,18	6,88	1,29	1,53						
0-21	6,16	4,95	0,48	5,75	5,77	0,45	3,48	3,58	0,26	3,11	3,70	0,22	23,87	4,50	1,78							
0-28	12,28	9,85	0,44	12,10	12,14	0,41	7,21	7,41	0,24	7,23	8,61	0,24	54,80	10,34	1,82							
0-35	28,95	23,23	0,37	26,49	26,59	0,37	23,93	24,59	0,30	20,89	24,86	0,28	124,09	23,43	1,61							
0-42	47,71	30,28	0,34	46,20	46,37	0,33	59,48	61,11	0,40	48,54	57,75	0,35	244,17	46,10	1,69							
0-49	70,47	56,54	0,29	63,93	64,16	0,29	70,50	72,43	0,30	53,43	63,56	0,24	321,19	60,64	1,39							
0-56	124,62	100,00	0,32	99,63	100,00	0,31	97,32	100,00	0,27	84,06	100,00	0,24	529,58	100,00	1,51							

5.3 Incidência de tipburn

A análise das folhas e da planta como um todo revelou não haver incidência de tipburn em nenhuma das parcelas com os respectivos tratamentos. Nas condições em que foi realizada a pesquisa, uma série de fatores devem ser levados em consideração. Excetuando-se o ambiente de estufas onde a ocorrência desta deficiência é mais severa (Collier e Tibbitts, 1982), altas temperaturas, que favorecem a sua ocorrência em alface (Bangerth, 1973; Yanagi et al., 1983) não estiveram presentes durante o período experimental, uma vez que os experimentos foram realizados no inverno, com temperaturas baixas; as quantidades de cálcio no solo, conforme Tabela 1, eram ótimas e em níveis altos; as irrigações foram feitas com base em evaporação de tanque classe A, portanto, atendendo perfeitamente às necessidades da cultura. Finalmente, a parcela testemunha, onde não foi aplicado o cálcio foliar também não apresentou plantas com sintomas do distúrbio. Mesmo nestas parcelas, o cálcio esteve presente nas folhas, na quantidade de 13,20mg/g de matéria seca, muito acima da quantidade encontrada por Barta e Tibbittis (1991) (0,2 a 0,4mg/g de peso seco), em folhas que desenvolveram os sintomas de tipburn. Assim, torna-se impossível fazer alguma inferência quanto aos tratamentos na incidência do tipburn. Assim, torna-se impossível fazer alguma inferência quanto aos tratamentos na sua incidência.

6 Conclusões

Observou-se, neste trabalho, que houve acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre, muito superior aos encontrados por diversos autores. Entretanto, as respostas significativas não assumiram importância, em razão dos teores destes macronutrientes nas folhas serem considerados normais.

O nitrogênio poderia ter sido aplicado em doses superiores a 240kg/ha com possíveis respostas positivas de aumento de produção, sem risco de provocar deficiência de cálcio.

O potássio recebeu concorrência do cálcio, diminuindo o acúmulo e teor na parte aérea, sem, contudo, prejudicar a produção, mas acusando deficiência do nutriente.

O cálcio aplicado via foliar foi desnecessário, não concorrendo para aumentar nem o teor e nem a quantidade absorvida em mg/planta.

A não ocorrência do tipburn não foi devida a aplicação foliar de cálcio; provavelmente porque as temperaturas não foram suficientemente altas para induzir a deficiência.

Em solos com teores de cálcio alto, dispensa-se a aplicação foliar do nutriente.

A aplicação do nitrogênio, deve ser parcelada em quantidades menores no início e maiores no final das aplicações.

7 Referências bibliográficas

- BANGERTH, F.** Investigations upon Ca related physiological disorders. *Phytopath. Z.*, 77: 20-37, 1973.
- BARTA, D.J. & TIBBITTS, T.W.** Calcium localization in lettuce leaves with and without tipburn: comparison of controlled-environment and field-grown plants. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, v.5, n.116, p. 870-875, 1991.
- BRUMM, I.; SCHENK, M.; GYSI, C.** Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. *Acta horticulturae.*, n.339, p.125-136, 1993.
- COLLIER, G.F.; TIBBITTS, T.W.** Effects of relative humidity and root temperature on calcium concentration and tipburn development in lettuce. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, v.109, n.2, p.128-131, 1984.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.
Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.
4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.

FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, G.O.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças, XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Olericultura**, v.11, n.32, 1971.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R. ; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, v.37, n.5, p.33-44, 1978.

GARCIA, L.L.C. Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. **Brasil 48** e **Clause's Aurélia**. Piracicaba, ESALQ, 1982. 78p. (Dissertação de Mestrado).

LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. **Agricultural Experimentation**. New York: John Willey and sons, 1978. 350 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

NAKAGAWA, J.; PROCHNOW, L.I.; BULL, L.T.; VILLAS BOAS, R.L. Efeitos de compostos orgânicos na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Científica**, São Paulo, v.20, n.1, p.173-180, 1992.

RAIJ, B.V., Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981, 142p.

RICCI, M.S.F. ; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; RUIZ, H.A. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, v.30, n.8, p.1035-1039, ago.1995.

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

VIDIGAL, S.M.; RIBEIRO, A.C.; CASALI, V.W.D.; FONTES, L.E.F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I-Ensaio de Campo. **Revista Ceres**, v.42, n.239, p.80-88, 1995

YANAGI, A.A.; BULLOCK, R.M.; CHO, J.J. Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii. **J.Amer.Soc.Hort.Sci.**, v.2, n. 108, p.234-237, 1983.

ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MÜLLER, J.J.V. e CASALI, V.W.D. **Seminários de Olericultura**, 2ªed.,edição; Viçosa, MG, 1982. v.I, p.77-106.

CAPÍTULO 4

EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO APLICADAS NO SOLO E NÍVEIS DE CÁLCIO APLICADOS VIA FOLIAR SOBRE O TEOR E O ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM ALFACE AMERICANA

1 Resumo

Com o objetivo de avaliar os efeitos do cálcio aplicado via foliar e do nitrogênio aplicado no solo, no acúmulo e na absorção de micronutrientes pela alface, foi efetuado o presente trabalho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial: três doses de nitrogênio (120, 180 e 240 kg de N/há) e quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5 1,0 e 1,5% da solução) e sete épocas de avaliação, com quatro repetições. As doses de nitrogênio foram aplicadas via fertirrigação por gotejamento na quantidade de 120kg/ha de N em todas as parcelas sendo que as parcelas correspondentes a 180 e 240 kg/ha de N, receberam o complemento no solo. O cálcio foi aplicado via foliar com pulverizador costal de CO₂. Os trabalhos foram conduzidos na área experimental da "REFRICON Mercantil Ltda", no município de Santo Antônio do Amparo-MG. Foram feitas avaliações do teor e acúmulo de boro, cobre, manganês e zinco na parte aérea das plantas. As amostras foram coletadas das plantas em intervalos de sete dias, iniciando-se aos 14 dias após o transplântio, até aos 56 dias, totalizando sete amostragens. Observou-se que o teor de cobre não recebeu influência significativa de N e Ca mas decresceu com a idade da planta. Para seu acúmulo houve significância da época e interação cálcio X época, registrando aumento de cobre com o aumento dos níveis de cálcio. O acúmulo foi considerado inferior mas, com teor dentro da normalidade. O teor e acúmulo de boro tiveram influência significativa de todas as fontes de variação sendo que à medida que aumentaram os níveis de cálcio, decresceu a quantidade de boro na parte aérea. Os teores foram considerados normais e as quantidades superiores, comparados com outros autores. A interação época X N X Ca foi significativa para o teor de zinco com todas as fontes de variação influenciando no acúmulo que, decresceu com o aumento de cálcio. O teor de zinco ficou dentro do normal mas, com quantidades muito inferiores quando comparado com outros autores. O teor de manganês foi influenciado apenas pela época, enquanto o acúmulo teve influência significativa de todas as fontes, decrescendo com o aumento dos níveis de cálcio. As quantidades foram muito inferiores às encontradas por outros autores, embora o teor seja considerado normal. A absorção de todos os micronutrientes analisados foi considerada tardia.

