

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA POR GOTEJAMENTO E ÉPOCA
DE APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA₃) EM
ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.).**

CRISTIANE LEITE ANTUNES

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP

Janeiro de 2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA POR GOTEJAMENTO E ÉPOCA
DE APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO GIBERÉLICO (GA₃) EM
ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L.).**

CRISTIANE LEITE ANTUNES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP

Janeiro de 2001

Aos meus queridos pais, ***João Batista e Mariazinha***
por todo amor, dedicação e renúncia ao longo de toda a minha vida,
aos meus sogros ***Benedito e Maria Aparecida*** pelo apoio e carinho,
e aos meus queridos irmãos ***João Batista, Ana Paula, Fabrício, Edileusa*** e seus
cônjuges pela amizade e convivência.

Ofereço.

À minha querida filha e especial amiga,
Beatriz,
por todo carinho, amor e compreensão,
e ao meu querido esposo e companheiro de todas as horas,
Ednei,
pelo amor e trabalho despendido em todas as fases desta dissertação.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me ter projetado e amado antes mesmo de eu vir a este mundo e por nunca me abandonar nos momentos mais difíceis e de pouca fé.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), pela oportunidade concedida para a realização deste curso e do trabalho de dissertação.

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa pela sincera amizade, dedicação e orientação.

Ao Prof. Dr. Norberto Silva pelos ensinamentos, disponibilidade, valiosas sugestões e informações no decorrer do experimento.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas pela coorientação, sugestões e ensinamentos sobre Fertirrigação no decorrer do experimento.

Ao Prof. Dr. João Domingos Rodrigues pela amizade, sugestões e experiências transmitidas.

À Prof. Dra. Marta Mischam e ao Dr. Wilson Roberto de Jesus pela análise estatística.

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Irrigação e Drenagem pelos ensinamentos transmitidos com as disciplinas ministradas.

Ao Engenheiro Agrícola Ednei Antonio Antunes pela coautoria neste trabalho.

Ao Gilberto Winckler, funcionário do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, que muito contribuiu na montagem do trabalho de campo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel pelo trabalho na condução da lavoura, em especial: José Luiz Zanella, Nilton Aparecido Moraes, e o Srs. Cláudio, Luis , Evandro e Alex.

Aos funcionários do Laboratório de Análise Nutricional de Plantas e aos demais do Departamento de Recursos Naturais pela disponibilidade e atenção despendida nas avaliações, em especial à Regina Aparecida Orsi Goes, José Carlos Coelho e Garcia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos e irmãos Fabrício Leite, João Batista Leite Júnior e Maria Clara de Oliveira Leite pelo auxílio nas avaliações e condução do experimento, bem como pelo convívio e amizade.

Ao Sebastião P. de Lima pelo auxílio na revisão e sugestões.

Finalmente, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUAROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Cultivo em ambiente protegido.....	7
4.2 Irrigação.....	9
4.2.1 Irrigação por gotejamento.....	10
4.2.2 Fertirrigação.....	12
4.2.3 Fertirrigação em alface.....	15
4.3 A cultura da alface.....	17
4.3.1 Alface Americana.....	19
4.4 Ácido Giberélico.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Área experimental.....	24
5.2 Características e condução da cultura.....	27
5.3 Equipamento e manejo da irrigação.....	29
5.4 Delineamento experimental.....	31
5.5 Características avaliadas.....	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6.1 Número de folhas.....	37
6.1.1 Número de folhas externas.....	38
6.1.2 Número de folhas internas.....	40
6.1.3 Número de folhas total.....	41

6.2 Comprimento e largura médios de folha.....	46
6.2.1 Comprimento e largura médios de folha externa.....	47
6.2.2 Comprimento e largura médios de folha interna.....	50
6.3 Comprimento e diâmetro de caule.....	58
6.3.1 Comprimento de caule.....	58
6.3.2 Diâmetro de caule.....	60
6.4 Matérias fresca e seca aéreas totais.....	65
6.4.1 Matéria fresca aérea total.....	66
6.4.2 Matéria seca aérea total.....	68
6.5 Matéria fresca comercial e diâmetro de cabeça.....	73
6.5.1 Matéria fresca comercial.....	73
6.5.2 Diâmetro de cabeça.....	75
6.6 Teor de macronutrientes nas plantas.....	78
6.6.1 Teor de nitrogênio.....	78
6.6.2 Teor de fósforo.....	81
6.6.3 Teor de potássio.....	83
6.6.4 Teor de cálcio.....	85
6.6.5 Teor de magnésio.....	87
6.6.6 Teor de enxofre.....	88
6.7 Acúmulo de macronutrientes nas plantas.....	93
6.7.1 Nitrogênio.....	94
6.7.2 Fósforo.....	95
6.7.3 Potássio.....	97
6.7.4 Cálcio.....	98
6.7.5 Magnésio.....	100
6.7.6 Enxofre.....	101
6.8 Fatores climáticos e lâmina de irrigação.....	106
6.9 Avaliação do sistema de irrigação.....	108
7. CONCLUSÕES.....	109
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Características físicas do solo da área experimental.....	27
2. Características químicas do solo da área experimental, para cada uma das estufas usadas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.....	28
3. Valores dos teores de água no solo (g.g^{-1}) e potencial matricial (kPa) para as camadas de 0-20 e 20-40 cm.....	29
4. Resumo da Análise de variância realizada para cada coleta considerando-se todas as fontes de variação.....	34
5. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Número de Folhas Externas (NFExt); Número de Folhas Internas (NFInt) e Número de Folhas Total (NFTotal), com os dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$	38
6. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Número de Folhas Externas (NFExt); Número de Folhas Internas (NFInt) e Número de Folhas Total (NFTotal), com os dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$	38
7. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha^{-1}) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA_3 em DAS - dias após semeadura) para NFExt (Número de Folhas Externas) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$	43
8. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha^{-1}) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA_3 em DAS- dias após semeadura) para NFInt (Número de Folhas Internas) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$	44
9. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha^{-1}) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA_3 em DAS- dias após semeadura) para	

NFTotal (Número de Folhas Total) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$	45
10. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Comprimento Médio de Folhas Externas (CMFExt); Largura Média de Folhas Externas (LMFExt); Comprimento Médio de Folhas Internas (CMFInt); Largura Média de Folhas Internas (LMFInt).....	46
11. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Comprimento Médio de Folhas Externas (CMFExt); Largura Média de Folhas Externas (LMFExt); Comprimento Médio de Folhas Internas (CMFInt); Largura Média de Folhas Internas (LMFInt).....	47
12. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Comprimento Médio de Folha Externa (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	54
13. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Largura Média de Folha Externa (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	55
14. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Comprimento Médio de Folha Interna (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	56
15. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Largura Média de Folha Interna (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	57
16. Resumo da análise de variância das coletas para as variáveis: Comprimento do Caule (CCaule) e Diâmetro do Caule (DCaule), dados em centímetros (cm).....	58
17. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e	

Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Comprimento de Caule (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	63
18. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Diâmetro de Caule (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	64
19. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Matéria Fresca Aérea Total (MFAérea) e Matéria Seca Aérea Total (MSAérea). Dados em gramas...	65
20. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Matéria Fresca Aérea Total (MFAérea) e Matéria Seca Aérea Total (MSAérea). Dados em gramas...	65
21. Médias nos efeitos principais : Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para cada uma das coletas avaliadas para Matéria Fresca Aérea Total (gramas). Média de três repetições.....	71
22. Médias nos efeitos principais : Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para cada uma das coletas avaliadas para Matéria Seca Aérea Total (gramas). Média de três repetições.....	72
23. Resumo da análise de variância das coletas para as variáveis: Matéria Fresca Aérea Total Comercial (MFComercial), em gramas e Diâmetro de Cabeça (em centímetros).....	73
24. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Matéria Fresca Aérea Comercial (g) em cada uma das coletas avaliadas.....	77
25. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha ⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA ₃ em DAS- dias após semeadura) para Diâmetro de Cabeça (cm) em cada uma das coletas avaliadas.....	77
26. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Teor de nitrogênio (N g.kg ⁻¹); Teor de fósforo (P g.kg ⁻¹) e Teor de potássio (K g.kg ⁻¹).....	78
27. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Teor de nitrogênio (N g.kg ⁻¹); Teor de fósforo (P g.kg ⁻¹) e Teor de potássio (K g.kg ⁻¹).....	78

28. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Teor de cálcio (Ca g.kg ⁻¹); Teor de magnésio (Mg g.kg ⁻¹) e Teor de enxofre (S g.kg ⁻¹).....	85
29. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Teor de cálcio (Ca g.kg ⁻¹); Teor de magnésio (Mg g.kg ⁻¹) e Teor de enxofre (S g.kg ⁻¹).....	86
30. Médias dos teores de nitrogênio (N) e fósforo (P), em g.kg ⁻¹ , para os efeitos principais de parcela (Doses de N kg.ha ⁻¹) e subparcela (épocas de aplicação de GA ₃ - Dias após a semeadura).....	90
31. Médias dos teores de potássio (K) e cálcio (Ca), em g.kg ⁻¹ , para os efeitos principais de parcela (Doses de N kg.ha ⁻¹) e subparcela (épocas de aplicação de GA ₃ - Dias após a semeadura).....	91
32. Médias dos teores de magnésio (Mg) e enxofre (S), em g.kg ⁻¹ , para os efeitos principais de parcela (Doses de N kg. ha ⁻¹) e subparcela (épocas de aplicação de GA ₃ - Dias após a semeadura).....	92
33. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: acúmulo de nitrogênio (N g.planta ⁻¹) ; acúmulo de fósforo (P g.planta ⁻¹) e acúmulo de potássio (K g.planta ⁻¹).....	93
34. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: acúmulo de nitrogênio (N g.planta ⁻¹) ; acúmulo de fósforo (P g.planta ⁻¹) e acúmulo de potássio (Kg.planta ⁻¹).....	93
35. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: acúmulo de cálcio (Ca g.planta ⁻¹); acúmulo de magnésio (Mg g.planta ⁻¹) e acúmulo de enxofre (S g.planta ⁻¹).....	98
36. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: acúmulo de cálcio (Ca g.planta ⁻¹); acúmulo de magnésio (Mg g.planta ⁻¹) e acúmulo de enxofre (S g.planta ⁻¹).....	99
37. Médias dos acúmulos de nitrogênio (N) e fósforo (P), em g.planta ⁻¹ , para os efeitos principais de Parcela (Doses de N kg.ha ⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de GA ₃ - Dias após a semeadura).....	103
38. Médias dos acúmulos de potássio (K) e cálcio (Ca), em g.planta ⁻¹ , para os efeitos principais de Parcela (Doses de N kg.ha ⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de	

GA ₃ - Dias após a semeadura).....	104
39. Médias dos acúmulos de Magnésio (Mg) e enxofre (S), em g.planta ⁻¹ , para os efeitos principais de Parcela (Doses de N kg.ha ⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de GA ₃ - Dias após a semeadura).....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Vista parcial de uma das estufas.....	29
2. Detalhe do cavalete e linha lateral de irrigação em uma das estufas.....	29
3. Detalhes das cabeças de alface americana na coleta 3 (66DAS). 1(GA ₃ 40); 2 (GA ₃ 70); 3 (GA ₃ 55) e 4 (GA ₃ 0), todas na dose equivalente a 60 kg de N.ha ⁻¹	35
4. Efeito das épocas de aplicação de GA ₃ no número de folhas externas da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	39
5. Efeito das épocas de aplicação de GA ₃ no número de folhas internas da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	41
6. Efeito das épocas de aplicação de GA ₃ no número total de folhas da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	42
7. Comprimento médio de folhas externas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas, para as diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4- Sequência 4).....	48
8. Largura média de folhas externas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas, para as diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4- Sequência 4).....	48
9. Comprimento médio de folhas externas de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4- Sequência 4).....	49
10. Largura média de folhas externas de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência	

3; C4 – Sequência 4).....	50
11. Comprimento médio de folhas internas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	51
12. Largura média de folhas internas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	51
13. Comprimento médio de folhas internas de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	52
14. Largura média de folhas internas de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	53
15. Comprimento de caule (cm) de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	59
16. Diâmetro de caule (cm) de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	61
17. Diâmetro de Caule (cm) de alface americana em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4).....	62
18. Efeito das doses de nitrogênio aplicadas (kg de N.ha ⁻¹) na matéria fresca aérea total da alface americana (g) nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	66
19. Efeito das épocas de aplicação de GA ₃ na matéria fresca aérea total (gramas) da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	68
20. Efeito das doses de nitrogênio aplicadas (kg de N.ha ⁻¹) na matéria seca aérea total da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4).	

Média de três repetições.....	69
21. Efeito das épocas de aplicação de GA ₃ (DAS – dias após semeadura) na matéria seca aérea total (gramas) da alface americana nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.....	70
22. Matéria fresca aérea comercial (g) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C3- Sequência 1; C4- Sequência 2). Média de três repetições.....	74
23. Matéria fresca aérea comercial (g), na alface americana, em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C3- Sequência 1; C4- Sequência 2). Média de três repetições.....	75
24. Diâmetro de cabeça (cm), na alface americana, em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar nas diferentes coletas (C3- Sequência 1; C4- Sequência 2). Média de três repetições.....	76
25. Teor de nitrogênio (g.kg ⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.....	80
26. Teor de nitrogênio (g.kg ⁻¹) em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.....	80
27. Teor de fósforo (g.kg ⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.....	82
28. Teor de fósforo (g.kg ⁻¹) em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.....	82
30. Teor de potássio (K em g.kg ⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.....	84
31. Teor de potássio (K em g.kg ⁻¹) em função das épocas de aplicação de GA ₃ via foliar aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Sequência 2; C3-	

Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	84
32. Teor de cálcio (Ca em g.kg^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	86
33. Teor de cálcio (Ca em g.kg^{-1}) em função das épocas de aplicação de GA_3 via foliar aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	87
34. Teor de magnésio (Mg em g.kg^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	88
35. Teor de enxofre (S em g.kg^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	89
36. Acúmulo de nitrogênio (N g.planta^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	94
37. Acúmulo de nitrogênio (N g.planta^{-1}) em função das épocas de aplicação de GA_3 via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	95
38. Acúmulo de fósforo (P g.planta^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	96
39. Acúmulo de potássio (K g.planta^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	98
40. Acúmulo de cálcio (Ca g.planta^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	100
41. Acúmulo de magnésio (Mg g.planta^{-1}) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3-	

Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	101
42. Acúmulo de enxofre ($S \text{ g.planta}^{-1}$) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alfaca americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.....	102
43. Valores médios diários de temperatura no período de abril a junho de 2000.....	106
44. Valores diários de evaporação do Tanque Classe “A” no período de abril a junho de 2000.....	107
45. Lâmina de irrigação efetiva acumulada nos tratamentos no período de abril a junho de 2000.....	107

1. RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos do nitrogênio aplicado ao solo, via fertirrigação por gotejamento, e a aplicação foliar do ácido giberélico (GA_3), na nutrição e nos componentes de produção da alface tipo americana, cv. ‘Lucy Brown’, em cultivo protegido, foi efetuado o presente trabalho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas: quatro doses de nitrogênio (60, 120, 180 e 240 kg de N.ha⁻¹), na parcela, e quatro épocas de aplicação de GA_3 (0, 40, 55 e 70 DAS – dias após a semeadura), na subparcela. O ácido giberélico foi aplicado com pulverizador costal de CO₂, numa concentração única de 20 mg do ingrediente ativo.L⁻¹ de solução, nas subparcelas nas épocas determinadas. Foram realizadas quatro coletas para avaliação dos parâmetros vegetativos e análise de nutrientes, com intervalos de 15 dias, iniciando-se aos 51 DAS (23 DAT- dias após o transplante) até 96 DAS (64 DAT). Os trabalhos foram conduzidos na área experimental da Fazenda São Manuel, no município de São Manuel – SP. Não foi observada interação entre a aplicação de nitrogênio e o ácido giberélico nos parâmetros vegetativos avaliados, bem como no teor e acúmulo dos macronutrientes. Contudo, houve influência dos fatores de variação de forma independente nos parâmetros ao longo do ciclo. O nitrogênio é extremamente importante no crescimento e acúmulo de matéria fresca na planta de alface tipo americana e pode ser usado em doses maiores quando há disponibilidade de cálcio e potássio. Tendo sido os melhores resultados alcançados com a dose de 180 kg de N. ha⁻¹. O uso do ácido giberélico (GA_3), aos 70 DAS (dias após a semeadura) proporcionou os melhores resultados nos parâmetros relativos ao crescimento. Enquanto a época de aplicação aos 40

DAS, promoveu o desenvolvimento intenso do caule, levando a efeitos depreciativos como o acamamento das plantas, um maior número de folhas externas, e um menor acúmulo de matéria fresca. Houve maior desenvolvimento do comprimento das folhas externas em relação à largura, enquanto nas folhas internas a relação se inverteu. Observou-se neste trabalho, que houve acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, 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 potássio recebeu concorrência do cálcio, diminuindo o acúmulo e teor na parte aérea, sem, contudo, prejudicar a produção e acusar deficiência do nutriente. O ácido giberélico (GA_3) aplicado via foliar não contribuiu para aumentar o teor ou a quantidade absorvida dos macronutrientes em $g.planta^{-1}$, visto que os valores encontrados se mantiveram dentro da normalidade.