2 Abstract

EFFECTS OF NITROGEN RATES AND FOLIAR-SPRAYED CALCIUM LEVELS ON MICRONUTRIENT UPTAKE AND ACCUMULATION IN CRISPHEAD LETTUCE

A trial was carried out at the Refricon Mercantil Experimental Area, city of Santo Antonio do Amparo, State of Minas Gerais, in order to evaluate the effects of Ca and N levels on the uptake and accumulation of micronutrients in crisphead lettuce. A randomized complete block design scheme with 4 replications was used, in which the treatments were a factorial combination of Nitrogen levels (120, 180 and 240 kg/ha), 4 Calcium levels (0,0, 0,5, 1,0 and 1,5% in solution) and 7 evaluation dates. Nitrogen rate of 120 kg/ha was applied via drip fertirrigation in all plots, and additional rates were applied via soil in the plots corresponding to the 180 kg/ha and 240 kg/ha total rate. Calcium was applied using a CO₂ back-pack sprayer. Evaluations were made on plants sampled at 7-day intervals, starting 14 days after transplanting (d.a.t) and ending 56 d.a.t., amounting to 7 evaluation dates. Uptake and accumulation of Boron, Zinc, Copper and Manganese were studied. Copper levels were not influenced by either N or Ca, but decreased with plant age; its accumulation was influenced by Ca x evaluation date interaction, and increased with increasing Ca levels. Copper accumulation was lower, but contents were within the normal range. Uptake and accumulation of Boron was significantly affected by all sources of variation. Boron uptake and accumulation were influenced by all sources of variation, and Boron levels in the aerial portions decreased with increasing Ca levels. Boron levels were within the normal range, but were higher than those reported by other authors. The interaction N x Ca x evaluation date significantly affected Zinc content, which decreased with increasing Ca levels. Even though Zn levels were considered to be within the normal range, they were much lower than those reported by other authors. Manganese contents were influenced by the evaluation dates only, but Manganese accumulation was significantly affected by all sources of variation, and decreased with increasing Ca levels; even though Mn contents were considered normal, they were much lower than those reported by other authors. Uptake of all micronutrients under study was concentrated in the latter phase of plant development.

3 Introdução

Informações quanto a adubação da alface em termos dos micronutrientes boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco são escassas e indefinidas, principalmente em se tratando de alface do tipo americana. O ciclo comercial muito rápido da cultura, aliado, principalmente, à dificuldade de identificar sintomas da carência do micronutriente, faz com que esta seja uma prática negligenciada pelo produtor. Sabe-se, entretanto, que estes nutrientes são essenciais e a sua falta impede a planta de completar o ciclo. Por outro lado, o uso constante de micronutrientes no solo, principalmente em culturas como alface que usa a mesma área inúmeras vezes, invariavelmente, tem provocado acúmulo excessivo no solo, intoxicando as plantas com significativa redução na produção e produtividade. O uso parcial da fertirrigação na aplicação do nitrogênio aliado à aplicação de cálcio via foliar em plantas de alface, possa alterar a dinâmica da absorção destes micronutrientes pelas plantas. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os efeitos do nitrogênio e do cálcio na absorção e acúmulo de micronutrientes em solos usado intensivamente para produção comercial de alface tipo americana.

4 Material e métodos

Os estudos foram realizados no município de Santo Antônio do Amparo-MG situado a 1.020 m de altitude. A área experimental foi cedida pela “REFRICON Mercantil Ltda”, onde foram instaladas as parcelas experimentais, adaptando-as no próprio local onde se encontra a produção de alface tipo americana da fazenda. O solo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro, apresentava as seguintes características químicas e físicas, antes do transplante:

pH em água = 6,7, Al = 0,0 cmolc/dm³, Ca = 6,0 cmolc/dm³, Mg = 2,0 cmolc/dm³, K = 217,2 mg/dm³, P = 132 mg/dm³, B = 1,39 mg/dm³, Zn = 11,82 mg/dm³, V = 83,12%, matéria orgânica = 3,10 dag/kg, areia, silte e argila, respectivamente, 31,7%, 22,7%, e 45,5%, considerando média de quatro amostras.

A área experimental foi constituída de oito estruturas de proteção (estufa), modelo túnel alto, com 3 metros de largura, 1,70 metro de altura e comprimento de 25,2 m, coberta com película de polietileno transparente de baixa densidade, aditivada anti U-V, de 100 micras de espessura. O solo relativo à área de plantio também foi coberto com “mulching” de plástico preto.

O plantio foi feito utilizando-se a cultivar de alface Ryder, selecionada e distribuída pela Asgrow, caracterizando-se por plantas de ciclo comercial de 65 dias a partir da sementeira e 48 a 50 dias a partir do transplante. As plantas são vigorosas e muito uniformes, de tamanho médio a grandes. Possuem folhas mais duras e de coloração verde clara, com a cabeça, parte comercial, variando de média a grande com boa compacidade, possuindo também boa tolerância ao pendoamento precoce.

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, utilizando-se uma mistura de substrato organo-mineral adicionada de 30% de casca de arroz carbonizada e adubadas com 500 g de superfosfato simples por 20 litros da mistura.

Toda área experimental, sob as estruturas de proteção, dez dias antes do transplantio das mudas, recebeu adubação de plantio incorporado ao solo, constando de 350kg/ha de P₂O₅ e 86kg/ha de K₂O na forma de Fosmag 510, com base nas recomendações da Comissão (1989).

O semeio foi feito em 08/04/98 e o transplante das mudas para a área experimental foi realizado quando as mudas atingiram quatro folhas definitivas, o que ocorreu a 06/05/98.

Os tratamentos, tanto via solo quanto via foliar, foram iniciados após uma semana do transplante das mudas sendo o nitrogênio na forma de uréia e nitrato de potássio, via fertirrigação por gotejamento, com uma frequência diária correspondente ao turno de segunda a sábado, com intervalo aos domingos. Foram colocados diariamente, junto com o N, mais 62kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio. A irrigação foi realizada com base na evaporação do tanque classe A colocado nas imediações da área experimental. A solução contendo os nutrientes N e K, era armazenada em reservatório de 100 litros e injetada ao sistema, por injetor de fertilizantes tipo Ventury. Utilizou-se a fertirrigação rotineira da propriedade de 120 kg/ha de N, completando com aplicações no solo as parcelas cujos tratamentos excediam esta quantidade, na forma de sulfato de amônio. O sistema de gotejador tipo Nachum com vazão de 1,7l/h/gotejador foi dispostos nos canteiros em duas linhas de gotejadores para as quatro linhas de alface. Um gotejador em cada linha era colocado fora da área experimental, com a finalidade de aferimento das doses de nitrogênio através da condutividade elétrica. Os tratos culturais e fitossanitários foram efetuados de acordo com o recomendado para a cultura. A aplicação do cálcio, via foliar, foi realizada via pulverizador de CO₂, com uma frequência semanal, independente das frequências de fertirrigação.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3 X 4, com três doses de nitrogênio (120, 180 e 240 kg/há) e quatro níveis de cálcio (0,0, 0,5, 1,0 e 1,5% da solução), respectivamente, 0,0 g/ha/ciclo; 900g/ha/ciclo; 1800g/ha/ciclo e 2700g/ha/ciclo, aplicados via foliar, com quatro repetições. Como fonte de nitrogênio utilizou-se a uréia e o sulfato de

amônio e como fonte de Ca, o cálcio quelatizado, formulado pela Arbore Comércio e Indústria, com 10% do nutriente.

As estruturas de proteção (estufa), no total de quatro, comportavam dois canteiros cada uma, tendo o canteiro com as dimensões de 25,2 m de comprimento e 1,2 m de largura, no total de 8, constituindo quatro blocos. Todas as parcelas receberam um tratamento comum 120 kg/ha, via fertirrigação. As plantas de alface, em cada parcela, foram dispostas em quatro fileiras espaçadas de 0,30m, com espaçamento de 0,30m dentro da fileira, totalizando 56 plantas por parcela. A parcela útil foi formada das 40 plantas centrais, das quais 24 foram utilizadas para o monitoramento dos teores de micronutrientes, aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o transplante, coletadas neste caso somente as plantas competitivas. As plantas foram levadas ao laboratório, lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada. A parte aérea foi separada e colocada em sacos de papel perfurados e secadas em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de, aproximadamente 70°C até o peso tornar-se constante. As amostras correspondentes a avaliação dos 56 DAT foram separadas para aferição da produção comercial e determinação de macro e micronutrientes.

Após este procedimento, as amostras foram moídas e acondicionadas em recipientes vedados com tampa de plástico com as devidas identificações. A análise e quantificação dos micronutrientes no respectivo material foi realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Foram avaliados os seguintes parâmetros: acúmulo e teor de boro, cobre, manganês e zinco.

O boro foi determinado através do método colorimétrico da curcumina com digestão por via seca. O zinco, manganês e cobre foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica no extrato nitroperclórico conforme descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

4.1 Análise estatística

Todos os resultados foram verificados quanto a normalidade e homogeneidade, através dos testes de Lilliefors e Bartlett, de acordo com Little e Hills (1978), com posterior análise de variância

5 Resultados e discussão

5.1 Teor dos micronutriente

5.1.1 Cobre

Os teores de cobre analisados na parte aérea da alface não foram influenciados significativamente pelas doses de nitrogênio aplicadas no solo e pelos níveis de cálcio aplicados via foliar (Tabela 11). Apenas as análises considerando a idade da planta tiveram influência significativa, mostrando que houve variação nos teores, de acordo com a idade da planta. Os teores de cobre decresceram com a idade da planta (Figura 31).

Comparando com os resultados de Garcia (1982), que analisou os teores em duas cultivares de alface, verifica-se que o cobre, independente da idade da planta, aumentou até aos 62 dias, quando assinalou um pequeno decréscimo na última avaliação aos 72 dias, acompanhando o acúmulo do micronutriente. Contudo, os resultados encontrados neste trabalho, (média de 8,4 ppm na colheita), estão de acordo com aqueles resultados encontrados por Furlani et al. (1978), Garcia (1982), Nakagawa et al. (1992) e Ricci et al. (1992), os quais variaram de 3,0 a 15 ppm, em alface no final do ciclo e, consideradas normais, por Roorda Van Eysinga e Smilde (1971), os quais apresentaram teores de 7 a

17 ppm para plantas de alface sadias. O decréscimo contrastante com os resultados de Garcia (1982) provavelmente se deve às cultivares usadas, ao tipo de solo ou à maior exigência em cobre da cultivar utilizada neste trabalho o que, de certa forma, deve servir como alerta ao produtor.

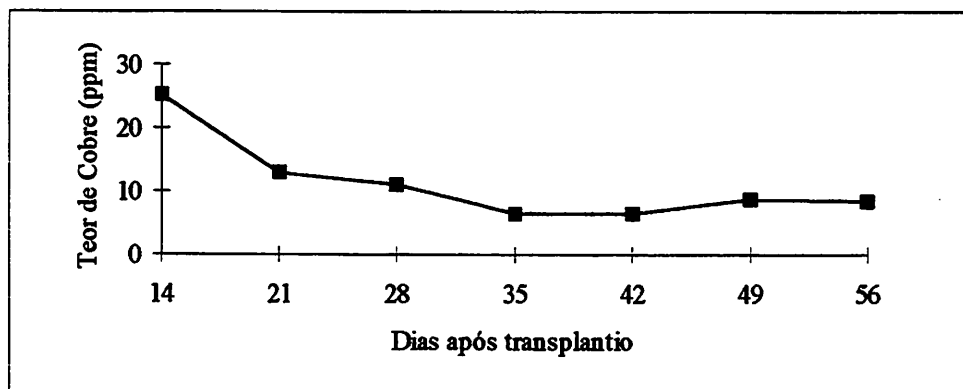


FIGURA 31 Teor de cobre em alface americana, em função da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998

5.1.2 Boro

Os teores de boro na parte aérea da alface receberam influência de todas as fontes de variação (Tabela 11). A análise da interação nitrogênio X cálcio X época mostrou que as combinações possíveis entre níveis de cálcio e doses de nitrogênio não mantiveram um padrão relativo de acréscimo ou decréscimo, de acordo com a idade da planta, razão da interação com as épocas ser significativa. Conforme pode ser observado (Figura 32), embora tenha havido uma alteração no comportamento relativo dos teores do micronutriente em função das doses de nitrogênio associadas aos níveis de cálcio, estes permaneceram praticamente inalterados durante o ciclo da cultura, significando que houve absorção normal do nutriente. O mesmo aconteceu com as combinações de doses de N e níveis de Ca,

que produziram o menor e o maior acúmulo do micronutriente (Tabela 13). Estes resultados, em termos de marcha de absorção, assumem o mesmo comportamento encontrado por Garcia (1982), diferindo apenas nos valores, já que os resultados de Garcia (1982) foram muito superiores (70% de boro aos 72 dias) e considerados tóxicos para a planta.