DRIPPING FERTIGATION OF THE NITROGENIZED FERTILIZERS AND THE TIME FOR THE FOLIAR APPLICATION OF THE GIBBERELIC ACID (GA₃) ON THE CRISPHEAD LETTUCE (*Lactuca sativa* L) . Botucatu, 2001. P. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.**

Author: Cristiane Leite Antunes

Adviser: Antônio de Pádua Sousa

2. SUMMARY

With the goal of estimating the nitrogen effects applied on the soil, through fertigation by dripping, and the foliar application of gibberellic acid (GA₃), in the nourishment and in the components of Crisphead Lettuce production, cv. 'Lucy Brown', in protected cultivation, this paper was done. The used experimental drawing was made of casual blocks in subdivided portions: four doses de nitrogen (60, 120 180 and 240 kg de N.ha⁻¹), in the portion, and four application times of GA₃ (0, 40, 55 e 70 DAS - days after sowing) in the subportion. The gibberellic acid was applied with a costal pulverize machine of CO₂, in a unique dose of 20 mg.L⁻¹ of the active ingredient, in the subportions in the specific times. Four collects were done for the evaluation of the vegetative parameters and nutrient analysis, with a 15-days recess, beninning on 51 DAS (23DAT) to 96 DAS (64 DAT). The works were managed in the experimental area of São Manuel Farm, in São Manuel County – SP. It wasn't observed interaction between nitrogen application and the gibberellic acid in the evaluated vegetative characteristics, as well as in the tenor and accumulation of macro-nutrients. However, there was na influence of changing factors in na independent way in the parameters along the cycle. The nitrogen is extremely important in the growth and accumulation of fresh material in the Crisphead lettuce vegetable and it can be used in bigger doses when there is availability of calcium and potassium. These have been the best results got with the dose 180 kg of N.ha⁻¹. The usage of gibberellic acid (GA₃), on 70 DAS (days after the sowing) provided the best results in the characteristics related to the growth. As long as the application time on

40 DAS, provided the intense satlk growth, conducting to the depreciatory effects, as the plants arranged in layers, a bigger number of external leaves, and a samller accumulation of fresh material. There was bigger development of the length of the external leaves in relation to its width, while in the inside leaves the relation was inverted. It was observed in this work, that there was a much higger accumulation of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur macro-nutrients, than the founded ones by different authors. However, the significant answers didn't take on importance, due to the fact that the tenor of these macro-nutrients in the leaves is considered normal. The potassium received rivalry from calcium, reducing the accumulation and tenor in the aerial part, withouth, however, damaging the production and showing the nutrient deficiency. The giberrellic acid (GA₃) that was applied through foliar didn't contribute to increase the tenor or the absorved quantity of the macro-nutrients in g.plant⁻¹, as the founded values were kept in the normality.

Keywords: fertigation, nitrogen, gibberellic acid, Crisphead lettuce.

3. INTRODUÇÃO

Existe uma tendência latente do produtor de hortaliças pela especialização na produção, adoção de tecnologias de ponta e diversificação, tornando-o mais exigente em relação às tecnologias de irrigação (entre elas a fertirrigação), de produção (como o uso de reguladores de crescimento) e outras tecnologias aplicáveis.

A alface é a mais popular das hortaliças folhosas e é cultivada em quase todas as regiões do globo terrestre, além disso, em termos de mercado brasileiro é a sexta hortaliça em importância econômica (valor de produção) e a oitava em termos de volume produzido (Nadal et al., 1986), sendo oportuno o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas que possam resultar em incrementos de produtividade e de receita líquida .

A fertirrigação surgiu com a necessidade de facilitar a adubação, e ao mesmo tempo, irrigar. Essa tecnologia só foi incorporada em cultivos em ambientes protegidos, recentemente (Goto, 1998), sendo o nitrogênio o elemento mais frequentemente aplicado via água de irrigação devido a sua alta mobilidade no solo e, conseqüentemente, alto potencial de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato (NO_3^-). Com o uso da fertirrigação, pode-se parcelar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda das culturas, reduzindo as perdas sem onerar o custo de produção (Coelho, 1994).

Devido aos poucos trabalhos na área de fertirrigação no Brasil, tudo ainda está caminhando para que a quantidade ótima de fertilizante a ser aplicada, seu parcelamento e sua distribuição no perfil do solo, sejam parâmetros conhecidos com intuito de melhorar a qualidade da fertirrigação (Alves, 1996).

Apesar de não serem conhecidos completamente, os mecanismos de ação das substâncias reguladoras de crescimento, sabe-se hoje que o ácido giberélico (GA_3), participa de importantes processos durante o desenvolvimento das plantas, influenciando, entre outros, no crescimento vegetativo (Gonzalez & Marx, 1988 e Metivier, 1986, citados por Resende, 1992).

As giberelinas e seu uso agrícola vem sendo estudados ao longo dos anos com diferentes finalidades e aplicações sabendo-se da sua potencialidade na expansão celular. As concentrações recomendadas são muito variáveis (0 a 100 ppm do ingrediente ativo) bem como o enfoque dos estudos, variando desde germinação de sementes, antecipação de ciclo, alongamento de estruturas de interesse até a produção de sementes.

O intuito deste trabalho foi verificar uma possível interação entre o estado nutricional, no que se refere a absorção de nitrogênio aplicado via fertirrigação por gotejamento e , a atividade do ácido giberélico aplicado em pulverização foliar, na alface (*Lactuca sativa* L.) tipo americana, cv. 'Lucy Brown', em cultivo protegido, na melhoria de características vegetativas de interesse econômico e no acúmulo de nutrientes em diferentes fases ao longo do ciclo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultivo em ambiente protegido

A origem e o desenvolvimento das casas de vegetação ocorreram em países do Hemisfério Norte, em função de suas necessidades e dificuldades na produção no inverno. Devido ao efeito estufa, que eleva a temperatura interna, ela passou a receber o nome de estufa (Janick, 1966).

Segundo Sganzerla (1995), muitas pessoas ligam, ainda, a utilização do plástico, principalmente suas aplicações em estufas e túneis, ao cultivo de plantas somente de regiões frias, considerando-a desnecessária para os locais com clima quente. No entanto, muitas regiões do mundo são somente hoje agricultáveis, como é o caso de desertos do Oriente Médio, onde o sucesso da agricultura se deve ao manejo da água e ao domínio do clima. Israel, um dos países de agricultura mais tecnificada, consegue obter das areias do deserto um volume tal de alimentos capaz de abastecer-se e exportar grande parte da produção para a Europa.

A produção de hortaliças em ambientes protegidos está expandindo-se a cada ano, em todo o mundo. Estima-se um crescimento mundial de aproximadamente 7% ao ano, na utilização de estufas plásticas. Em 1976 estimava-se em 60.000 ha a área coberta por estufas e no ano de 1980, aproximadamente 80.000 ha, nos principais países (Rodrigues, 1996). Takazaki & Della Vechia (1993), estimaram o consumo mundial de filme plástico agrícola, em aproximadamente 1.250.000 t.ano⁻¹. Sendo que, segundo Wascman (1989), Israel

é o país em que a área coberta com plástico atingiu o maior índice demográfico: 20 m².habitante⁻¹, e ainda, é o lugar onde a agricultura está altamente dependente do cultivo protegido apresentando altos índices de produtividade.

Entretanto, em razão da tecnologia ser relativamente nova no Brasil, os dados técnicos são ainda escassos. No Brasil as técnicas do cultivo protegido são desconhecidas pela maioria dos produtores. O volume aplicado é irrisório, diante do seu potencial. Estima-se que esteja ao redor das 12.000 t.ano⁻¹ (Rodrigues, 1996). As aplicações do plástico no cultivo de hortigranjeiros tem tido um grande impulso nos últimos anos (Sganzerla, 1995).

Ultimamente, tem-se desenvolvido bastante a exploração de hortaliças folhosas, notadamente a alface, devido a alta suscetibilidade à doenças foliares (o plantio em época chuvosa chega a ser inviável), sob condições protegidas em túneis e estufas plásticas, com a conseqüente obtenção de bons preços devido à melhor qualidade do produto e a ocorrência dessa produção no período de entressafra (Pelúzio, 1992; Bueno, 1998). Em estufas ou túneis, a alface se desenvolve mais rapidamente, chegando até a 11 safras por ano na mesma área, enquanto que a céu aberto consegue-se apenas entre 4 a 5 colheitas (Sganzerla, 1995).

Segundo Cermeño (s.d.), as regas devem ser em menor número do que o recomendado para céu aberto. Júnior (1991), trabalhando com alface da variedade Brasil-221, no período de verão, observou que o uso de casa-de-vegetação reduziu a evapotranspiração da cultura. Provavelmente, o uso de cobertura de solo com filme de polietileno também promova redução na evapotranspiração e aumento na eficiência hídrica da cultura.

Para o cultivo de hortaliças, em túneis e estufas plásticas, a literatura recomenda a utilização do método de irrigação por gotejamento (Martinez, 1989), principalmente quando o custo da água e a evapotranspiração da cultura são elevados (Bernardo, 1987 e Sganzerla, 1990).

Sganzerla (1995), afirma que deve-se tomar cuidado, no cultivo de alface em estufa, no que diz respeito a altas temperaturas, sendo que se for plantada durante o verão, as cortinas devem ser mantidas sempre levantadas, para que o ar quente escoe de forma

adequada, pois é uma cultura que prefere temperaturas mais amenas. Sendo que em regiões de clima quente não são usadas cortinas laterais nas estruturas de proteção (Silva & Leal, 1997).

4.2 Irrigação

As plantas obtêm praticamente toda a água de que necessitam através do sistema radicular. Da água absorvida, a planta não retém mais que 2%, sendo o restante transferido para a atmosfera pela transpiração, após vários processos fisiológicos. A água também pode se “perder” diretamente na atmosfera pela evaporação do solo e da superfície vegetal molhada. A esse processo de “perda” conjunta de água do solo e da planta na atmosfera dá-se o nome de evapotranspiração. A água evapotranspirada deve ser totalmente repostada ao solo, sob pena de comprometer o desenvolvimento das plantas e o sucesso do empreendimento (Marouelli et al.,1996). A irrigação, portanto, constitui-se no método de reposição, complementação ou suprimento total da água no solo de maneira que se consiga um ambiente ideal para o bom desenvolvimento da cultura.

As olerícolas constituem um grupo de plantas que requerem cuidados especiais em seu cultivo, sendo bastante suscetíveis às deficiências hídricas, principalmente às grandes variações do teor de água no solo, tanto no que diz respeito à quantidade quanto à oportunidade de seu suprimento, refletindo-se num desenvolvimento precário e desuniforme. A irrigação é um fator de aumento de produtividade e diminuição de riscos, influenciando na qualidade do produto e em outros fatores de produção (Bueno,1998). A deficiência de água é, normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial (Marouelli et al.,1996). Assim a reposição de água no solo via irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso na horticultura.

A determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para um manejo racional de um sistema de irrigação. A água, como fator limitante à produção agrícola, deve ser utilizada racionalmente para que se obtenha uma eficiência adequada. Dentre os vários métodos para estimar o requerimento de água, o método do Tanque Classe A tem sido amplamente utilizado por diversos

pesquisadores (Klar, 1974; Saad & Scaloppi, 1988 e Bernardo, 1987), em virtude do seu custo relativamente baixo, facilidade de instalação e manutenção, pela praticidade de manuseio, além dos resultados satisfatórios para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

Andrade Júnior (1994), com o objetivo de avaliar os efeitos de quatro níveis de irrigação baseados na evaporação do Tanque Classe A (0,25; 0,50; 0,75 e 1,0), utilizando o tubo gotejador “Queen Gil” sobre o comportamento fisiológico e produtivo da cultura da alface variedade “Mesa 659”(tipo americana), nas condições edafoclimáticas de Botucatu, verificou que o nível de 0,75 proporcionou melhores resultados de matéria fresca por planta e produtividade da cultura. O autor comenta que o manejo da água de irrigação, utilizando o Tanque Classe A, proporciona uma boa estimativa do consumo hídrico da cultura da alface.

A forma como a água é levada da fonte até a área cultivada e, principalmente, a forma como ela é aplicada na cultura define o método de irrigação. Basicamente são quatro os métodos, quais sejam: superficial ou de superfície, subsuperfície, aspersão e localizada. Sendo que cada um destes métodos pode se dividir em vários sistemas de irrigação (Faria & Rezende, 1997).

4.2.1 Irrigação por gotejamento

Os métodos de irrigação mais tradicionais e difundidos são por superfície e aspersão, porém a irrigação por gotejamento, atualmente, vem aumentando sua participação na área irrigada mundial (Vieira, 1975).

É uma técnica que, além de representar um aumento na produtividade das culturas, tem uma maior eficiência no uso da água. Essas características dos métodos de irrigação localizada proporcionaram seu desenvolvimento, por possibilitar praticá-la em solos e topografias que dificilmente seriam irrigados por outros métodos (Vieira, 1975). Em diversas condições, segundo Olitta (1981), este método tem apresentado produções superiores às obtidas por outros métodos. Para Martinez (1989), o método de irrigação por gotejamento é o mais recomendado para cultivos em casa de vegetação e túneis plásticos baixos, trazendo vantagens para os locais onde o teor de sais solúveis existentes na água, o custo desta água e a

taxa de evapotranspiração são elevados (Bernardo, 1987; Gornat et al.,1973; Sganzerla, 1995). Quando comparado com o método de irrigação por aspersão mostra-se muito superior (Demattê et al.,1981).

Tekinel & Çevik (1994), relataram que, nos últimos anos, vem ocorrendo um rápido crescimento na produção de estufas na região mediterrânea da Turquia. Junto com essa grande expansão, novas técnicas vêm sendo introduzidas e, segundo os mesmos autores, a mais nova e mais importante técnica para a região é a irrigação por gotejamento em estufas, que vem sendo largamente desenvolvida.

A irrigação por gotejamento envolve a aplicação de água diretamente sobre a região radicular em pequenas intensidades (1 a 10 L.h^{-1}) porém com alta frequência (turno de irrigação de 1 a 4 dias), de modo que se mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima da “Capacidade de Campo”. A aplicação de água é feita através de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de pequenas peças denominadas gotejadores, conectadas em tubulações flexíveis de polietileno, trabalhando a pressões variando entre 50 a 250 kPa, sendo que a pressão de serviço da maioria dos tipos de gotejadores está em torno de 100 kPa (Gomes,1998). Sganzerla (1995), afirma que a irrigação por gotejamento com o tubo gotejador é o método mais empregado no cultivo protegido, sendo mais econômico que as tradicionais irrigações pesadas. Quando a umidade relativa do ar for elevada, a irrigação, deve ser, preferencialmente, por gotejamento, desde que a temperatura não seja superior a 32°C e a umidade relativa do ar inferior a 50%.

Na irrigação localizada por gotejamento, a aplicação de água forma no solo um bulbo molhado, podendo-se necessitar mais de um bulbo por planta para que não haja confinamento das raízes em pequeno volume de solo tornando a cultura frágil. Os bulbos molhados são importantes, pois, neles se concentram os produtos aplicados via água de irrigação, tais como fertilizantes, fungicidas, etc.(Zanini, 1991). Devido à concentração de raízes ocupar um volume de solo mais limitado na irrigação localizada em relação aos sistemas não localizados, resultando em alta densidade e atividade radicular no bulbo úmido, que poderá esgotar rapidamente as reservas do solo, necessita-se de uma reposição dos nutrientes de forma localizada mais freqüente (Pizarro, 1987).

Bernardo (1987), cita como vantagens do método de irrigação por gotejamento: maior produtividade das culturas; maior eficiência no uso de fertilizantes; maior

eficiência no controle fitossanitário; adaptação a diferentes tipos de solo e topografias; possibilidade do uso de água salina e irrigação de solos salinos; e como principais desvantagens o entupimento dos emissores devido ao pequeno diâmetro de saída e a concentração do sistema radicular nos limites do “bulbo molhado”.

Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação por gotejamento e por microaspersão oferecem maior flexibilidade na fertirrigação, seguidos pela aspersão (Frizzone et al., 1994).

4.2.2 Fertirrigação

A fertirrigação consiste, de um modo geral, na fertilização combinada com a irrigação, isto é, os adubos minerais ou resíduos orgânicos são injetados na água de irrigação, para formar “água de irrigação enriquecida” (Pizarro, 1987; Vitti et al., 1994; Rodrigues, 1996). Já Bisconer (1987), define um termo mais amplo, a quimigação, como a prática de aplicação de qualquer produto químico veiculado na água de irrigação.

Pair et al. (1975), relatam que a fertirrigação é uma técnica antiga, mas o seu uso só passou a ser significativo recentemente, e que futuramente todas as culturas deverão ter parte ou toda a adubação requerida, aplicada via água de irrigação, mesmo não havendo necessidade de irrigá-las, fazendo assim, uso da importante interrelação existente entre a solução do solo e o fertilizante aplicado.