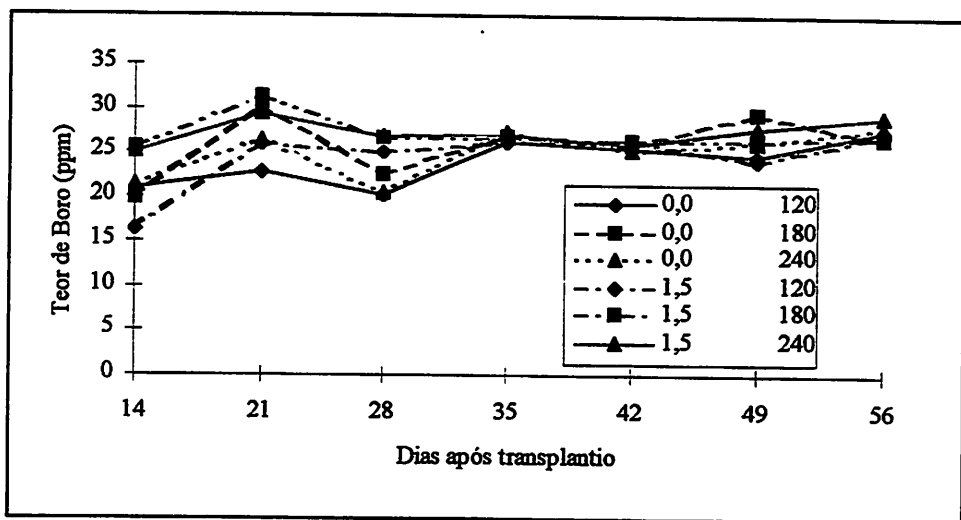
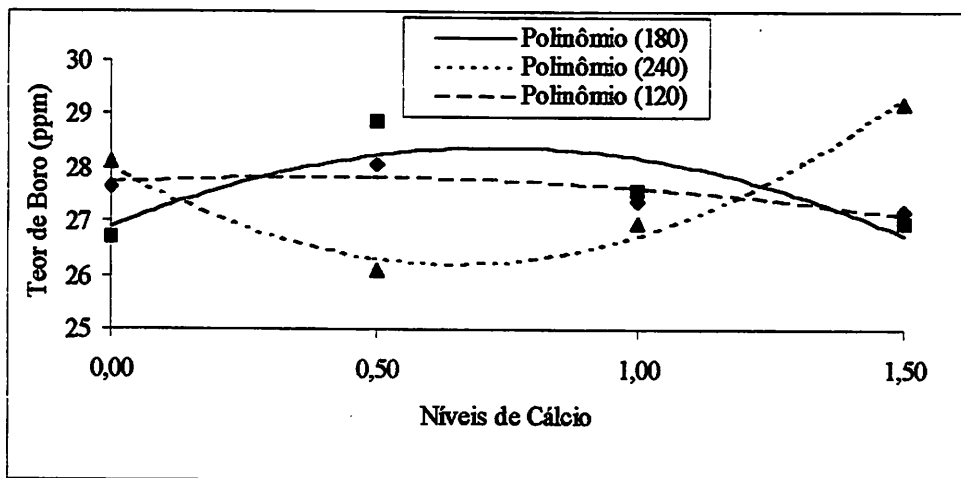


FIGURA 32 Teor de boro em alface americana, em função de níveis de cálcio, de doses de nitrogênio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.

A análise aos 56 DAT, (Figura 33) mostra tendências contrastantes ao incremento dos níveis de cálcio com respostas ajustadas a equações quadráticas. Entretanto, sob o ponto de vista nutricional, estes valores, embora significativos, não assumem importância uma vez que os teores médios de boro encontrados (26,69 a 29,22 ppm) foram normais para alface, de acordo com vários autores, cujos teores relatados variaram de 24 a 37 ppm (Bear et al.,1949; Furlani et al.,1978; Nakagawa et al.,1992), e acima de teores encontrados em plantas

deficientes (de 6 a 10 ppm), de acordo com Roorda Van Eysinga e Smilde (1971).



$$120 (N) Y = 0,61 x^2 + 0,509x + 27,739 \quad R^2 = 0,70$$

$$180 (N) Y = 2,77 x^2 + 4,057x + 26,898 \quad R^2 = 0,68$$

$$240 (N) Y = 4,27 x^2 + 5,567x + 28,041 \quad R^2 = 0,97$$

FIGURA 33- Teor de boro em alface americana, em função de níveis de cálcio e de doses de nitrogênio aos 56 DAT.UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.3 Zinco

A análise dos teores de zinco na parte aérea da alface revelou que houve influência apenas da interação do cálcio com o nitrogênio dentro das épocas de avaliação (Tabela 11), indicando que cálcio e nitrogênio, isoladamente, não influenciaram significativamente a característica avaliada. A interação dos dois micronutrientes com as épocas de avaliação, ou idade das plantas, significa comportamentos diferentes de um e outro, de acordo com a época, não

obedecendo a um mesmo padrão relativo. A Figura 34 elucida melhor o comportamento destes micronutrientes verificando-se que, embora não tenha havido significância para o efeito do cálcio e do nitrogênio isolados, ficou definida uma tendência de redução do micronutriente ao longo do ciclo da cultura até a colheita.

Considerando os efeitos verificados com as doses que proporcionaram o maior e o menor acúmulo do micronutriente (Tabela 13), a tendência de redução ficou mantida. A comparação destes resultados com os obtidos por outros autores mostra que os valores encontrados estão dentro da média, que variou de 37, 5 a 116 ppm, (Furlani et al., 1978; Nakagawa et al.,1992; Ricci et al.,1992), mas foi muito inferior aos 110 ppm encontrados por Furlani (1978) na alface tipo americana, 354 ppm na cultivar Brasil 48, relatados por Garcia (1982) e 81 ppm, de acordo com Hamiltom e Bernier (1955). A discreta tendência de redução do teor do micronutriente com a idade da planta pode estar indicando uma possível deficiência no solo ou exigência maior da cultivar, embora os teores estejam dentro da faixa considerada normal para plantas sadias, de 30 a 330 ppm (Roorda Van Eysinga e Smilde 1971).

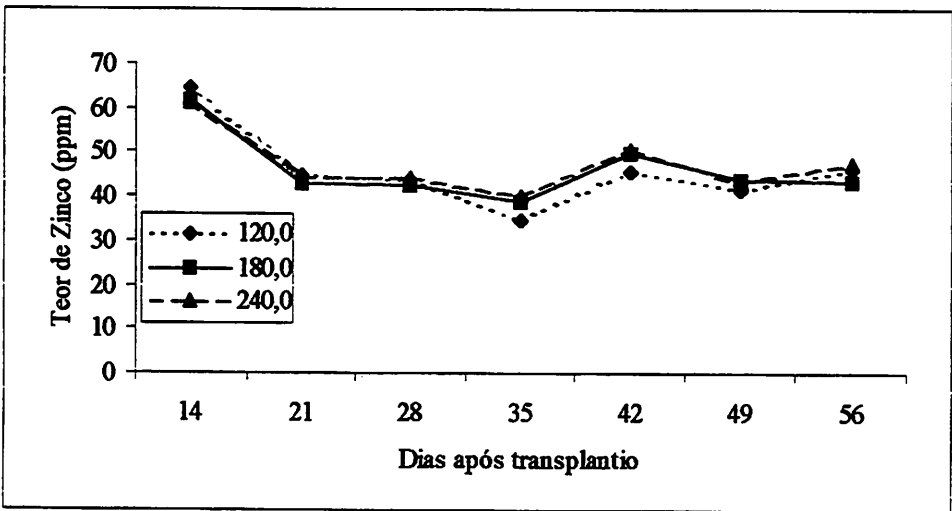
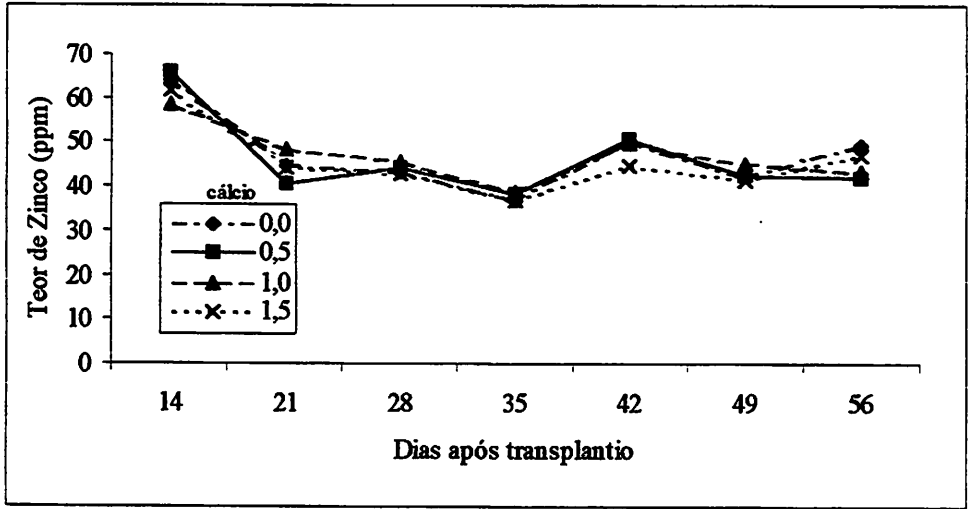


FIGURA 34 Teor de zinco em alface americana, em função de níveis de cálcio, de doses de nitrogênio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.1.4 Manganês

A análise estatística dos teores de manganês na parte aérea de alface revelou que houve efeito significativo apenas para a idade das plantas, ou seja, tanto o nitrogênio quanto o cálcio não influenciaram significativamente, no teor de manganês (Tabela 11). A Figura 35 mostra uma redução do teor ao longo do ciclo da cultura que, conforme explicado anteriormente, é compreensível porque está relacionado com o teor de matéria seca, que decresce com a idade da planta, em razão do crescimento em tamanho. Entretanto, esta redução assumiu importância do ponto de vista nutricional uma vez que, ao final do ciclo, a planta apresentou teor médio de manganês na parte aérea muito abaixo dos encontrados por outros autores, mesmo nas doses que proporcionaram o maior acúmulo do micronutriente (Tabela 13).

Os trabalhos de Furlani et al.(1978), Nakagawa et al. (1992) e Ricci et al.(1992) mostraram teores que variaram de 68,53 a 188,5 ppm, sob diversas condições experimentais, incluindo cultivares e adubações. Furlani et al.(1978) observaram teores muito superiores aos 28,64 ppm encontrados no presente trabalho: 131 ppm para alface do tipo americana. Observa-se que, no início do ciclo, aos 14 DAP, o teor de manganês era de 107,54 ppm, decaindo bruscamente aos 21 DAP quando mostrou uma discreta redução até o final do ciclo (Figura 35). O trabalho de Garcia (1982) mostra resposta quadrática, com redução apenas próximo a colheita, mas, com teores muito superiores ao encontrado no presente trabalho. Segundo Roorda Van Eysinga e Smilde (1971), plantas de alface consideradas sadias e normais, apresentam teores de manganês variando de 16 a 150 ppm o que situa o valor encontrado no presente trabalho, próximo à deficiência. Este comportamento pode estar indicando possível deficiência no solo, exigência nutricional elevada da cultivar ou também algum impedimento da absorção de manganês.

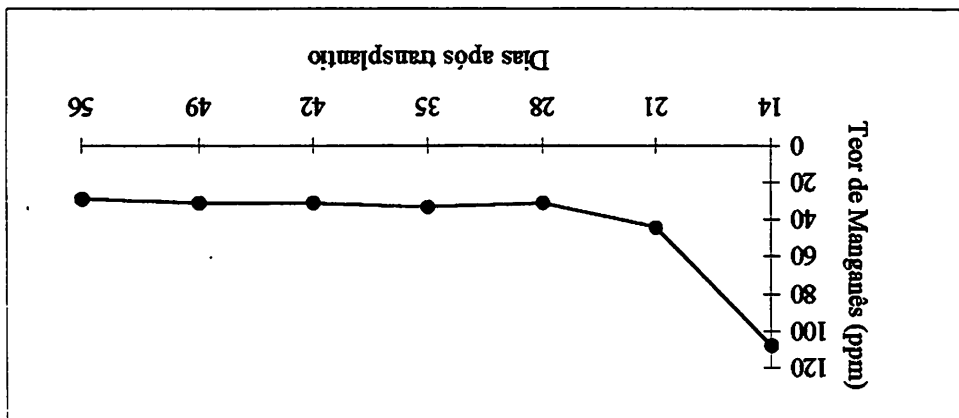
FV		GL	Cu	Bo	Zn	Mn
Blocos	3	3	4,31758	16,10913	103,55965	60,49312
Ca	3	3	2,25067	57,64055*	27,87533	256,86699
N	2	2	24,95510	53,19765*	65,28101	251,07644
Ca x N	6	6	21,08139	28,01504*	60,99666	268,03277
Erro A	33	33	16,23777	4,15923	31,85377	263,60617
Época	6	6	2054,85067*	332,62345*	2962,47956*	39340,83802*
Erro B	6	6	19,62253	15,25984	56,61259	270,28122
Época x Ca	18	18	18,58686	25,19038*	96,39489*	247,43898
Época x N	12	12	13,80979	7,66287*	56,40571*	112,60136
Época x Ca x N	36	36	22,07794	12,82690*	36,79041	334,26229
Erro	150	150	24,13047	2,58733	31,02937	263,03056
CV(%)			43,53	6,36	12,01	37,25

Significativo a 5% de probabilidade

Quadro médio

TABELA 11 Resumo da análise de variância para teor de cobre (Cu), boro (B), zinco (Zn) e manganês (Mn), em ppm, na parte aérea de alface tipo americana, UFLA, Lavras-MG, 1998.

FIGURA 35 Teor de manganês em alface americana, em função da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.



5.2 Acúmulo de micronutriente

5.2.1 Boro

O acúmulo de boro analisado na parte aérea da alface em $\mu\text{g}/\text{m}^2$ de área revelou efeito significativo para todas as fontes de variação (Tabela 12). A interação que envolve cálcio, nitrogênio e idade da planta, indica que as doze combinações possíveis entre os dois nutrientes não mantiveram uma resposta padronizada, em termos relativos, quanto à acumulação do nutriente na parte aérea. Entretanto, conforme pode ser observado, a interação procedeu-se nas últimas avaliações, sem, contudo, interferir na marcha de absorção do nutriente (Figura 36), que foi semelhante para todos os tratamentos - doses de nitrogênio X níveis de cálcio.