Embora exista uma falta de informações sobre dosagens, tipos de fertilizantes e época de aplicação, admite-se que a fertirrigação pode ser utilizada com muitas vantagens, tais como: economia de mão-de-obra e maquinaria; aplicação no momento exato em a planta necessita; possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo cultural; facilidade de parcelamento e controle; distribuição uniforme com a água de irrigação; maior flexibilidade das operações; simplificação das práticas culturais, como por exemplo, a aplicação simultânea de pesticidas e fertilizantes; maior eficiência na utilização dos nutrientes; maior facilidade de aplicação de micronutrientes; menor erosão do solo e menos danos físicos à cultura (Costa et al., 1986). Segundo Marouelli et al. (1996), a fertirrigação propicia elevado

grau de controle e completa automatização do sistema, com maior economia e eficiência no consumo de água, energia, fertilizantes e de eficientes sistemas de filtragem da água.

Frizzone & Botrel (1994), citaram que, em alguns países, como os Estados Unidos, Israel, Itália, a fertirrigação tornou-se uma técnica de uso generalizado, principalmente com o desenvolvimento dos modernos sistemas de irrigação e da qualidade dos fertilizantes líquidos. No Brasil, entretanto, em 1994, eram ainda raras as áreas de culturas fertirrigadas. No entanto, com a difusão de novas tecnologias em irrigação, a introdução dos fertilizantes líquidos no mercado, o custo crescente de mão-de-obra, necessidade de aumentar a eficiência de utilização dos insumos e implementar a produtividade do sistema de produção agrícola, especialmente em áreas como as do cerrado, e do Trópico semi-árido, abrem-se grandes perspectivas para a utilização de tal técnica.

Para Hernandez (1994), em nosso país, somente nestes últimos anos é que a fertirrigação tem se firmado como técnica, mesmo assim, seu uso, quando comparado ao seu potencial, pode ser considerado incipiente. Proprietários de sistemas de irrigação localizada e de pivô-central são os que fazem uso mais freqüente da técnica, notadamente para a aplicação de adubos nitrogenados.

Não existe unanimidade sobre como fazer a fertirrigação, segundo San Juan (1985), quanto às quantidades e às qualidades de adubos a serem usados; contudo afirma que com o desenvolvimento da irrigação por gotejamento, a maior eficiência dependerá mais do fertilizante do que da maneira de aplicação. A fertirrigação é efetuada através da adição de pequenas quantidades de fertilizantes durante todo o período de crescimento das plantas, sem causar-lhes problemas de deficiência ou toxidez de nutrientes. A aplicação em pequenas doses, evita a lavagem dos fertilizantes, tão comuns na adubação convencional, mantém o nível ideal de nutrientes no solo e permite um melhor aproveitamento do adubo que, dissolvido na água, será facilmente absorvido pelas plantas (Pinto & Soares, 1990).

Abreu et al. (1987), comentam que a prática da fertirrigação não é exclusiva da irrigação por gotejamento, porém é o sistema no qual pode-se conseguir melhor eficiência na aplicação de adubos, pois os nutrientes são aplicados somente na região do sistema radicular e com maior uniformidade de distribuição.

Pizarro (1987), afirma que os adubos a serem usados devem ser solúveis ou emulsionáveis em água, com o objetivo de evitar obstruções dos gotejadores,

devendo-se também levar em consideração a compatibilidade entre eles. Os fertilizantes mais adequados para o uso na irrigação devem ter solubilidade rápida e completa. Por isso, os fertilizantes nitrogenados, como uréia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de sódio e em menor escala, os fertilizantes potássicos, como cloreto e sulfato de potássio, são os que melhores se prestam a este propósito (Frizzone et al., 1985), citado por Gomes (1998).

Pair et al. (1975), reportam que o nitrogênio é o nutriente mais comumente empregado na fertirrigação, assim como o potássio e outros também o são, desde que as fontes sejam bastante solúveis. Recomenda-se também que o nitrogênio seja aplicado de maneira parcelada, justificado por três fatores: baixa exigência inicial, rápida lixiviação (principalmente em solos arenosos), e índice salino elevado (Malavolta, 1980; Marouelli et al., 1996). Segundo Costa et al. (1986), o parcelamento do nitrogênio, aplicado via água de irrigação, deve ser feito de acordo com a demanda de nutrientes pela planta, em seus diversos estádios de desenvolvimento fisiológico, determinada através da marcha de absorção de nutrientes pela cultura. Devido às facilidades que os sistemas de irrigação oferecem para a aplicação de fertilizante via água, é comum o parcelamento do fertilizante nitrogênio em quatro, seis ou até oito vezes durante o ciclo da cultura. Para as condições brasileiras, há necessidade de se definir não só o número de parcelamentos, como, também, o melhor método ou combinação destes para a aplicação de fertilizantes nitrogenados em solos arenosos (Coelho, 1994).

Vitti et al. (1993) relatam que os fertilizantes sólidos nitrogenados (uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio) são os mais solúveis em água, não apresentando nenhum problema para serem utilizados na irrigação, inclusive no gotejamento. A aplicação de potássio junto com o nitrogênio, via água de irrigação, é uma prática muito utilizada pelos agricultores, por praticamente não apresentar problemas, devido à alta solubilidade da maioria dos sais de potássio. A utilização do sulfato de potássio é limitada, em relação ao do cloreto ou do nitrato, uma vez que, na presença de grandes concentrações de cálcio na água, ocorre a formação de precipitado de sulfato de cálcio, podendo causar entupimento dos emissores devido ao seu efeito floculante (Hangin e Tucker, citados por Vitti et al., 1993; Kalil, 1992).

Marouelli et al. (1996), afirmam e concordam, com vários autores, que o uso de adubos à base de fósforo não é muito recomendado, devido sua pequena solubilidade

em água, o que ocasiona a formação de precipitados de cálcio e de magnésio, causando entupimento dos emissores, e por ser um elemento pouco móvel no solo o que reduz a eficiência de absorção.

Frizzone et al. (1985), citam como limitações da fertirrigação: o perigo de contaminação da fonte de água, através de fluxo inverso na rede de irrigação; esta técnica não é apropriada para fertilizantes pouco solúveis, como o superfosfato e o calcário; alguns fertilizantes, principalmente os fosfatados, podem provocar precipitados na rede de água, quando a solução apresentar caráter alcalino, condição limitante para o uso de gotejadores; a ocorrência de danos nas partes metálicas do sistema pela atividade corrosiva de alguns fertilizantes.

4.2.3 Fertirrigação em alface

Bakker et al. (1984), comparando os efeitos da adubação nitrogenada por fertirrigação e aplicação convencional em três cultivares de alface, verificaram que a fertirrigação aumentou a disponibilidade e absorção de nitrogênio, bem como a quantidade de nitrato por planta, resultando em uma produção significativamente maior quando comparado com a aplicação convencional.

Estudos realizados por Slangen et al. (1988), comparando a fertirrigação com a adubação convencional, na cultura da alface, verificaram que com relação a uniformidade das plantas, a fertirrigação mostrou-se mais eficiente, devido principalmente a ausência de altas concentrações de nutrientes, freqüentemente ocorridas com aplicações convencionais.

Gastaldi & Sutton (1989), trabalhando com a fertirrigação por gotejamento, encontraram que o crescimento e absorção de nitrogênio pela planta aumentam linearmente com a soma do nitrogênio acumulado. Os autores relatam que esta informação pode ser empregada visando o uso eficiente do fertilizante nitrogenado nos sistemas de gotejamento.

Bruckner et al. (1990), trabalhando com alface, observaram que a produção foi mais influenciada pela irrigação do que pelo fertilizante nitrogenado. Deste

modo, altas lâminas de irrigação e baixas taxas de aplicação de fertilizantes resultaram em altas produções, maior absorção de nitrogênio e um menor efeito residual.

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 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 $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, foi atingida com apenas $12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N no sistema de fertirrigação, representando uma economia de 80% de nitrogênio aplicado. Com a quantidade de $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrogênio em cobertura, aplicada pelo sistema de fertirrigação, a cultura produziu $5,57 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a mais que no sistema convencional, significando acréscimo de 16,19% na produtividade. Constatou, ainda, que mesmo nos níveis inferiores de adubação nitrogenada, houve maior efeito da fertirrigação.

Alves (1996), 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 $18,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, nos tratamentos com fertirrigação, enquanto que na adubação convencional foi de $13,49 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ e a testemunha foi de $11,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

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 $105,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e foram avaliados o número de folhas, peso de raiz, comprimento e largura de caule, circunferência da cabeça e produção total e comercial. A produção total alcançou o máximo no nível de $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 maior dose utilizada, mostrando que responderiam ainda a quantidade maior de nitrogênio.

4.3 A cultura da alface

A alface pertence à família botânica CICHORIACEA, da ordem ASTERALES e da classe MAGNOLIATAE, sendo o nome da espécie cultivada *Lactuca sativa* L. (Sonnenberg, 1985). A planta é herbácea, anual e muito delicada, possuindo raízes do tipo pivotante com abundantes ramificações, podendo atingir até 60 cm de profundidade, porém se concentram nos primeiros 25 cm (Kalil,1992). O caule é diminuto, não ramificado, ao qual se fixam as folhas. Estas são muito grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não, na forma de cabeça. A coloração varia de verde amarelada a verde escura, sendo que alguns cultivares apresentam as margens arroxeadas (Filgueira, 1982). Assim, a alface apresenta ampla variabilidade no comprimento, forma, cor, textura e tamanho da folha, assim como no tipo de cabeça (Alvarenga,1999). Ryder (1986) citado pelo mesmo autor, 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 clara. É representado pelas seguintes cultivares: Brasil 48, Brasil 202, Brasil 303, Vivi, Piracicaba 65, Áurea, Glória, Elisa e outras;

c) “Looseleaf lettuce”: não forma cabeça 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.

Por ser uma hortaliça de ciclo curto e crescimento rápido, é muito exigente quanto às condições climáticas, disponibilidade de água e nutrientes para que ocorra um acelerado incremento de peso. A adubação da cultura da alface deve observar a saturação em bases no solo, elevando-se a 70% sempre que for inferior a 60% (Gomes, 1998).

A alface aumenta de peso linearmente até os 30 dias, quando então, o ganho de peso é acentuado até a colheita. Apesar de absorverem quantidades relativamente

pequenas de nutrientes quando comparadas a outras culturas, seu ciclo rápido (50 a 70 dias) a torna mais exigente em nutrientes (Mota, 1999). 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 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.

Conforme Filgueira (1982), a alface é uma das hortaliças mais exigentes em água. Experimentos realizados com irrigação controlada, demonstram que o peso da planta e a produtividade aumentam, linearmente, com a quantidade de água aplicada.

Planta de inverno, a alface é capaz de resistir à baixas temperaturas e à geadas leves. Todos os seus cultivares produzem melhor sob temperatura amena, sendo que temperaturas mais elevadas (20 a 30°C) aceleram seu ciclo vegetativo, favorecem o florescimento e resultam em plantas menores, diminuindo a produtividade (Kalil, 1992). Segundo Ryder e Whitaker (1976), a temperatura é o fator que mais influencia na formação de cabeça uma vez que está relacionada com o pendoamento. Sanders (1999), citado por Yuri (2000), afirmou que a alface americana é adaptada a condições de temperaturas amenas, tendo como ótima a faixa de 15,5 a 18,3°C. Próximo de 21,1 a 26,6°C, a planta floresce e produz sementes. A alface americana pode tolerar alguns dias de temperaturas de 26,6 a 29,4°C, desde que as temperaturas noturnas sejam baixas.

Outro fator que pode afetar a planta é o fotoperíodo, pois a alface exige dias curtos durante a fase vegetativa e dias longos para que ocorra o pendoamento. Para Robson, McCreight e Ryder (1983), citados por Yuri (2000), o pendoamento em alface é uma característica importante, que influencia no desenvolvimento da cabeça. Cultivando vários genótipos de alface, em diferentes condições fotoperiódicas, combinando com várias temperaturas, Waycott (1995), citado por Mota (1999), mostrou que a temperatura isoladamente não é suficiente para induzir o pendoamento, ao contrário do fotoperíodo. Conclui também que existe uma série de respostas genéticas para vários comprimentos de dia entre genótipos de alface.

Por meio de melhoramento genético foram desenvolvidos cultivares mais tolerantes ao calor, ou seja, adaptados à nossa condição subtropical (temperaturas

elevadas e fotoperíodos longos) e, hoje, é possível seu pleno desenvolvimento no período de temperaturas mais elevadas e fotoperíodos mais longos, sem estimular o pendoamento das alfaces ou com retardamento de pendoamento e sem alterar o sabor (amargo), dessa forma, são esses os cultivares que são mais adaptados ao cultivo em ambiente protegido (Goto, 1998).

No Brasil as maiores zonas produtoras de alface encontram-se nos “cinturões verdes” que circundam as grandes regiões metropolitanas do país. Isto ocorre visto ser um produto apenas comercializável “in natura”, cujo transporte possui uma grande influência no custo final, e por ter seu preço de mercado muito afetado pela perda de água que ocorre rapidamente pelas folhas (Bueno, 1998).

4.3.1 Alface americana

Para Filgueira (1982), o cultivo de cultivares do grupo Cabeça Crespa (“Crisphead”), que apresentam folhas crespas, consistentes, formando uma cabeça compacta, devia ser mais incentivado, uma vez que suportam altas temperaturas, possuem elevada resistência ao florescimento precoce e adaptam-se muito bem ao transporte a longa distância, visando ao atendimento de mercados consumidores potenciais em outras regiões.

Segundo Sanders (1999), citado por Yuri (2000), nos Estados Unidos, o grupo de alface denominado “Crisphead lettuce” é considerado o mais importante vegetal para ser consumido em forma de salada, tendo um consumo “per capita” superior a 11,3 kg. Atualmente, mais de 95% da produção de alface nos Estados Unidos estão concentrados nos Estados da Califórnia e do Arizona. Em 1997, mais de 80.000 hectares foram colhidos nos Estados Unidos, produzindo 3.480.000 toneladas, com produtividade média de 43,5 t.ha⁻¹ e movimentando uma receita de mais de 1,18 bilhões de dólares (Rhodes, 1999; citado por Yuri 2000).

A alface americana é do tipo que forma cabeça compacta e cujas folhas possuem crocância, mantendo suas características em contato com alimentos quentes e por isso é muito utilizada em sanduíches. Vem sendo plantada, principalmente, para atender as redes “fast food” como o McDonald’s, que utiliza hoje aproximadamente 800 toneladas brutas

de alface por semana, sendo líquidas 400 toneladas, retirando-se folhas estragadas, caules e as folhas externas (Yuri,1997; citado por Bueno 1998).

Há uma grande variabilidade na produção de biomassa, características morfológicas e absorção de nutrientes pelos vários tipos de alface. Por exemplo, a alface de folhas ‘Bibb’, ‘Boston’ e a alface romana não produzem cabeça compacta, como a americana, por isso produzem menos biomassa e, portanto, tendem a acumular menor quantidade de nutrientes (Sanchez & Hout, 1995; citados por Bueno 1998).

No Brasil, as variedades que estão sendo mais plantadas são ‘Lorca’, ‘Niner’, ‘Ryder’, ‘Lucy Brown’ e ‘Mesa 659’, sendo a mais utilizada a ‘Lorca’. A cultivar ‘Mesa 659’ possui cabeça grande, escura, com caule de tamanho médio, resistente ao *tipburn* (Jackson et al.,1997).

A cultivar ‘Lucy Brown’ apresenta um ciclo de 48 a 65 dias dependendo da época do transplante. A planta apresenta tamanho grande, tem excelente compactidade e peso médio entre 750 a 1300 gramas. As folhas são grossas, dando ótima proteção à cabeça, de coloração verde clara e com boa resistência ao apodrecimento de cabeças provocado por *Erwinia* ssp, o que possibilita seu plantio no verão (Asgrow,1998, citado por Mota 1999; Yuri,2000).

4.4 Ácido giberélico (GA₃)

De acordo com Awad & Castro (1992), as giberelinas (GA) são reguladores vegetais , derivados do mevalonato, que tem em comum o esqueleto gibano (isoprenóide) em sua fórmula estrutural. O transporte das giberelinas nas plantas é de natureza não polar, ocorrendo na maioria dos tecidos, incluindo floema e xilema. Sua ação biológica, segundo Hess (1978), é caracterizada por grande poder de estimular o crescimento longitudinal das células.

Com relação ao mecanismo de ação das giberelinas (GA), Dietrich (1986), cita que muitos efeitos do GA são semelhantes aos promovidos pelas auxinas, tanto em nível fisiológico como molecular, o que pode ser devido a ação do GA sobre a produção ou liberação das auxinas. Parece que GA ativa a produção de auxina, através da sua atividade

sobre a síntese de enzimas onde o GA promoveria o aumento na concentração de proteases, que por sua vez estimulariam a liberação do triptofano, precursor natural da auxina. Esta hipótese foi expandida, adicionando-se a ação do GA sobre a peroxidase aumentando a concentração desta enzima, a qual degrada o ácido Indolacético (IAA) produzindo metileno-oxindol, que não tem ação hormonal, como uma auxina.