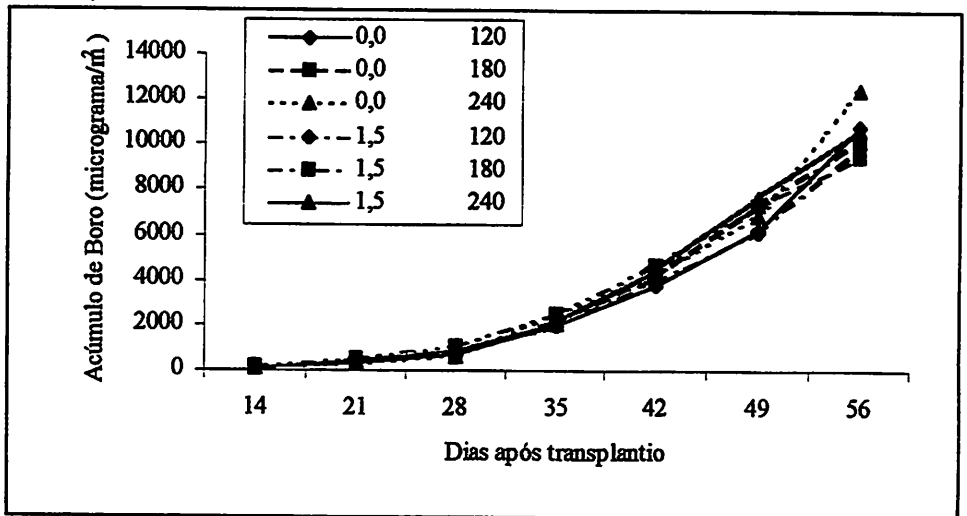


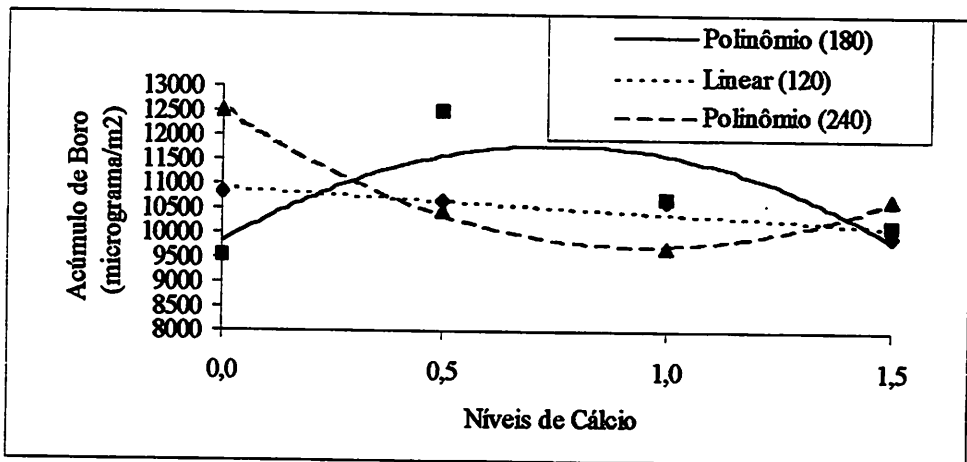
FIGURA 36 Acúmulo de boro em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.

Considerando o maior e menor acúmulo do nutriente, que se deu, respectivamente, com as formulações 0,0 Ca x 240 N e 0,0 Ca x 180 N, observa-se que o acúmulo foi mais intenso nas duas últimas semanas que antecederam a colheita (Tabela 13). As quantidades totais acumuladas aos 56 DAT, variando entre 857,46 e 1125,82 µg/planta, são superiores às encontradas por Hamilton e Bernier (1955). Os resultados observados por Garcia (1982) também são inferiores, todavia, assemelhando-se quanto à dinâmica de absorção ou seja, maiores absorções próximo à época de colheita.

Analisando os resultados aos 56 DAT, sob o ponto de vista da interação entre cálcio e nitrogênio (Figura 37), nota-se que a resposta da planta tende a uma discreta mas significativa redução das quantidades absorvidas com o incremento dos níveis de cálcio aplicados via foliar (Tabela 13). Entretanto, estes valores, sob o ponto de vista nutricional, não assumem importância, já que os teores se situaram dentro do normal, conforme visto anteriormente. Por outro lado, é importante observar que, embora as quantidades absorvidas sejam superiores às encontradas por Garcia (1982), os teores foram bem inferiores. Este fato se explica provavelmente devido às diferentes cultivares usadas nas experimentações em que as diferenças nas quantidades de matéria seca produzidas têm influência nos teores destes micronutrientes.

5.2.2 Zinco

Semelhante ao boro, o micronutriente zinco também revelou influência significativa de todas as fontes de variação (Tabela 12), o qual também mostrou uma dinâmica de absorção semelhante, com acúmulos crescentes (Figura 38). A análise referente à menor e maior acumulação do nutriente aos 56 DAT, respectivamente, 1.380,16 com a dose 1,0Ca x 120N e 1.919,63 µg/planta, com a



240 (N) $Y=3062,8x^2 - 5827,5x + 12530$ $R^2 = 0,99$

180 (N) $Y = -3473,4x^2 + 5248,4x + 9828,3$ $R^2 0,62$

120 (N) $Y = -506,56x + 10908$ $R^2 0,76$

FIGURA 37 Acúmulo de boro em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.

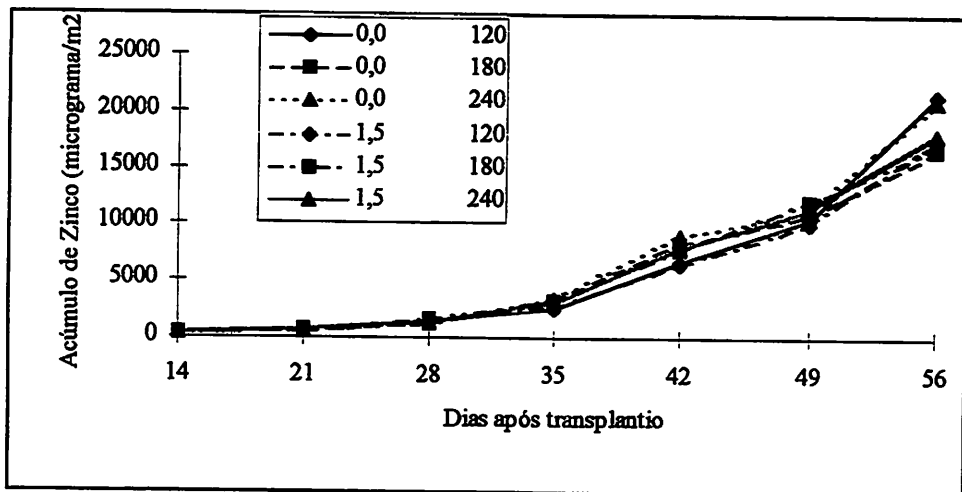
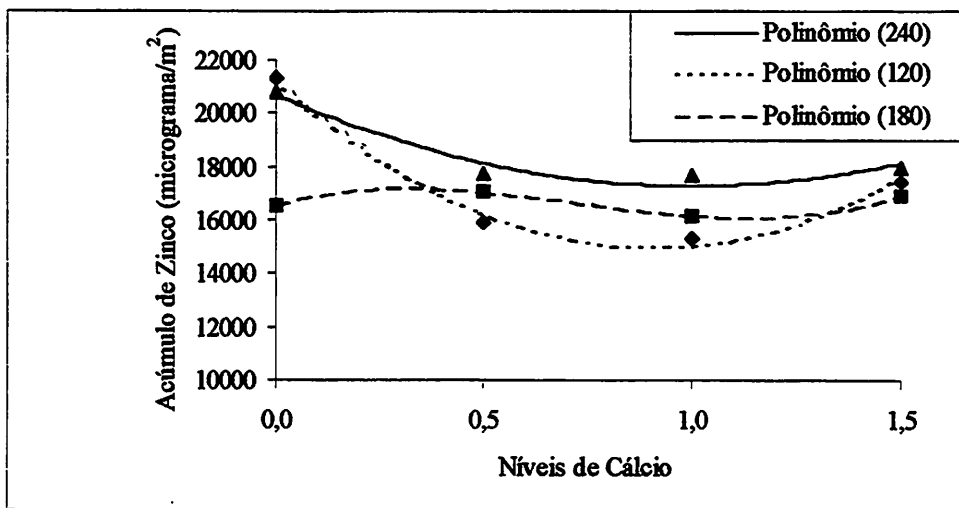


FIGURA 38 Acúmulo de zinco em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.

dose de 0,0Ca x 120N, revela acumulação tardia (Tabela 13), concordando com Garcia (1982), mas, são muito inferiores ao encontrado pela autora, mesmo com o uso de cultivares de tamanho menor em relação à cultivar apresentada no presente trabalho. A análise da interação Ca X N aos 56 DAT (Figura 39) revela tendência de redução na acumulação de zinco com o aumento da concentração de cálcio aplicado via foliar. Provavelmente, o cálcio tenha concorrido em espaço nas folhas, impedindo a ocupação do zinco. Estes dados reforçam a tendência à deficiência do nutriente constatada anteriormente na análise do teor foliar.



$$240 (N) Y=3388,6x^2 - 6769,5x + 20667 \quad R^2 = 0,94$$

$$180 (N) Y= 4040,3x^3 - 8844,4x^2 + 4417,2x + 16561$$

$$120 (N) Y= 7505,4x^2 - 13701x + 21229 \quad R^2 0,99$$

FIGURA 39 Acúmulo de zinco em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.3 Manganês

A Tabela 12 mostra que, a exemplo do boro e do zinco, o acúmulo de manganês na parte aérea da alface também revelou influências significativas de todas as fontes de variação. A interação entre cálcio, nitrogênio e idade da planta, indica que as combinações possíveis entre os níveis de cálcio e as doses de nitrogênio promoveram absorções diferenciadas de zinco, sem manter o mesmo padrão relativo de absorção, como pode ser constatado pela Figura 40. De acordo com a Tabela 13, é possível notar que o manganês teve também absorção tardia, concentrando-se quase todo nas duas últimas semanas que antecederam a colheita. Comparando o menor e o maior valor de absorção, respectivamente 848,47 e 1.372,84 $\mu\text{g/planta}$, obtidos com as respectivas doses de 0,0Ca x 240N e 1,5Ca x 180N com os valores encontrados por Garcia (1982), verifica-se que são muito inferiores, indicando, como já comentado anteriormente na análise do teor, uma nítida tendência para deficiência do nutriente. De acordo com a Figura 41, estes dados ganham importância nutricional pois observa-se a nítida redução na acumulação do nutriente, com o aumento das concentrações de cálcio aplicados via foliar. Provavelmente, o cálcio está prejudicando a absorção deste nutriente, aliado também à possível exigência da cultura.

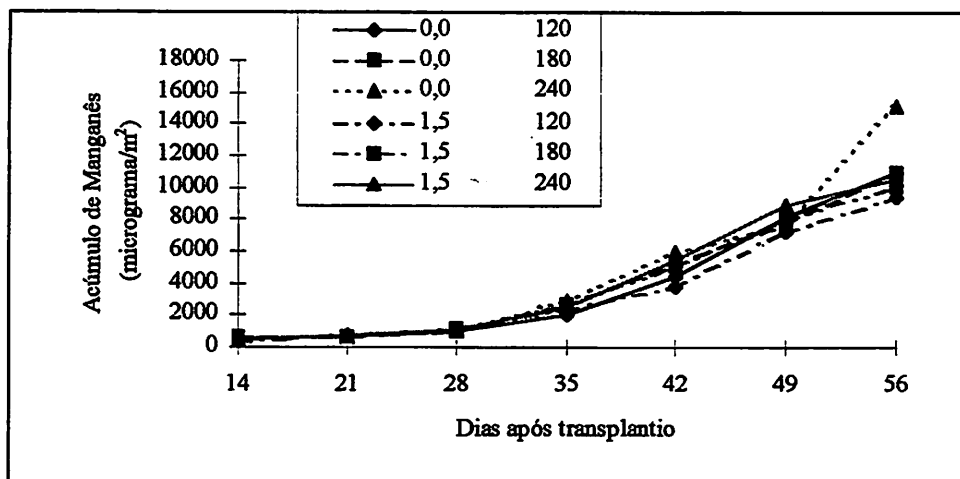
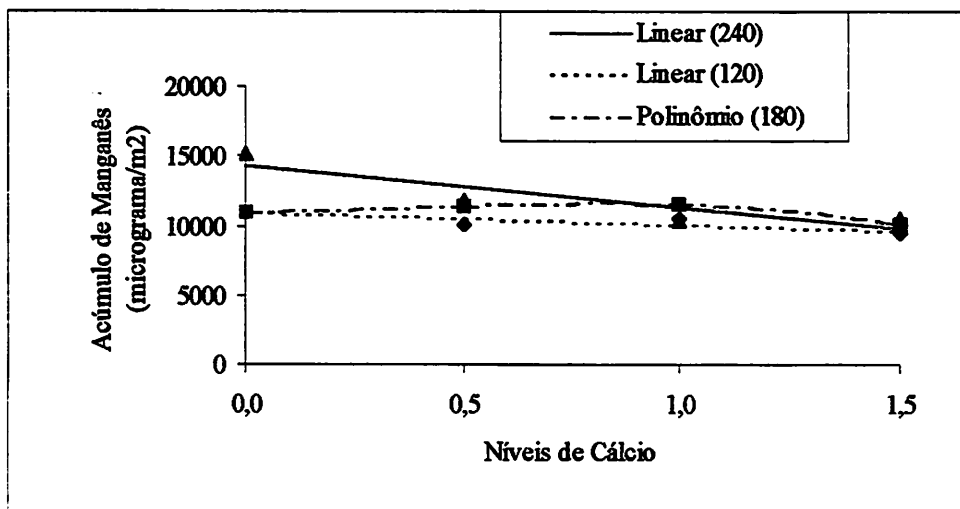


FIGURA 40 Acúmulo de manganês em alface americana, em função de doses de nitrogênio, de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.



240 (N) $Y=3090x + 14345$ $R^2 = 0,79$

180 (N) $Y= 4040,3x^3 - 8844,4x^2 + 4417,2x + 16561$

120 (N) $Y= - 838,76x + 10888$ $R^2 0,65$

FIGURA 41 Acúmulo de manganês em alface americana, em função de doses de nitrogênio e de níveis de cálcio aos 56 DAT. UFLA, Lavras-MG, 1998.

5.2.4 Cobre

A análise da acumulação do cobre na parte aérea da alface (Tabela 12) mostra que os efeitos significativos foram observados apenas para a fonte de variação época. De acordo com a Figura 42, é possível notar que houve uma absorção contínua de cobre em função do incremento de cálcio e também absorção tardia deste micronutriente, sendo que as maiores absorções foram registradas nas duas últimas semanas que antecederam a colheita (Tabela 13). Estes dados concordam com Garcia (1982) quanto à dinâmica de absorção, mas diferem muito quanto à quantidade absorvida no final. Garcia (1982) encontrou valores de 896,4 e 958,0 $\mu\text{g/planta}$ para dois tipos de cultivares, enquanto que no presente trabalho o valor máximo chegou a 293,4 $\mu\text{g/planta}$.