Dietrich (1986) relata que dentre as enzimas que aumentam a sua atividade sob a ação do GA, encontram-se várias hidrolases, dentre as quais a B-1,3-glucanase, enzima que promove a ruptura de moléculas de hemicelulose, provocando mudanças na plasticidade das células com a quebra das ligações glicosídicas. A mesma autora cita que de acordo com trabalhos mais recentes seria mais correto situar o efeito das giberelinas na síntese de RNA mensageiro específico, o qual modifica determinadas enzimas atuantes no processo de crescimento.

Este grupo de reguladores é largamente distribuído no reino vegetal, é detectado nas folhas, caule, raízes, sementes, embriões e pólen, sendo sintetizados em regiões meristemáticas, sendo produzidas em maior quantidade em condições de dias longos. Esses reguladores podem ser encontrados na forma de hormônio livre ou conjugado com glicosídeos, estando presentes em menor concentração nas raízes, sugerindo que são translocados da parte aérea para as raízes. Essas substâncias são transportadas pelo floema, e as giberelinas exógenas são translocadas na mesma velocidade que os constituintes do floema. Sua ação biológica é caracterizada por grande poder de estimular o crescimento longitudinal das células (Hess, 1978). O mesmo autor, relata ainda que as giberelinas têm pouco efeito no crescimento das raízes, o que parece estar ligado ao efeito do aumento no crescimento do caule, que utiliza os nutrientes e fotoassimilados que seriam necessários para o desenvolvimento da raiz. E o efeito do GA na diferenciação do xilema e na divisão celular, podem ser estimulados, principalmente quando conjugado com auxinas e citocininas. Os locais de síntese da giberelina são as regiões meristemáticas, as sementes imaturas e os frutos em desenvolvimento. Sendo que a substância precursora da síntese do ácido giberélico é o ácido mevalônico.

Já em 1965, Simão & Whitaker, procuravam uma maneira de adiantar o início da colheita de alface o que segundo os autores, seria favorável em uma exploração intensiva. Para isso, utilizaram aplicações de GA₃ à 1, 10 e 50 ppm em plantas da cultivar

Gorga “Batavia Bionda”, com os tratamentos repetidos por cinco vezes durante o ciclo. Verificaram que os tratamentos reduziram o teor de clorofila, aumentaram os espaços dos entrenós ocorrendo a antecipação do florescimento nos tratamentos com 10 e 50 ppm.

Zukova (1962), estudando o efeito de reguladores vegetais na produção de alface no verão, notou que a aplicação de giberelina a 100 ppm, estimulou o alongamento do caule, aumentou o tamanho das folhas, e reduziu o peso e o comprimento do sistema radicular.

Singh & Saimbhi (1967), verificaram que a aplicação de ácido giberélico (GA_3) a 50 e 100 ppm, em plantas de alface, 2 e 4 semanas após o transplântio, estimularam o aumento do número e comprimento das folhas, o alongamento do caule e o peso da matéria fresca e seca total das plantas.

De acordo com Srivastava & Sawhney (1975), a aplicação de GA_3 a 10 mM em plântulas de alface, estimulou o alongamento das células do hipocótilo em 400 a 500% mais que o controle. Os autores observaram também que ocorre nas células uma rápida aceleração na síntese de proteínas e polissacarídeos antes do crescimento em extensão, pois o peso da matéria seca das células aumenta proporcionalmente ao alongamento.

Trabalhando com plântulas de tomate, Chao (1963), observou que onze dias após a aplicação de giberelina a 40 e 80 ppm, houve aumento no peso fresco total. Castro (1976), trabalhando com aplicação de GA, via foliar, em plantas de tomate, observou ter este regulador reduzido o peso do sistema radicular, causando pequeno aumento no peso do caule e das folhas. Dong & Arteca (1982), relataram que a aplicação via foliar de GA_3 a 1,4 mM, em tomateiro cv. Heinz 1350, promove aumento na taxa fotossintética, na taxa de crescimento e no peso da matéria seca total das plantas. Jupe & Scott (1992), relatam que em plantas de tomate, a aplicação de GA_3 , via foliar, estimulou o alongamento do caule, promovendo maior espaçamento entre os nós.

Aguiar (1982), relata que a utilização de GA_3 a 10 ppm, em alface cv. Baba, através de pulverização foliar, aos sete e aos quatorze dias após o transplântio, provocou desenvolvimento intenso e irregular dos entrenós da planta, causando elevada percentagem de acamamento.

Moll & Jones (1984), com o objetivo de verificar o efeito de GA₃ em plântulas de alface do cv. Grand Rapids, aplicaram o regulador vegetal a 100uM, com imersão em solução incubadora. Verificaram que o GA₃ teve influência no alongamento do hipocótilo, sendo este estímulo mais pronunciado nas plântulas intactas, comprovando a sensibilidade dos tecidos à ação do referido regulador e seu envolvimento no controle do alongamento do hipocótilo de alface.

Morris & Arthur (1985), estudando o efeito no alongamento do caule de plântulas de feijão cv. Masterpiece, com a aplicação de GA exógeno, observaram que a giberelina estimula a expansão celular.

Globerson & Ventura (1973) afirmaram que 2 aplicações de GA₃ aumentaram a produção de sementes, a uniformidade do florescimento e a maturação de sementes de alface. O GA₃ promoveu um florescimento precoce, especialmente na cultivar Great Lakes 118, independentemente de sua concentração, mas teve pouco efeito na produção de sementes (Micollis et al., 1993). Enquanto Kochankov et al. (1996) relataram que a simples aplicação de GA₃ (6,25 mg.L⁻¹) no estágio de 11 a 20 folhas fez com que a produção de sementes por planta duplicasse ou triplicasse em relação à testemunha, mas doses mais elevadas (12,5 ou 25,0 mg.L⁻¹ de GA₃) causaram acamamento das plantas. Já Laura et al. (2000), afirmam que apesar de efetiva, a aplicação de giberelinas no estímulo ao florescimento e a consecutiva produção de sementes em alface, há grandes diferenças nas respostas entre cultivares e doses de giberelinas recomendadas.

Assim pode-se dizer que o uso da giberelina em alface já é estudado a bastante tempo, com vários propósitos e dosagens. A sua forma de ação leva a uma expansão celular que pode ser benéfica para alguns parâmetros vegetativos de interesse como caule, número de folhas e diâmetro de cabeça, para os quais o enfoque deste trabalho foi direcionado.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no período de 13 de março a 20 de junho de 2000, na Fazenda Experimental São Manuel, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no Município de São Manuel, Estado de São Paulo, a 22°46'05'' de latitude sul e 48° 34'11'' de longitude oeste de Greenwich a 740 m de altitude.

Foi utilizado um conjunto de três estufas, separadas por vãos livres, tendo as dimensões de 5,0 m x 20 m e na parte central uma altura de 2,65 m, apresentando uma estrutura coberta com filme transparente de 150 micras de espessura. A “saia” em cada estufa foi feita com o mesmo filme transparente, esticado e preso nas laterais da estrutura por sarrafos de madeira (2½” x 1”) por meio de pregos e parafusos, desde a profundidade de 0,50 m à uma altura de 1,0 m do solo.

Na Figura 1 pode-se observar a disposição do sistema de irrigação em uma das estufas numa visão parcial do experimento, e do tanque Classe “A”. Observando-se a Figura 2 tem-se um detalhe do cavalete e das linhas laterais do sistema de irrigação.



Figura 1. Vista parcial de uma das estufas.



Figura 2. Detalhe do cavalete e linha lateral de irrigação em uma das estufas.

Pela classificação de Köeppen, o clima da região é do tipo Cwb, ou seja, mesotérmico de inverno seco, o qual apresenta uma pluviosidade total anual média de 1.314 mm, temperatura média mensal de 19,4°C. A temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C, com o mês mais seco e mais frio sendo julho. A estação seca vai de maio a setembro, e o mês mais quente é janeiro (Carvalho et al., 1983).

O balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite (1948), revelou uma deficiência total de água de 29 mm anualmente (maio a setembro), e um excedente hídrico de 439 mm (outubro a abril). Segundo dados meteorológicos (FCA-UNESP/Botucatu-1974/86), a umidade relativa média do ar é de 71,50% e a velocidade dos ventos de 5,45 km.h⁻¹.

O solo, onde foi instalado o experimento, pertence a uma faixa de solo classificada como latossolo amarelo de textura média com relevo ondulado a suave, sem exploração intensiva.

Os valores de massa específica do solo foram determinados pelo Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP e os valores de granulometria pelo Laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP (Quadro 1).

Quadro 1. Características físicas do solo da área experimental

Profundidade (cm)	Granulometria (g.kg ⁻¹)			Textura	Massa específica (g.cm ⁻³)
	Areia	Silte	Argila		
0-20	800	187	13	média	1,62
20-40	780	215	5	média	1,73
40-60	775	222	3	média	1,69

As características químicas do solo foram obtidas de amostras de solo da área, retiradas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, e determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP, e encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2. Características químicas do solo da área experimental, para cada uma das estufas usadas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Prof. (cm)	pH	M.O. g.dm ⁻³	P _{resina} mg.dm ⁻³	H+Al -----mmol _c .dm ⁻³	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
ESTUFA 1										
0-20	5,9	5,0	5,0	18	0,7	21	16	38	56	68
20-40	5,1	4,0	1,0	21	0,4	11	6	18	39	46
ESTUFA 2										
0-20	5,9	10,0	75,0	17	1,2	26	15	42	59	71
20-40	5,5	6,0	66,0	19	0,8	15	6	21	41	53
ESTUFA 3										
0-20	5,5	9,0	67,0	17	5,2	25	15	44	62	72
20-40	5,5	6,0	35,0	11	3,2	15	9	26	37	71

Os valores dos teores de água no solo, para as camadas de 0-20 , 20-40 e 40-60 cm com amostras deformadas, foram realizadas no Laboratório de Água e Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, cujos valores são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Valores dos teores de água no solo (g.g⁻¹) e potencial matricial (kPa) para as camadas de 0-20 , 20-40 e 40-60 cm.

Y (kPa)	U ₀₋₂₀ (g.g ⁻¹)	U ₂₀₋₄₀ (g.g ⁻¹)	U ₄₀₋₆₀ (g.g ⁻¹)
-10	0.1050	0.1030	0.1040
-30	0.0976	0.0987	0.1024
-50	0.0755	0.0779	0.0790
-100	0.0700	0.0700	0.0720
-500	0.0590	0.0660	0.0600
-1500	0.0550	0.0552	0.0593

5.2 Características e condução da cultura

Utilizou-se um híbrido de alface americana (*Lactuca sativa* L), denominado comercialmente de “Lucy Brown”, que apresenta um ciclo vegetativo de 70-80 dias, com coloração das folhas verde escuro, do tipo repolhuda com folhas crespas e consistentes, que formam uma cabeça compacta, a qual apresenta resistência à temperaturas mais elevadas e ao pendoamento precoce, problemas comuns em cultivo sob ambiente protegido.

A produção das mudas foi realizada no local do experimento. A semeadura foi realizada no dia 13 de março de 2000, em bandejas de isopor (polimetano expandido) de 128 células, com uma semente do tipo peletizada por célula. O substrato utilizado para o enchimento das bandejas foi uma mistura de terra de barranco, casca de arroz carbonizada e substrato comercial “Plug mix” (proporção de 1:1:1) e receberam o fertilizante N-P-K (04-14-08) e o termofosfato magnésiano enriquecido com boro e zinco. As mudas foram irrigadas, 3 vezes ao dia, até atingirem 4-5 folhas definitivas, para o transplântio.

O transplântio das mudas para os canteiros definitivos foi realizado no dia 10 de abril de 2000, quando as mudas apresentavam de quatro a cinco folhas definitivas, no espaçamento de 30 x 30cm.

O solo foi preparado com uma enxada rotativa acoplada a um microtrator, com posterior formação manual dos canteiros. O cultivo, que consistiu na eliminação de ervas daninhas, foi realizado manualmente sempre que necessário.

A cultura apresentou problemas de cercosporiose a qual foi tratada com duas aplicações do fungicida Benlate (1 g.L^{-1}), intervalo de 7 dias.

Utilizou-se como base para a adubação a recomendação do Instituto Agrônômico de Campinas (Trani et al., 1996). Foi realizada calagem com 30 dias de antecedência com calcário dolomítico para elevar o valor da saturação de bases a 80% de acordo com as necessidades de cada estufa. Foram aplicados 2 kg.m^{-2} de composto humificado (Biomix) para melhorar o teor de matéria orgânica nas estufas. Foram aplicados termofosfato magnésiano enriquecido com B e Zn, e superfosfato simples para elevar o teor de fósforo, com posterior incorporação, sendo obedecidas as necessidades de cada estufa. Não foi realizada

nenhuma adubação nitrogenada de plantio para que os tratamentos de fertirrigação não apresentassem diferenças residuais.

5.3 Equipamento e manejo da irrigação

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento (Tubogotejador “Queen Gil”), com espaçamento entre saídas de gotas de 30 cm, com uma linha de irrigação por linha de cultivo, controladas por um registro de esfera de $\frac{3}{4}$ ” em cada parcela.

A cultura foi irrigada com água proveniente de uma mina, com uma condutividade elétrica igual a $0,1583 \text{ dS.m}^{-1}$ a 25°C . As linhas de irrigação foram conectadas às linhas de derivação de canos PVC com diâmetro externo de 25 mm, as quais conduziram a água às parcelas, independentemente.

A linha principal de cano PVC, de 25 mm de diâmetro externo, foi colocada na lateral da estufa. Na entrada da linha principal, foi instalada uma derivação em forma de cavalete, onde abaixo desse, na linha principal, foi instalado um registro geral de esfera de $\frac{3}{4}$ ”, e na entrada e saída do cavalete outros dois registros semelhantes, e na sua parte superior, entre tais registros, um injetor de fertilizante tipo Venturi. Após o cavalete, foi colocado um filtro de tela de 120 mesh, um regulador de pressão para mantê-la a 6,0 m.c.a, e um manômetro tipo Bourbon com glicerina para sua verificação.

O suprimento de água do sistema proveio de um reservatório de 20 m^3 cuja base ficava a 2,78 m e seu topo 6,78 m acima do nível dos canteiros, e como a caixa d’água era mantida no nível máximo, pois era abastecida por uma mina, mantinha uma pressão constante de 6,0 m.c.a suficiente para pressurizar, adequadamente as linhas de todo o sistema enquanto se fazia apenas a irrigação. Como o parcelamento de nitrogênio obedeceu a mesma frequência de irrigação, ou seja, todas as irrigações foram fertirrigações e para diferenciação das doses eram fertirrigados três canteiros por vez, era necessário o uso de uma bomba trifásica de 5 CV, cuja pressão era mantida adequada pelo regulador de pressão. O sistema operou a 60 kPa, no ponto médio da pressão de serviço recomendada pelo fabricante (50 a 70 kPa).

O manejo da irrigação baseou-se na evaporação diária do Tanque Classe “A”, instalado no interior de uma das estufas de forma a ser representativo do conjunto, com leitura através de micrômetro de gancho com poço tranquilizador. A reposição de água foi feita baseada no equivalente à 75% (fator de 0,75) da evaporação do Tanque, de acordo com trabalho realizado por Andrade Júnior (1994), com alface americana em cultivo protegido, no qual obteve os melhores resultados. E a frequência de irrigação adotada foi de 3 dias. O tubo gotejador utilizado apresenta as seguintes características:

Diâmetro interno = 16,5 mm

Espessura da parede = 0,2 mm

Pressão de serviço = 30 a 100 kPa

Pressão recomendada = 50 a 70 kPa

Pressão de ruptura = acima de 400 kPa

Espaçamento de gotejadores = 30 cm

Vazão nominal a 50 kPa = 4,0 L.h⁻¹.m⁻¹

Para a determinação da vazão dos gotejadores e dos coeficientes de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, amostraram-se pontos utilizando-se uma adaptação à metodologia proposta por Merriam, Keller & Alfaro, conforme descrito por Pinto et al. (1991), que consiste na coleta de dados de apenas quatro emissores distintos, avaliando-se o primeiro emissor, os situados a 1/3 e 2/3 do comprimento da linha de irrigação e o último. Da mesma forma, selecionaram-se também apenas quatro linhas de irrigação.

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água, utilizou-se a seguinte expressão (Pinto et al., 1991):

$$CU = 100 \left[\frac{q_m}{Q} \right]$$

onde:

CU = coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

q_m = média de ¼ dos menores valores obtidos (L.h⁻¹)

Q = média das vazões coletadas (L.h⁻¹).

A partir dos 15 dias após o transplante, foram aplicados numa proporção de 2:1 os fertilizantes nitrato de cálcio (equivalente a 0,133g de N.planta⁻¹.dia⁻¹ para a dose 120 kg de N.ha⁻¹) e sulfato de potássio (equivalente a 0,0667 g de K.planta⁻¹.dia⁻¹, ou seja numa dosagem única de 30 kg de K.ha⁻¹) na forma de fertirrigação por gotejamento e utilizando um injetor do tipo Venturi, durante a reposição da evaporação do Tanque Classe “A”, obedecendo a mesma frequência (3 dias). A ordem de injeção foi sempre da menor dose para a maior, sendo o sulfato de potássio aplicado primeiramente afim de não se incorrer em perdas de nitrogênio por lixiviação, bem como evitar a incompatibilidade entre os adubos que quando dissolvidos num mesmo tanque promovem a precipitação de sulfato de cálcio que pode levar a entupimento dos gotejadores. O nitrato de cálcio utilizado foi o próprio para a fertirrigação de grande solubilidade. As soluções foram feitas em baldes.