Entretanto, como observado anteriormente, esta aparente discrepância de resultados não assume importância do ponto de vista nutricional uma vez que os teores estão dentro do normal. É provável que esteja indicando a maior exigência em cobre da cultivar ou influência do cálcio, estimulando a maior absorção do nutriente, já que a absorção foi contínua sem indicação de decréscimo. Por outro lado, é importante observar que os melhores resultados ainda foram obtidos quando o cálcio não estava presente na aplicação foliar.

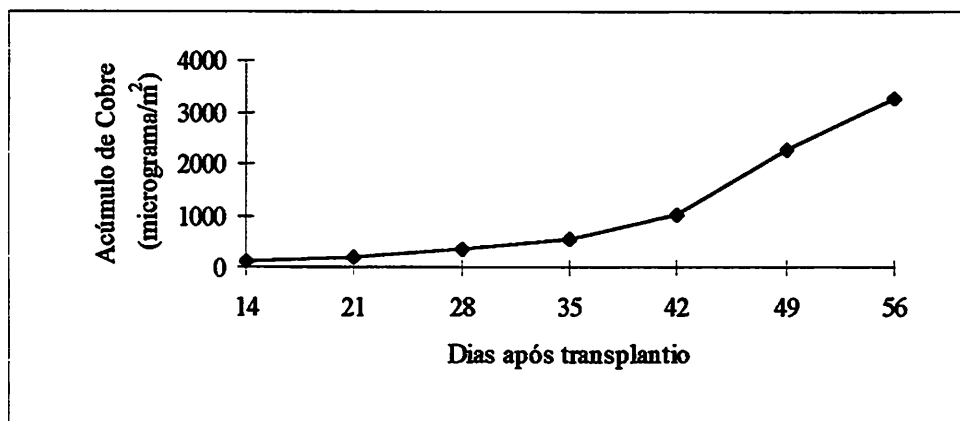


FIGURA 42 Acúmulo de cobre em alface americana, em função de doses de nitrogênio de níveis de cálcio e da idade das plantas. UFLA, Lavras-MG, 1998.

TABELA 12 Resumo da análise de variância do acúmulo de cobre (Cu), boro (B), zinco (Zn) e manganês (Mn), em $\mu\text{g}/\text{m}^2$ de alface tipo americana. UFLA, LAVRAS-MG, 1998.

FV	GL	Quadrado médio			
		Cu	B	Zn	Mn
Blocos	3	184136,43945	2486723,35022	6455714,61234	2337087,45107
Ca	3	238422,18669	1109009,79358*	2825991,27417*	1882994,09685
N	2	148252,33663	2582116,97064*	9438804,20395*	12975371,91106*
Ca x N	6	60283,95520	1026835,20119*	2729747,48513*	2514426,61045*
Erro A	33	02449,83300	508816,22615	1926316,43221	2150536,52528
Época	6	69135584,24390*	736073182,22656*	2015145590,37695*	791574434,02344*
Erro B	6	103219,36236	814002,13497	2754200,63350	2099120,48092
Época x Ca	18	199357,66668	709725,56782*	3941103,12838*	2085639,29723*
Época x N	12	32275,83119	700667,75994*	4114324,34622*	3087936,67369*
Época x Ca x N	36	78798,05391	903918,54454*	1707374,81196*	1776255,67674*
Erro	150	133466,68980	294658,62719	896560,44256	669027,68121
CV(%)		43,53	6,36	12,01	37,25

* Significativo a 5 % de probabilidade

TABELA 13 Acúmulo ($\mu\text{g/planta}$), acúmulo percentual (%) e teor (ppm) de boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu) em função de doses de N e de níveis de Ca que proporcionaram o menor e o maior resultado. UFLA, Lavras-MG, 1998.

NUTRIENTES												
Idade Da Planta	B						Zn					
	TRATAMENTOS						TRATAMENTOS					
	(0,0 Ca x 240N)			(0,0 Ca x 180N)			(0,0 Ca x 120N)			(1,0 Ca x 120N)		
DAT	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	t(ppm)	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	t(ppm)	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	t(ppm)	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	t(ppm)
0-14	9,08	0,80	21,34	7,84	0,91	19,73	27,44	1,42	64,28	24,88	1,80	61,42
0-21	33,93	3,00	26,59	39,92	4,65	30,09	64,03	3,33	44,75	63,81	4,62	46,44
0-28	57,12	5,07	20,42	65,32	7,61	22,49	127,44	6,63	43,60	134,44	9,74	44,78
0-35	225,25	20,00	27,44	197,12	22,98	27,00	233,35	12,15	35,64	241,77	17,51	36,67
0-42	376,96	33,75	25,31	371,46	43,32	25,94	605,58	31,54	47,93	582,95	42,23	47,80
0-49	616,31	54,74	26,02	660,84	77,06	29,47	935,05	48,71	46,80	898,49	65,10	43,28
0-56	1125,82	100,00	28,12	857,46	100,00	26,69	1919,63	100,00	47,47	1380,16	100,00	44,65

Idade da Planta	Mn						Cu	
	TRATAMENTOS							
	(0,0 Ca x 240N)			(1,5 Ca x 120N)				
DAT	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	t(ppm)	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	$\mu\text{g/pl.}$	(%)	
0-14	54,64	3,98	107,54	39,39	4,64	11,18	3,8	
0-21	53,31	3,88	43,63	65,31	7,69	17,33	5,9	
0-28	86,79	6,32	30,99	97,95	11,54	32,95	11,2	
0-35	263,74	19,21	32,06	220,07	25,93	49,62	16,9	
0-42	535,38	39,02	31,06	541,77	40,28	91,21	31,1	
0-49	695,07	50,52	30,28	651,87	75,82	203,91	69,5	
0-56	1372,84	100,00	28,64	848,47	100,00	293,31	100,0	

6 Conclusões

Os resultados expostos e comentados no presente trabalho, demonstraram o seguinte:

A aplicação de cálcio via foliar não apresentou efeito na melhoria dos teores dos micronutrientes em alface tipo americana, inclusive provocando uma menor absorção de boro, manganês e zinco.

A aplicação de micronutrientes via foliar, se necessária, deve ser feita a partir dos 35 dias após ao transplante das mudas, quando as plantas intensificam a sua absorção.

7 Referências bibliográficas

BEAR, F.E.; TOTH, S.J.; PRINCE, A.L. Variation in mineral composition of vegetables. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, v.13. p.380-384, 1949.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R. ; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, v.37, n.5, p.33-44, 1978.

GARCIA, L.L.C. Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. Piracicaba, ESALQ, 1982. 78p. (Dissertação de Mestrado).

HAMILTON, H.A.; BERNIER, R. 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*, v.55, n.2 p.453-461, 1955.

LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. Agricultural Experimentation. New York: John Willey and sons, 1978. 350 p.

NAKAGAWA, J.; PROCHNOW, L.I.; BULL, L.T.; VILLAS BOAS, R.L. Efeitos de compostos orgânicos na cultura da alface (*Lactuca sativa l.*). *Cientifica*, São Paulo, v.20, n.1, p.173-180, 1992.

RICCI, M.S.F. ; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; RUIZ, H.A. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v.30, n.8, p.1035-1039, ago.1995.

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