Para tanto foi dividida a lâmina de aplicação para que cada fertirrigação fosse feita separadamente, com os devidos cuidados de pressurização do sistema e lavagem a cada aplicação, e o controle da operação monitorado pelo hidrômetro instalado na linha principal.

As estufas foram interligadas por uma linha de derivação com canos de PVC ¾”, o que permitia a fertirrigação dos canteiros com a mesma dosagem a ser recebida simultaneamente em blocos distintos, sendo que no final desta linha havia um segundo cavalete constituído com as mesmas peças daquele da linha principal, inclusive um manômetro que possibilitava a tomada de pressão no final da derivação, bem como a reversão em caso de problemas. Além disso havia a saída para água de lavagem do sistema controlada por um registro de esfera.

5.4 Delineamento experimental

O ensaio foi instalado em um delineamento experimental de blocos casualizados, com parcela subdividida, num esquema fatorial 4², correspondentes a parcela x subparcela. As parcelas foram constituídas por 4 doses de nitrogênio aplicadas em fertirrigação na forma de nitrato de cálcio, correspondentes a 60; 120; 180 e 240 kg. ha⁻¹ de nitrogênio, de forma parcelada com frequência de 3 dias, coincidentes com a irrigação. Cada

parcela foi representada por um canteiro medindo 0,90 m de largura por 8,40 m de comprimento, totalizando uma área de 90,72 m² úteis (28 plantas por linha, com três linhas por canteiro, total de 84 plantas), tendo sido tomada como área útil a linha central.

As subparcelas foram constituídas por 4 épocas de aplicação (0, 40, 55 e 70 DAS – dias após semeadura) via foliar de uma única dose de ácido giberélico ou giberelina (GA₃) equivalente a 20 mg.L⁻¹ do princípio ativo do produto comercial Pro-Gibb diluído em mistura de álcool e água destilada. O ácido giberélico foi aplicado utilizando-se um pulverizador manual com pressão constante, formando um grupo de 7 plantas por subparcela.

Os tratamentos realizados podem ser assim sintetizados :

- | | |
|--|------------------------|
| 1- Dose de 60,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e não aplicação de giberelina | (N1GA ₃ 0) |
| 2- Dose de 60,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 40 DAS | (N1GA ₃ 40) |
| 3- Dose de 60,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 55 DAS | (N1GA ₃ 55) |
| 4- Dose de 60,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 70 DAS | (N1GA ₃ 70) |
| 5- Dose de 120,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e não aplicação de giberelina | (N2GA ₃ 0) |
| 6- Dose de 120,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 40 DAS | (N2GA ₃ 40) |
| 7- Dose de 120,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 55 DAS | (N2GA ₃ 55) |
| 8- Dose de 120,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 70 DAS | (N2GA ₃ 70) |
| 9- Dose de 180,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e não aplicação de giberelina | (N3GA ₃ 0) |
| 10- Dose de 180,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 40 DAS | (N3GA ₃ 40) |
| 11- Dose de 180,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 55 DAS | (N3GA ₃ 55) |
| 12- Dose de 180,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 70 DAS | (N3GA ₃ 70) |
| 13- Dose de 240,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e não aplicação de giberelina | (N4GA ₃ 0) |
| 14- Dose de 240,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 40 DAS | (N4GA ₃ 40) |
| 15- Dose de 240,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 55 DAS | (N4GA ₃ 55) |
| 16- Dose de 240,0 kg.ha ⁻¹ de nitrogênio e aplicação de giberelina aos 70 DAS | (N4GA ₃ 70) |

Foram realizadas quatro coletas ao longo do ciclo vegetativo a fim de se determinar os efeitos dos tratamentos nos parâmetros de interesse, bem como, análise de nutrientes, tendo sido aos 51DAS (Dias Após a Semeadura) : 05/05/00, 66 DAS: 20/05/00, 81

DAS : 05/06/00, 96 DAS: 20/06/00, as quais serão referidas daqui por diante como Coleta 1, Coleta 2, Coleta 3 e Coleta 4, respectivamente, C1, C2, C3 e C4.

A cada coleta foi retirada uma planta por subparcela mantendo-se o espaçamento e o efeito de bordadura, sendo que as repetições foram constituídas pelos três blocos. Quando o teste F para cada parâmetro analisado foi significativo, as médias nos efeitos significativos foram comparadas pelo teste de Tukey aos níveis de 5% e 1% de probabilidade no caso da Coleta 1 (C1) quando só havia duas épocas de aplicação da giberelina, e nas demais coletas através de análise de regressão.

O resumo da análise de variância contendo todas as fontes de variação do delineamento adotado em cada uma das coletas realizadas se encontra no Quadro 4.

Quadro 4. Resumo da Análise de variância realizada para cada coleta considerando-se todas as fontes de variação.

Quadro geral da análise de variância				
Fontes de Variação	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
	51 (DAS)	66 (DAS)	81 (DAS)	96 (DAS)
	GL	GL	GL	GL
Blocos	2	2	2	2
Nitrogênio	3	3	3	3
Erro (a)	6	6	6	6
Época GA₃	1	2	3	3
NxGA₃	3	6	9	9
Erro (b)	8	16	24	24
Total	23	35	47	47
CV (%)				
Média Geral				

5.5 Características avaliadas

A cada coleta cortou-se as plantas logo abaixo das folhas basais, bem rente ao solo, como recomenda Filgueira (1982), sendo uma planta da subparcela útil por

bloco a cada coleta, totalizando quatro plantas na parcela. Posteriormente, as plantas foram pesadas e obteve-se a matéria fresca aérea total.

Para obter o número de folhas externas, as plantas foram desfolhadas até atingir o ponto ideal de comercialização para a indústria. Estas folhas externas, devido ao gosto mais amargo e aparência são descartadas na produção comercial. Nas coletas onde não se tinha cabeça formada a contagem foi feita levando-se em conta o aspecto visual e sanidade das folhas (coletas C1 e C2). Os dados de número de folhas foram transformados para $\sqrt{y + 0,5}$ afim de se reduzir os efeitos de variação de contagem.

Tomou-se duas folhas externas aleatoriamente e procedeu-se às medidas de máximo comprimento e largura, obtendo-se um comprimento e uma largura médios nas folhas externas com intuito de verificar o efeito da expansão celular.

Após a retirada das folhas externas, tem-se a cabeça de alface, que é a parte comercial. Esta geralmente apresenta-se compacta, de coloração verde-amarelada e com nervuras salientes. As cabeças foram pesadas obtendo-se a matéria fresca aérea comercial por planta em gramas. Depois de pesada a cabeça comercial, procedeu-se a medida de seu diâmetro em centímetros com o auxílio de um paquímetro de madeira. Estes parâmetros só foram avaliados nas coletas C3 e C4.

Foram retiradas as folhas internas, procedendo-se sua contagem. Estas folhas foram retiradas até que ficasse somente o caule, incluindo as brotações quando havia, obtendo-se assim o número de folhas internas. Os dados de número de folhas foram transformados para $\sqrt{y + 0,5}$ afim de se reduzir os efeitos de variação de contagem.

Tomou-se duas folhas internas aleatoriamente e procedeu-se às medidas de máximo comprimento e largura, obtendo-se um comprimento e uma largura médios nas folhas internas com intuito de verificar o efeito da expansão celular. O número de folhas total foi obtido a partir da soma das folhas externas e internas.

O diâmetro e o comprimento do caule foram medidos em centímetros com escalímetro, após a retirada de todas as folhas, tendo sido o primeiro tomado na porção basal e o segundo até o ápice caulinar.

Posteriormente, as plantas foram levadas acondicionadas em sacos plásticos o mais rápido possível para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do

Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP em Botucatu, onde, então, se procedeu à lavagem das plantas em água e detergente, água destilada e água deionizada, individualmente. Após lavadas as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçada até atingirem peso constante à temperatura de 73°C, obtendo-se, assim, a matéria seca aérea total. Após a determinação da matéria seca total as plantas foram conduzidas à análise de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nesse Laboratório, obtendo-se as .



Figura 3. Detalhes da cabeça de alface americana na coleta 3 (66 DAS). 1. (GA₃40); 2 (GA₃70); 3 (GA₃55) e 4 (GA₃0), todas na dose equivalente a 60 kg de N.ha⁻¹.

quantidades de nutrientes em g.kg^{-1} os quais foram posteriormente multiplicados pela matéria seca e obteve-se a quantidade de nutriente por planta (em g.planta^{-1}). A Figura 3 mostra detalhes das cabeças de alface no momento da coleta 3 (ponto comercial), na parcela que recebeu dose de N equivalente a 60kg de N.ha^{-1} , nas diferentes épocas de aplicação de GA_3

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Número de folhas

Os resultados das análises de variância, o teste F e a significância a 5 e 1% de probabilidade para cada coleta das características que envolvem número de folhas (NFExt – número de folhas externas; NFInt – número de folhas internas e NFTotal – número de folhas total) se encontram nos Quadros 5 e 6.

Não houve diferença significativa para o efeito principal da parcela, ou seja, entre doses de nitrogênio, para nenhuma das coletas realizadas, bem como nenhuma das características em questão. Observa-se pelas médias nas coletas que houve um aumento contínuo do número de folhas ao longo do ciclo sem influência das doses de fertilizante.

Resultado semelhante foi observado por Alvarenga (1999) que trabalhando com doses de nitrogênio e aplicação foliar de cálcio em alface americana, também não obteve diferenças significativas entre as doses de fertilizante usadas. Fernandes et al. (1971), citado pelo mesmo autor, monitorando o crescimento em alface, observaram que o número de folhas acompanha o aumento do peso da matéria seca do plantio até o momento da colheita segundo a seguinte proporção: 20 dias-6 folhas por planta equivalentes a 0,85 g de matéria seca; 30 dias-9 folhas por planta equivalentes a 1,15 g de matéria seca; 40 dias-20 folhas por planta, equivalentes a 3,90 g de matéria seca; 50 dias-35 folhas por planta, equivalentes a 8,10 g de matéria seca; 65 dias-48 folhas por planta, equivalentes a 10,20 g de matéria seca.

Mota (1999), trabalhando com o efeito do cloreto de potássio na alface americana observou que o número médio de folhas externas e peso médio de folhas externas não foi influenciado pelas doses de fertilizante.

Quadro 5. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis, na alface: Número de Folhas Externas (NFExt); Número de Folhas Internas (NFInt) e Número de Folhas Total (NFTotal), com os dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$.

Fontes de Variação	Coleta 1				Coleta 2			
	GL	NFExt	NFInt	NFTotal	GL	NFExt	NFInt	NFTotal
		Estatística F				Estatística F		
Nitrogênio	3	0,21	0,39	0,36	3	1,16	0,89	2,31
Época GA₃	1	0,00	4,94	4,03	2	6,14**	2,51	2,17
NXGA₃	3	0,17	0,68	0,90	6	0,53	0,19	0,27
CV (%)		11,46	7,91	6,06		9,08	8,06	5,86
Média Geral		2,20	3,36	3,96		2,63	4,67	5,33

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 6. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Número de Folhas Externas (NFExt); Número de Folhas Internas (NFInt) e Número de Folhas Total (NFTotal), com os dados transformados para $\sqrt{y+0,5}$.

Fontes de Variação	Coleta 3				Coleta 4			
	GL	NFExt	NFInt	NFTotal	GL	NFExt	NFInt	NFTotal
		Estatística F				Estatística F		
Nitrogênio	3	0,33	0,69	0,32	3	0,42	0,21	0,19
Época GA₃	3	17,14**	3,77*	2,96*	3	69,02**	0,49	2,19
NxGA₃	9	0,40	0,63	0,71	9	2,93	0,92	0,91
CV (%)		14,16	10,16	8,59		10,34	18,21	15,06
Média Geral		2,94	5,73	6,43		2,85	6,71	7,30

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.1.1. Número de folhas externas

O efeito principal de subparcela, ou seja, épocas de aplicação de GA₃, no entanto, apresentou-se significativo a 1% de probabilidade para a característica NFExt nas

coletas C2, C3 e C4. As médias analisadas pelo teste de Tukey nos efeitos principais são apresentadas nos Quadros 7, 8 e 9.

A Figura 4 mostra que o número de folhas externas da alface apresentou uma resposta quadrática em função das épocas de aplicação de GA₃. Pode-se observar que houve uma redução no número de folhas externas à medida que a aplicação tornou-se mais tardia, o que mostra um efeito depreciativo da aplicação do ácido giberélico aos 40 DAS quando comparado à não aplicação (GA₃0) e a aplicação mais tardia (GA₃70). De fato o fenômeno foi observado em campo já que as plantas que receberam o GA₃ aos 40 dias apresentaram maior senescência das folhas externas.

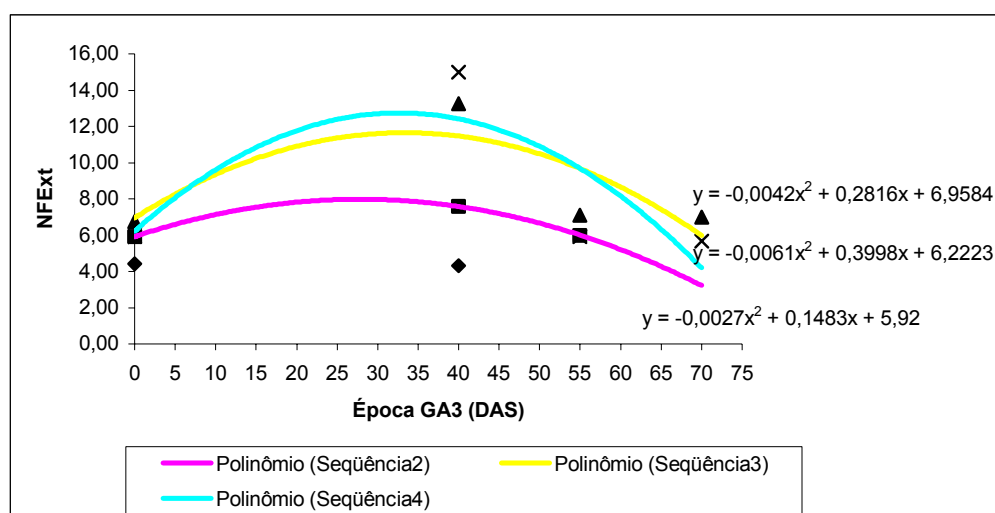


Figura 4. Efeito das épocas de aplicação de GA₃ no número de folhas externas da alface americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

O desenvolvimento intenso de folhas e caule exigindo nutrientes translocados pode ser uma explicação para a senescência das folhas na época mais precoce. Bueno (1998), encontrou resposta linear em função de doses de nitrogênio aplicadas e associou o fato à retranslocação de nutrientes das folhas externas para as internas.

6.1.2. Número de folhas internas

Pelas análises de variância (Quadros 5 e 6), pode-se observar que o número de folhas internas não apresentou diferença significativa entre as doses de nitrogênio. Bueno (1998), também não encontrou diferenças significativas entre doses de nitrogênio aplicadas, mas uma tendência quadrática de respostas do número de folhas internas e uma alta correlação com o comprimento de caule, peso médio e diâmetro de cabeça, mostrando que esta característica afeta significativamente outras características de produção de grande importância para a cultura.

Houve diferença significativa somente na subparcela e apenas para a coleta C3. Provavelmente porque nesta ocasião a planta alcançou a sua produção ótima de folhas (ponto comercial), sendo que a partir daí iniciou-se perda de material vegetativo (senescência). Embora não significativa a curva (Figura 5) mostra uma tendência quadrática, com superioridade de médias para as épocas mais tardias de aplicação do GA₃ (GA₃55 e GA₃70) e também superiores à época tomada como testemunha GA₃0.

A época mais precoce de aplicação de ácido giberélico (GA₃40), como já citado, possibilitou um alongamento de caule, o qual é possível ter sido um dreno dos nutrientes que deveriam ir para as folhas. Já que não foi realizada a pesagem e avaliação nutricional isolada do caule, pode-se apenas inferir sobre uma suposta justificativa e relacioná-la com o comprimento do caule. Hess (1978), relata que as giberelinas tem pouco efeito no crescimento das raízes, o que parece estar ligado ao efeito do aumento no crescimento do caule, que utiliza os nutrientes e fotoassimilados que seriam necessários para o desenvolvimento da raiz.

Segundo Mota (1999), o aumento no número de folhas internas da alface americana é uma característica desejável, desde que estas se apresentem compactas, o que facilita o transporte e o beneficiamento. O mesmo autor observou resposta quadrática para a característica em resposta a doses de cloreto de potássio aplicadas.

Silva Júnior (1991) e Bueno (1998), concordam e afirmam que aplicações excessivas de nitrogênio na alface promovem a formação de plantas pouco compactas, com menor peso e que as plantas demoram mais a fechar a cabeça. Silva Júnior

(1991) verificou que cabeças de repolho pouco compactas têm péssimo valor comercial, murcham facilmente, conservam-se por pouco tempo e deterioram-se facilmente no transporte.

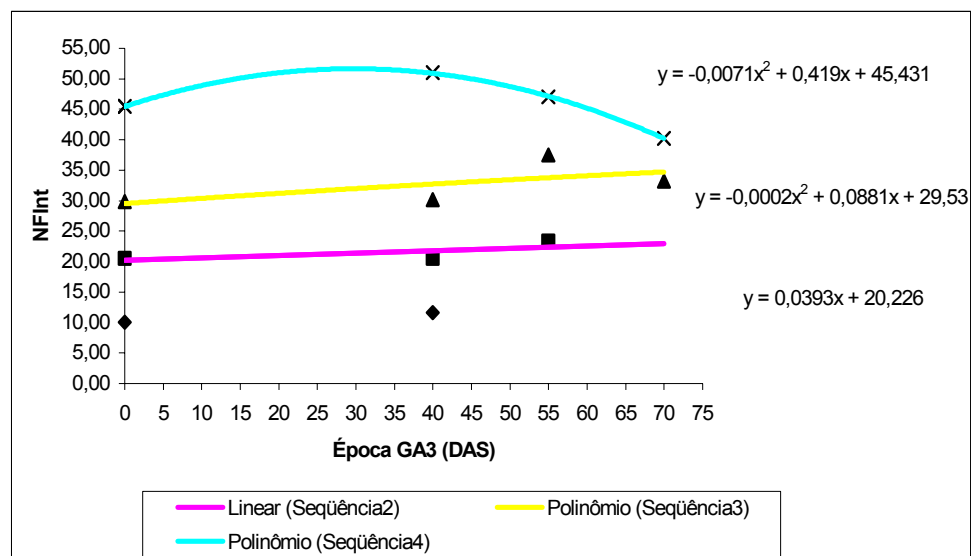


Figura 5. Efeito das épocas de aplicação de GA₃ no número de folhas internas da alface americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

6.1.3. Número de folhas total

O número de folhas total foi significativo para o efeito de subparcela apenas na coleta C3, o que já era esperado porque já que nesta coleta verificou-se um aumento significativo tanto do número de folhas externas quanto internas (Quadros 5 e 6). Embora a soma dos valores obtidos tenha reduzido a diferença entre as médias observa-se uma tendência quadrática para o número de folhas total (Figura 6), sendo que as médias nas épocas mais tardias foram maiores que a precoce, comprovando o efeito depreciativo da aplicação do GA₃ aos 40 DAS como já relatado anteriormente.

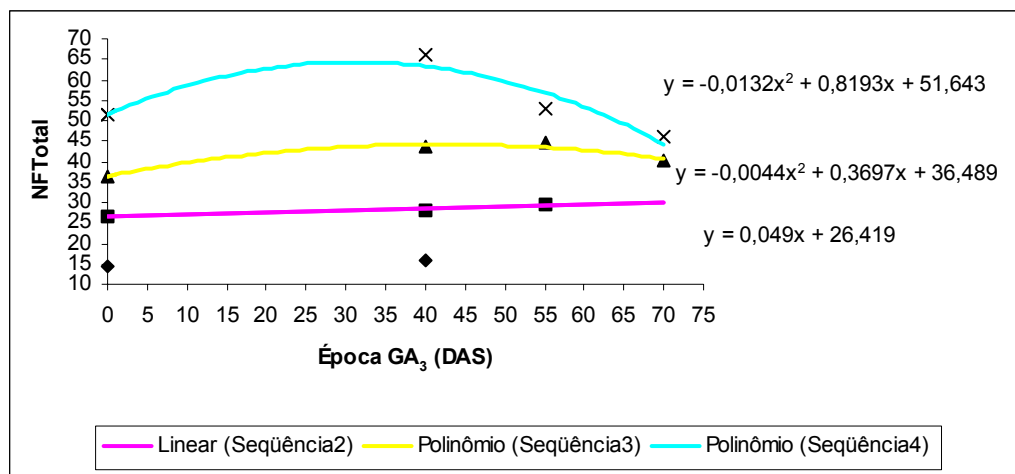


Figura 6. Efeito das épocas de aplicação de GA₃ no número total de folhas da alfaca americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

Quadro 7. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS - dias após semeadura) para NFExt (Número de Folhas Externas) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y + 0,5}$. (Cultivo de alface americana).

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	2,26	2,20			2,23 a
120	2,19	2,20			2,19 a
180	2,27	2,19			2,23 a
240	2,09	2,20			2,14 a
SUBPARCELA	2,20 A	2,20 A			
COLETA2					
60	2,48	2,67	2,48		2,55 a
120	2,54	2,79	2,67		2,67 a
180	2,54	2,89	2,60		2,68 a
240	2,54	2,97	2,41		2,64 a
SUBPARCELA	2,53 B	2,83 A	2,54 B		
COLETA3					
60	2,92	3,58	2,86	2,60	2,99 a
120	2,52	3,80	2,85	2,74	2,98 a
180	2,40	3,57	2,61	2,77	2,84 a
240	2,67	3,79	2,68	2,75	2,97 a
SUBPARCELA	2,63 B	3,69 A	2,75 B	2,72 B	
COLETA4					
60	2,32	4,00	2,96	2,40	2,92 a
120	2,68	3,46	2,48	2,68	2,82 a
180	2,32	4,05	2,40	2,35	2,78 a
240	2,73	4,14	2,20	2,48	2,89 a
SUBPARCELA	2,51 B	3,91 A	2,51 B	2,47 B	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro 8. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para NFInt (Número de Folhas Internas) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y + 0,5}$. (Cultivo de alface americana)

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	3,27	3,48			3,37 a
120	3,23	3,63			3,43 a
180	3,38	3,38			3,38 a
240	3,08	3,44			3,26 a
SUBPARCELA	3,24 A	3,48 A			
COLETA2					
60	4,41	4,41	4,81		4,54 a
120	4,55	4,71	4,98		4,75 a
180	4,59	4,59	4,78		4,65 a
240	4,77	4,56	4,93		4,75 a
SUBPARCELA	4,58 A	4,57 A	4,87 A		
COLETA3					
60	5,57	4,90	5,81	5,84	5,53 a
120	5,29	5,89	6,11	5,90	5,80 a
180	5,66	5,48	6,55	5,72	5,85 a
240	5,45	5,53	6,15	5,76	5,72 a
SUBPARCELA	5,49B	5,45 B	6,15 A	5,81 AB	
COLETA4					
60	6,54	6,12	7,06	6,45	6,54 a
120	6,67	7,60	7,17	6,36	6,95 a
180	7,22	5,66	6,79	6,60	6,57 a
240	6,64	7,97	6,50	5,96	6,77 a
SUBPARCELA	6,77 A	6,84 A	6,88 A	6,34 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro 9. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para NFTtotal (Número de Folhas Total) em cada uma das coletas avaliadas. Dados transformados para $\sqrt{y + 0,5}$. (Cultivo de alface americana).

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	3,92	4,06			3,99 a
120	3,85	4,18			4,02 a
180	4,02	3,97			3,99 a
240	3,67	4,02			3,84 a
SUBPARCELA	3,86 A	4,06 A			
COLETA2					
60	5,01	5,11	5,37		5,16 a
120	5,17	5,43	5,61		5,40 a
180	5,21	5,42	5,40		5,34 a
240	5,37	5,40	5,44		5,40 a
SUBPARCELA	5,19 A	5,34 A	5,45 A		
COLETA3					
60	6,32	6,07	6,44	6,36	6,30 a
120	5,84	6,99	6,71	6,47	6,50 a
180	6,11	6,52	7,01	6,33	6,49 a
240	6,03	6,72	6,67	6,35	6,44 a
SUBPARCELA	6,08 B	6,57 AB	6,71 A	6,38 AB	
COLETA4					
60	6,91	7,28	7,63	6,85	7,17 a
120	7,15	8,47	7,56	6,87	7,51 a
180	7,56	6,93	7,17	6,98	7,16 a
240	7,15	8,99	6,83	6,43	7,35 a
SUBPARCELA	7,19 A	7,92 A	7,30 A	6,78 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

6.2. Comprimento e largura médios de folha

Os resultados das análises de variância, teste F e significância a 5 e 1% de probabilidade para os parâmetros que envolvem comprimento e largura médios de folhas para cada coleta avaliada se encontram resumidos nos Quadros 10 e 11.

Não houve efeito significativo entre doses de nitrogênio para os parâmetros avaliados na coleta C1, o que talvez possa ser explicado pelo tempo ocorrido para a expansão celular não ter sido suficiente para diferenciar os tratamentos neste intervalo (10 dias entre a aplicação e a amostragem).

A partir da segunda coleta houve efeito significativo das doses de fertilizante aplicadas, tanto no comprimento quanto na largura de folhas externas e internas, mostrando que a expansão celular acelerada pelo ácido giberélico foi influenciada pelo nitrogênio aplicado e acumulado na planta. Embora o número de folhas, como já discutido, não tenha sido influenciado pelo fertilizante, observa-se que as folhas se expandiram tanto no comprimento quanto na largura, e por conseguinte, alcançaram provavelmente uma área foliar diferenciada. No entanto, isso só pode ser considerado como hipótese, visto que, não se trabalhou com nenhum integralizador de área foliar.

Quadro 10. Resumo das análises de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis: Comprimento médio de folhas externas (CMFExt); Largura média de folhas externas (LMFExt); Comprimento médio de folhas internas (CMFInt); Largura média de folhas internas (LMFInt).

Fontes de Variação	Coleta 1					Coleta 2				
	GL	CMFExt (cm)	LMFExt (cm)	CMFInt (cm)	LMF Int (cm)	GL	CMFExt (cm)	LMFExt (cm)	CMFInt (cm)	LMFInt (cm)
		Estatística F					Estatística F			
Nitrogênio	3	3,07	0,82	0,63	0,12	3	22,99**	9,85**	12,09*	5,69*
Época GA₃	1	0,01	0,39	24,91 **	2,92	2	9,05**	1,50	9,68**	29,79**
NxGA₃	3	1,43	0,82	0,26	0,37	6	1,30	0,46	1,13	4,80
CV (%)		13,01	18,30	10,51	21,33		12,54	12,8	7,17	5,60
Média Geral		10,64	6,81	15,70	12,97		16,51	15,29	21,32	19,95

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 11. Resumo das análises de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis: Comprimento médio de folhas externas (CMFExt); Largura média de folhas externas (LMFExt); Comprimento médio de folhas internas (CMFInt); Largura média de folhas internas (LMFInt).

Fontes de Variação	Coleta 3					Coleta 4				
	GL	CMFExt (cm)	LMFExt (cm)	CMFInt (cm)	LMFInt (cm)	GL	CMFExt (cm)	LMFExt (cm)	CMFInt (cm)	LMFInt (cm)
		Estatística F					Estatística F			
Nitrogênio	3	7,69**	5,80**	7,44*	5,00**	3	2,50	6,88*	3,12	6,30*
Época GA₃	3	2,77*	8,26**	0,53	9,85**	3	2,36	32,85**	11,27**	12,96**
NxGA₃	9	1,18	0,38	0,34	0,64	9	0,88	0,48	0,76	1,58
CV (%)		8,25	15,95	11,88	12,57		9,92	14,99	8,52	13,18
Média Geral		21,28	22,23	22,08	22,88		20,48	21,30	22,35	24,76

*significativo pelo teste F a5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a1% de probabilidade.

6.2.1. Comprimento e largura médios de folha externa

As características de comprimento e largura médios de folhas externas mostraram-se influenciadas pelas doses de nitrogênio usadas, com respostas quadráticas, tendo sido os melhores resultados obtidos com a dosagem de 180 kg de N.ha⁻¹ para ambas características (Figuras 7 e 8).

Em todas as coletas a dose correspondente a 60 kg de N.ha⁻¹ apresentou as menores médias (Quadros 12 a 15), mostrando que para a expansão celular ocorrer o nitrogênio estrutural deverá estar presente e disponível para todos os processos metabólicos. Segundo Malavolta et al. (1997), o nitrogênio é um macronutriente de função estrutural (aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários); constituinte de todas as enzimas e que atua nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares e herança.

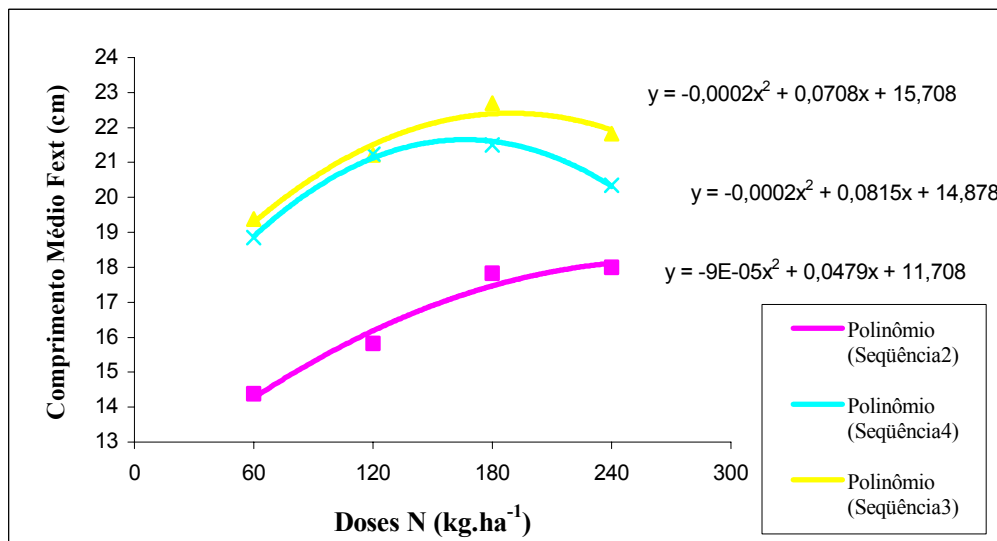


Figura7. Comprimento médio de folhas externas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas, para as diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4- Seqüência 4).

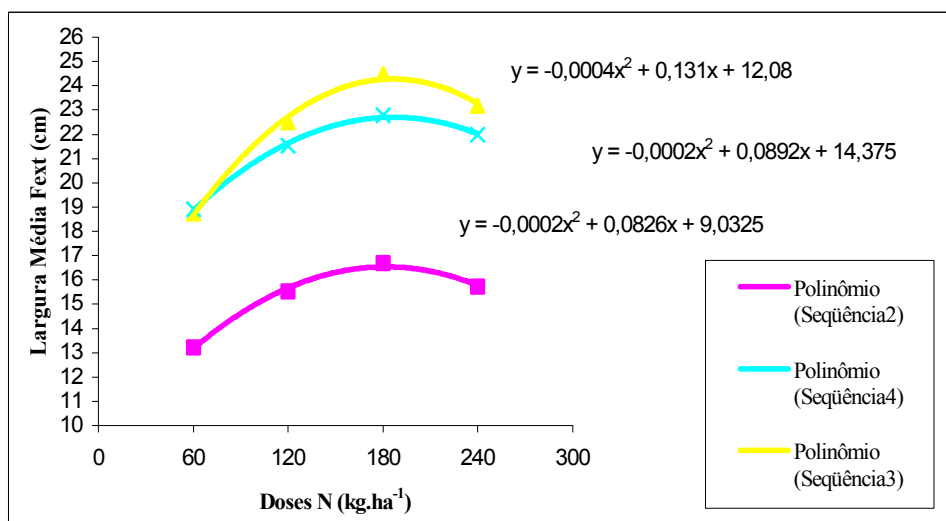


Figura 8. Largura média de folhas externas de alface americana em função das doses de nitrogênio aplicadas, para as diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4- Seqüência 4).

Foi observado efeito significativo para o efeito de épocas de aplicação de GA₃ via foliar sobre as características de comprimento e largura médios de folhas externas nas coletas conforme as análises de variância (Quadros 10 e 11).

As Figuras 9 e 10 mostram as respostas quadráticas das características em função da época de aplicação de GA₃. Observou-se uma tendência de maior crescimento em comprimento para época mais precoce de aplicação de giberelina (40 DAS) independente da dose de nitrogênio usada, enquanto que para a largura as épocas mais tardias de aplicação obtiveram melhores resultados. As médias obtidas podem ser observadas pelos Quadros 12 e 13. Esse “fenômeno” gerou nas plantas, no campo um efeito visual depreciativo, no que diz respeito à aplicação aos 40 DAS, visto que o maior comprimento em relação à largura parece ter tido influência na curvatura das folhas que acabam por ficar mais soltas em relação à cabeça de alface propriamente dita. Talvez por isso o maior número em média de folhas externas na época de aplicação mais precoce tenha ocorrido (Quadro 7).

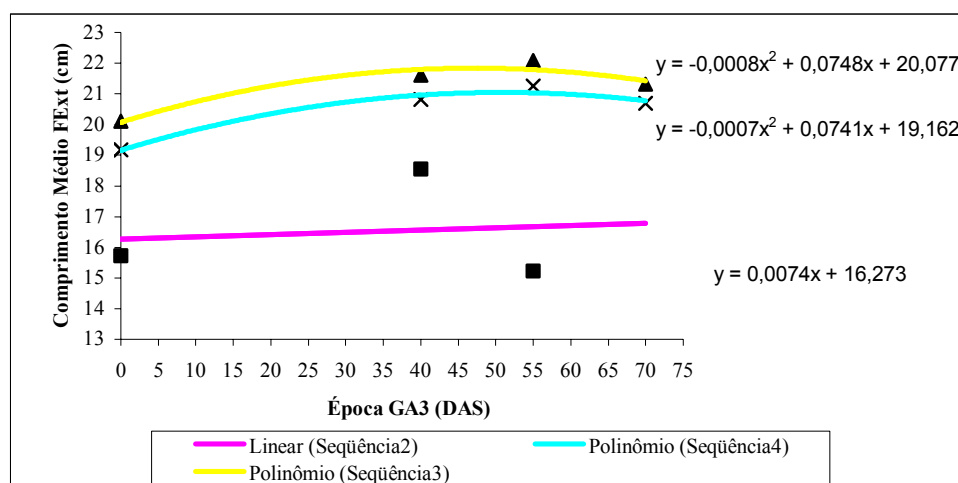


Figura 9. Comprimento médio de folhas externas de alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4- Seqüência 4).

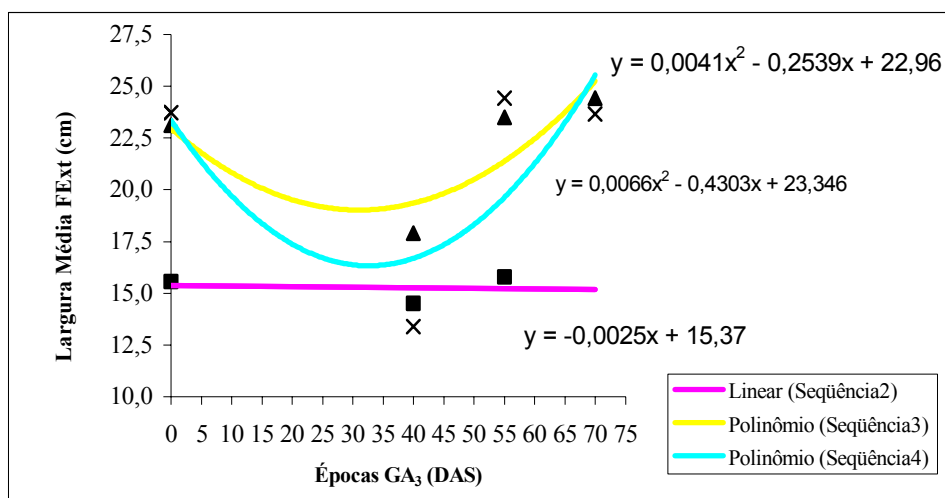


Figura 10. Largura média de folhas externas de alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

6.2.2. Comprimento e largura médios de folha interna

As características comprimento e largura médios de folhas interna seguiram as mesmas tendências obtidas para as características em folhas externas.

As Figuras 11 e 12 mostram as curvas de resposta do comprimento e largura médios de folhas internas, respectivamente, em função das doses de nitrogênio aplicadas. Houve efeito significativo para as doses de nitrogênio, com resposta quadrática e melhores resultados para a dose equivalente a 180 kg de N.ha⁻¹ principalmente para a C3 (coleta 3) equivalente ao ponto de colheita comercial. Como já discutido a dose equivalente a 60 kg de N.ha⁻¹ foi a que apresentou os piores resultados. Os valores obtidos em média para cada característica em cada coleta podem ser observados pelos Quadros 14 e 15.

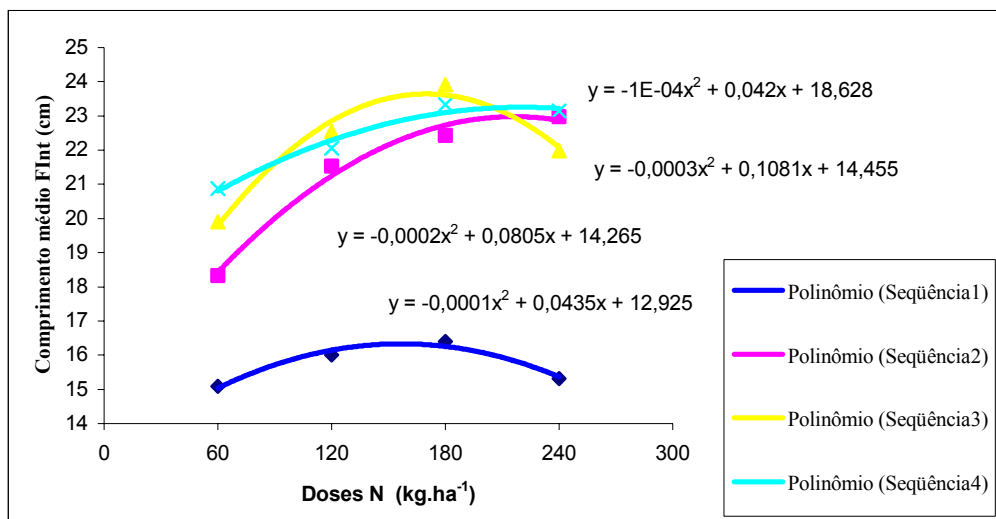


Figura 11. Comprimento médio de folhas internas de alface americana, em função das doses de nitrogênio aplicadas, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

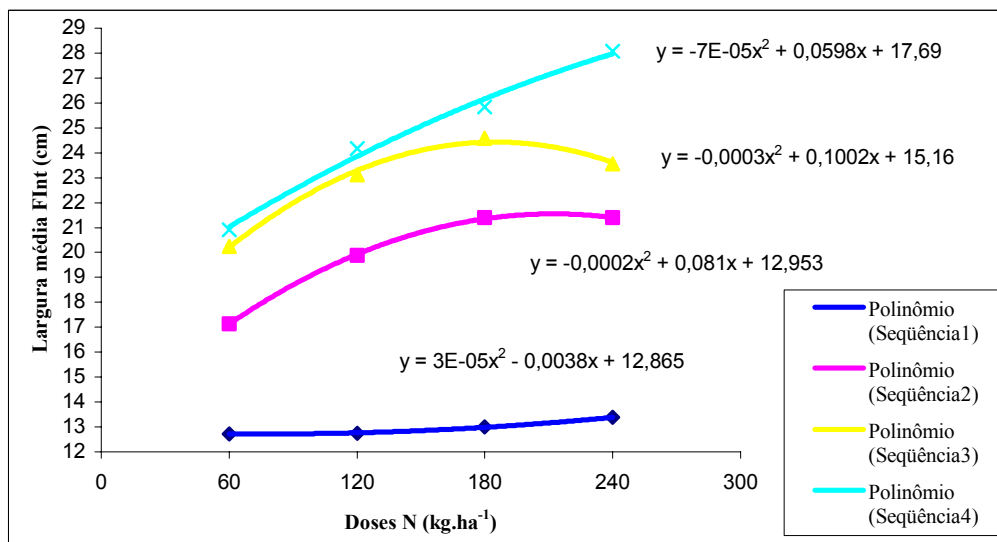


Figura 12. Largura média de folhas internas de alface americana, em função das doses de nitrogênio aplicadas, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

Entre as épocas de aplicação de GA₃, houve efeito significativo para o comprimento e largura médios de folha interna, mostrando que houve dependência dos parâmetros para o efeito de subparcela independente da dose de nitrogênio aplicada na parcela (Quadros 10 e 11).

As Figuras 13 e 14 mostram as curvas de resposta para cada coleta avaliada nas características comprimento e largura médios de folhas internas, respectivamente, em função da época de aplicação de GA₃.

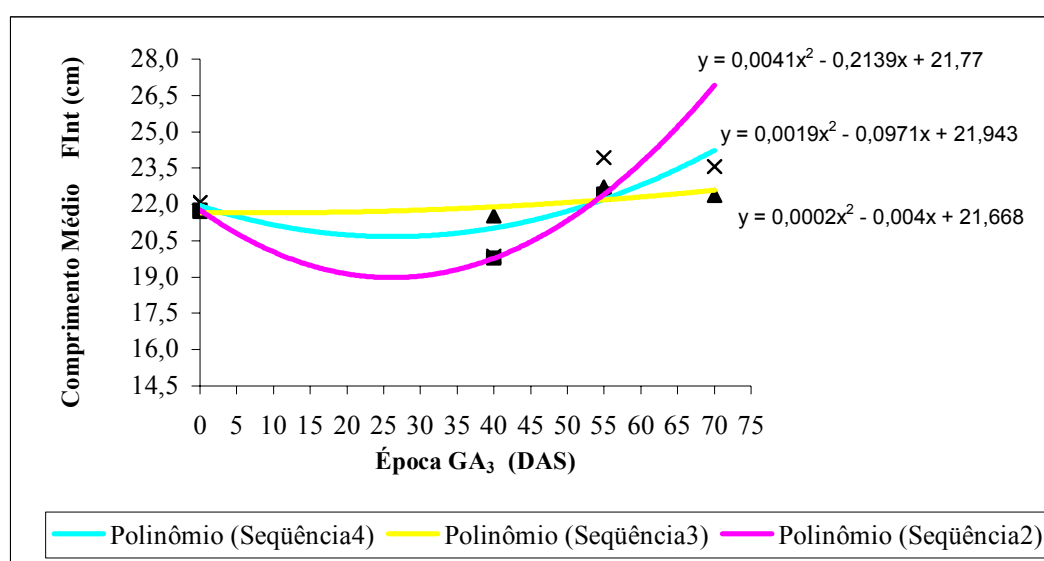


Figura 13. Comprimento médio de folhas internas de alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

As características obtiveram curvas de resposta quadráticas às épocas de aplicação de GA₃, como observado para as folhas externas, porém com concavidade invertida. Pode-se observar que o fenômeno observado para o efeito das épocas de aplicação de GA₃ nas folhas externas se inverteu para as folhas internas. O comprimento médio das folhas internas mostrou-se menor na época de aplicação do GA₃ aos 40 DAS nas coletas 2, 3 e 4, e o mesmo pode ser observado para a largura média de folhas internas (Quadros 14 e 15).

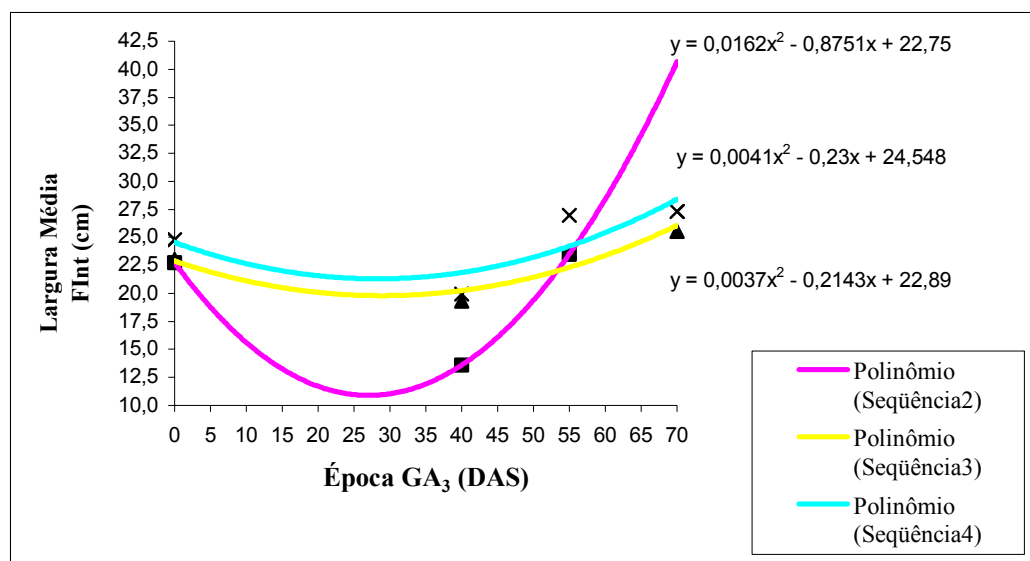


Figura 14. Largura média de folhas internas de alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

Os melhores resultados (maior largura em relação ao comprimento) foram obtidos pelas épocas mais tardias de aplicação (aos 55 e 70 DAS), sendo superiores em relação à não aplicação (GA₃0). Tal fato pode, ter sido influenciado pela translocação de nutrientes para o desenvolvimento do caule que mostrou-se muito expandido na época de aplicação aos 40 DAS, no entanto, isto pode ser apenas sugerido já que não foi realizada a análise separada das partes constituintes da planta. As médias podem ser vistas nos Quadros 14 e 15.

Quadro12. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para Comprimento médio de folha externa (cm), em cada uma das coletas avaliadas, da alfaca americana.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	11,52	9,88			10,70a
120	10,75	10,55			10,65a
180	11,45	11,85			11,65a
240	8,75	10,37			9,56a
SUBPARCELA	10,62A	10,66A			
COLETA2					
60	15,08	14,50	13,55		14,38b
120	14,50	17,83	15,17		15,83b
180	16,67	20,25	16,53		17,82a
240	16,67	21,67	15,67		18,00a
SUBPARCELA	15,73B	18,56A	15,23B		
COLETA3					
60	18,25	20,00	20,17	19,08	19,38b
120	18,58	20,83	22,25	23,17	21,21b
180	22,08	23,75	23,75	21,17	22,69a
240	21,50	21,83	22,17	21,83	21,83ab
SUBPARCELA	20,10B	21,60AB	22,08A	21,31AB	
COLETA4					
60	17,30	18,42	20,00	19,67	18,85a
120	18,50	22,33	22,00	22,08	21,23a
180	20,67	21,83	23,23	20,25	21,50a
240	20,25	20,67	19,75	20,75	20,35a
SUBPARCELA	19,18A	20,81A	21,25A	20,69A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro13. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para Largura Média de Folha Externa (cm) em cada uma das coletas avaliadas de alface americana.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	7,43	5,83			6,63a
120	6,73	7,00			6,87a
180	7,65	7,28			7,47a
240	6,07	6,50			6,28a
SUBPARCELA	6,97A	6,65A			
COLETA2					
60	13,83	11,75	14,08		13,22b
120	15,07	15,33	16,17		15,52a
180	17,00	15,42	17,67		16,69a
240	16,42	15,50	15,25		15,72a
SUBPARCELA	15,58A	14,50A	15,79A		
COLETA3					
60	19,67	14,50	20,33	20,50	18,75b
120	21,75	18,08	24,17	26,00	22,50ab
180	26,08	19,50	27,00	25,42	24,50a
240	25,00	19,50	22,50	25,75	23,19ab
SUBPARCELA	23,13A	17,90B	23,50A	24,42A	
COLETA4					
60	20,00	10,42	22,42	22,75	18,90b
120	22,42	14,00	25,25	24,50	21,54ab
180	26,75	14,75	25,58	24,08	22,79a
240	25,75	14,42	24,44	23,33	21,99ab
SUBPARCELA	23,73A	13,40B	24,42A	23,67A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro14. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para Comprimento Médio de Folha Interna (cm) em cada uma das coletas avaliadas da alface americana.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	13,88	16,27			15,08a
120	14,00	18,02			16,01a
180	14,63	18,15			16,39a
240	13,55	17,08			15,32a
SUBPARCELA	14,02B	17,38A			
COLETA2					
60	19,58	16,00	19,42		18,33b
120	20,83	20,38	23,42		21,54a
180	23,17	21,67	22,50		22,44a
240	23,50	21,08	24,33		22,97a
SUBPARCELA	21,77A	19,78B	22,42A		
COLETA3					
60	18,83	20,00	19,83	20,92	19,90b
120	22,00	20,83	23,50	23,83	22,54ab
180	23,67	24,00	24,75	23,25	23,92a
240	22,33	21,33	22,75	21,50	21,98ab
SUBPARCELA	21,71A	21,54A	22,71A	22,38A	
COLETA4					
60	20,58	18,25	21,83	22,83	20,88a
120	20,83	20,00	23,58	23,83	22,06a
180	24,58	21,00	24,42	23,33	23,33a
240	22,30	20,17	25,83	24,25	23,14a
SUBPARCELA	22,08A	19,85B	23,92A	23,56A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro15. Médias nos efeitos principais Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para Largura Média de Folha Interna (cm) em cada uma das coletas avaliadas da alfaca americana.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	13,30	12,17			12,73a
120	14,17	11,33			12,75a
180	14,67	11,33			13,00a
240	13,58	13,17			13,38a
SUBPARCELA	13,93A	12,00A			
COLETA2					
60	21,58	9,75	20,08		17,14b
120	22,50	13,58	23,58		19,89ab
180	23,08	16,92	24,17		21,39a
240	23,83	14,17	26,18		21,39a
SUBPARCELA	22,75A	13,60B	23,50A		
COLETA3					
60	20,50	18,67	20,33	21,50	20,25a
120	22,17	19,08	23,50	27,75	23,13a
180	24,67	20,92	25,83	26,92	24,58a
240	24,67	18,58	25,08	25,92	23,56a
SUBPARCELA	23,00A	19,31B	23,69A	25,52A	
COLETA4					
60	22,17	16,75	19,83	24,92	20,92b
120	23,08	17,92	27,08	28,58	24,17ab
180	27,25	21,33	26,92	27,92	25,85ab
240	26,58	23,83	34,08	27,08	28,08a
SUBPARCELA	24,77A	19,96B	26,98A	27,31A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

6.3 Comprimento e diâmetro de caule

As análises de variância dos valores relativos ao comprimento e diâmetro do caule para cada uma das coletas avaliadas é apresentada no Quadro 16 e as médias nos Quadros 17 e 18.

Quadro 16. Resumo das análises de variância das coletas para as variáveis: Comprimento do Caule (CCaule) e Diâmetro do Caule (DCaule).

Fontes de Variação	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4					
	CCaule (cm)	DCaule (cm)	CCaule (cm)	DCaule (cm)	CCaule (cm)	DCaule (cm)	CCaule (cm)	DCaule (cm)				
	GL	Estatística F	GL	Estatística F	GL	Estatística F	GL	Estatística F				
Nitrogênio	3	0,73	2,05	3	0,04	18,52**	3	0,59	5,08**	3	0,38	4,39
Época GA ₃	1	49,28**	1,19	2	47,57**	18,30**	3	49,05**	31,93**	3	24,04**	89,20**
NxGA ₃	3	0,65	0,43	6	0,08	1,34	9	0,58	0,95	9	1,03	0,90
CV (%)		39,83	16,88		37,4	10,58		21,57	10,04		20,28	8,61
Média Geral		4,04	1,22		7,91	1,94		11,61	2,64		17,21	2,62

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.3.1 Comprimento de caule

Verificou-se que não houve diferença significativa entre doses de nitrogênio em nenhuma das coletas realizadas para o comprimento do caule. Este resultado discorda de Bueno (1998) que obteve respostas lineares para o comprimento do caule em função das doses de nitrogênio aplicadas. Tal comparação, no entanto, deve ser feita ressaltando-se os delineamentos estatísticos distintos (no presente trabalho o efeito de parcela subdividida pode ter sido responsável pela não diferenciação entre as doses).

Entretanto, houve diferença significativa entre as subparcelas em todas as coletas realizadas, mostrando que o comprimento do caule foi influenciado pelas épocas de aplicação de GA₃ via foliar, portanto o ácido giberélico atuou na expansão celular concordando com Dietrich (1986). Zukova (1962), estudando o efeito de reguladores vegetais

na produção de alface no verão, notou que a aplicação de giberelina a 100 ppm, estimulou o alongamento do caule, aumentou o tamanho das folhas, e reduziu o peso e o comprimento do sistema radicular. Singh & Saimbhi (1967), verificaram que a aplicação de ácido giberélico (GA₃) a 50 e 100 ppm, em plantas de alface, 2 e 4 semanas após o transplântio, estimularam o aumento do número e comprimento das folhas, o alongamento do caule e o peso da matéria fresca e seca total das plantas. A Figura 15 mostra que houve um efeito quadrático de resposta do comprimento do caule em função da época de aplicação de GA₃, sendo que a época mais precoce promoveu os maiores resultados em todas as coletas (Quadro 17). De fato, tal comportamento foi observado no campo, sendo que o fenômeno chegou a promover acamamento de plantas para a referida época de aplicação. Resultado semelhante foi obtido por Aguiar (1982), o qual observou com a utilização de GA₃ a 10 ppm, em alface cv. Baba, através de pulverização foliar, aos sete e quatorze dias após o transplântio, provocou desenvolvimento intenso e irregular dos entrenós da planta, causando elevada percentagem de acamamento.

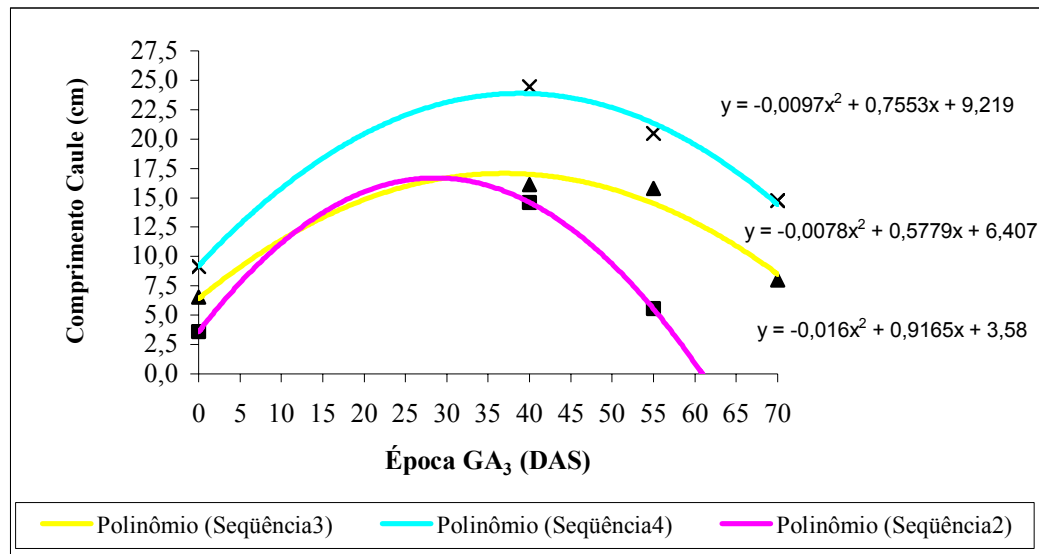


Figura 15. Comprimento de caule (cm) da alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

O comprimento e o diâmetro do caule, são duas características de relativa importância para a cultura da alface americana, segundo Bueno (1998), pois na indústria fatia-se toda a cabeça, sendo indesejável um caule que apresente grandes proporções. O mesmo autor observou que há uma correlação entre o comprimento do caule, e o diâmetro, com o número de folhas internas e externas de tal forma que a medida que aumenta o número de folhas, aumenta-se o comprimento do caule em proporções maiores do que o diâmetro. Bueno (1998), com a cultivar Lorca, obteve comprimento de caule de 6,8 cm.

Por outro lado, segundo Yuri (2000), o comprimento do caule tem importância pois está relacionado com a formação da cabeça e o rendimento da cultivar no momento do processamento, quando são retiradas manualmente com o auxílio de uma faca própria. Caule muito comprido implica no descarte de uma quantidade maior de material, o que contradiz Bueno (1998). Yuri (2000), alcançou comprimento de caule da parte comercial para a cultivar Lucy Brown de 4,15 e 4,75 cm em média em duas épocas de plantio, respectivamente verão e inverno.

6.3.2 Diâmetro do caule

Tanto o nitrogênio quanto a época de aplicação de GA_3 influenciaram o diâmetro do caule nas coletas, sem ter ocorrido interação entre os fatores. Ocorreram diferenças significativas entre as doses e entre as épocas de aplicação de GA_3 (Quadro 16). A Figura 16 mostra que para cada coleta houve um efeito quadrático no diâmetro do caule em relação às doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação. Observou-se que a dose equivalente a 180 kg de $N.ha^{-1}$ foi a que apresentou resultados mais positivos para esta característica (Quadro 18).

Kalil (1992) comenta que as folhas de alface inserem-se diretamente sobre o caule da planta, criando uma dependência mútua entre eles, ou seja: para se ter um determinado número de folhas, é necessário que se tenha um diâmetro de caule com proporções compatíveis para suportar essas folhas. Observa-se que há uma relação entre a alta produtividade comercial de alface americana com um caule grosso e curto. Mota (1999) afirma que o diâmetro de caule é uma característica, na produção de alface americana, de

grande importância para as indústrias de “fast food”, em que este é retirado manualmente, para posterior fatiamento da cabeça da alface. Quanto mais grosso for o caule mais rápido é retirado, aumentando o rendimento industrial. O autor obteve diâmetro de caule de 2,90 cm com a melhor dose de cloreto de potássio ($113,77 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), aplicado via fertirrigação.

Tal afirmação discorda de Bueno (1998) que afirma não ser interessante para a cultura da alface americana um caule grosso, o que dificultaria o beneficiamento da mesma, afetando a qualidade final do produto.

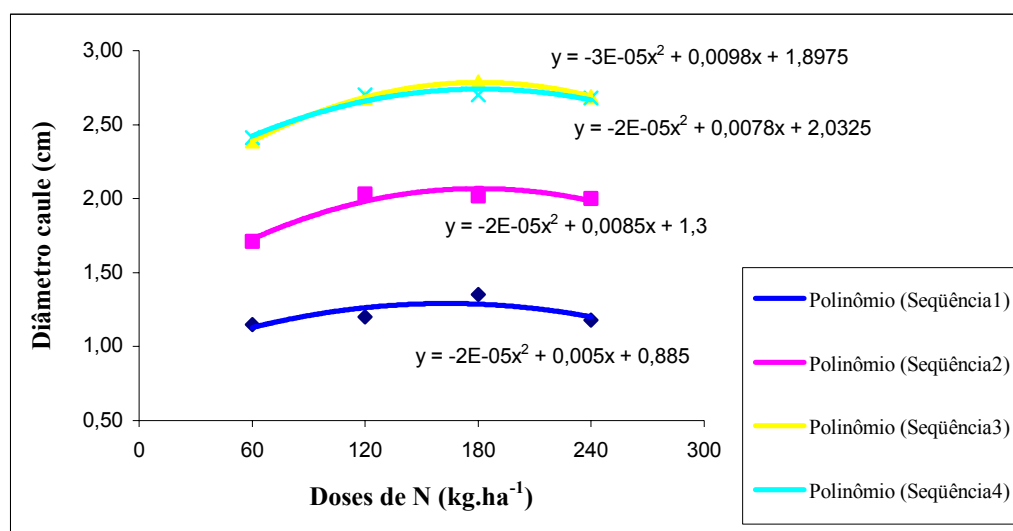


Figura 16. Diâmetro de caule (cm) da alface americana, em função das doses de nitrogênio aplicadas, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

A Figura 17 mostra, para cada coleta, que houve um efeito quadrático no diâmetro do caule em relação às épocas de aplicação de GA_3 via foliar, sendo os piores resultados obtidos com a época de aplicação aos 40 DAS. Assim, obteve-se um caule alongado e com diâmetro reduzido, o que como já foi dito levou ao acamamento das plantas. Nas aplicações mais tardias observou-se superioridade em todas as coletas do diâmetro do caule em relação a não aplicação (GA_30).

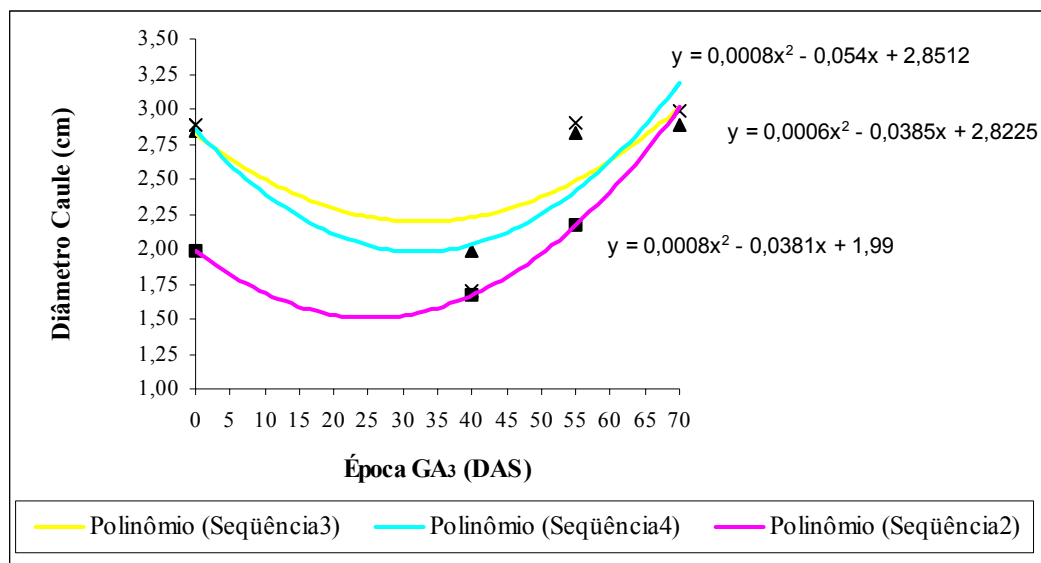


Figura 17. Diâmetro de Caule (cm) da alfaca americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4).

Quadro17. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para comprimento de caule (cm) da alface americana, em cada uma das coletas avaliadas.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	1,57	6,27			3,92a
120	1,70	7,40			4,55a
180	2,03	6,90			4,47a
240	1,63	4,80			3,22a
SUBPARCELA	1,73B	6,34A			
COLETA2					
60	3,10	14,67	5,07		7,61a
120	3,37	15,00	5,73		8,03a
180	3,87	14,70	5,20		7,92a
240	3,97	14,07	6,13		8,06a
SUBPARCELA	3,58B	14,61A	5,53B		
COLETA3					
60	5,77	15,23	14,67	7,47	10,78a
120	6,10	18,20	14,53	8,83	11,92a
180	7,60	15,50	16,87	7,80	11,94a
240	6,57	15,53	17,13	7,93	11,79a
SUBPARCELA	6,51B	16,12A	15,8A	8,01B	
COLETA4					
60	7,10	25,10	20,93	16,63	17,44a
120	8,57	31,37	18,90	14,90	15,93a
180	12,07	23,37	21,63	14,07	17,78a
240	8,87	28,00	20,47	13,47	17,70a
SUBPARCELA	9,15D	24,46A	20,48B	14,77C	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro18. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para diâmetro de caule (cm), da alface americana, em cada uma das coletas avaliadas.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	1,17	1,13			1,15a
120	1,10	1,30			1,20a
180	1,33	1,37			1,35a
240	1,10	1,27			1,18a
SUBPARCELA	1,18A	1,27A			
COLETA2					
60	1,80	1,27	2,07		1,71b
120	1,97	1,83	2,30		2,03a
180	2,03	1,80	2,23		2,02a
240	2,17	1,77	2,07		2,00a
SUBPARCELA	1,99A	1,67B	2,17A		
COLETA3					
60	2,77	1,77	2,47	2,57	2,39b
120	2,67	1,97	2,93	3,17	2,68a
180	2,97	2,20	3,07	2,93	2,79a
240	3,00	2,03	2,87	2,87	2,69a
SUBPARCELA	2,85A	1,99B	2,83A	2,88A	
COLETA4					
60	2,70	1,43	2,70	2,80	2,41a
120	2,77	1,73	3,07	3,23	2,70a
180	3,10	1,80	2,97	2,93	2,70a
240	3,00	1,83	2,87	3,00	2,68a
SUBPARCELA	2,89A	1,70B	2,90A	2,99A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

6.4 Matérias fresca e seca aérea totais

Os resultados das análises de variância, e o teste F para as características matéria fresca e matéria seca aérea totais, são mostrados nos Quadros 19 e 20.

Não foram observadas diferenças significativas entre doses de nitrogênio aplicadas para as características de matérias fresca e seca aérea totais na coleta 1 (C1), o que provavelmente deveu-se há um efeito residual de matéria orgânica aplicada no pré plantio. Também para as épocas de aplicação de GA₃, não ocorreram diferenças significativas para a C1, supostamente devido ao pequeno intervalo observado entre a aplicação do regulador de crescimento e a coleta, como já discutido.

Quadro 19. Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis, na alfaca americana: Matéria fresca aérea total (MFAérea) e Matéria seca aérea total (MSAérea).

Fontes de Variação	Coleta 1			Coleta 2		
		MFAérea (g)	MSAérea (g)		MFAérea (g)	MSAérea (g)
	GL	Estatística F		GL	Estatística F	
Nitrogênio	3	0,73	0,48	3	34,65**	15,22**
Época GA ₃	1	0,16	3,12	2	6,58**	1,82
NxGA ₃	3	0,65	0,59	6	0,24	0,34
CV (%)		28,42	29,15		29,77	14,01
Média Geral		62,44	2,879		296,53	26,09

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 20. Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis, na alfaca americana: Matéria fresca aérea total (MFAérea) e Matéria seca aérea total (MSAérea).

Fontes de Variação	Coleta 3			Coleta 4		
		MFAérea (g)	MSAérea (g)		MFAérea (g)	MSAérea (g)
	GL	Estatística F		GL	Estatística F	
Nitrogênio	3	16,33**	0,78	3	3,58	7,68*
Época GA ₃	3	2,27	5,29**	3	0,84	2,48
NxGA ₃	9	1,38	0,78	9	1,23	1,35
CV (%)		20,23	14,89		22,22	17,96
Média Geral		655,37	31,97		789,51	34,58

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.4.1 Matéria fresca aérea total

A partir da coleta 2 ocorreram diferenças significativas para as características entre as doses de nitrogênio aplicadas. A não significância na C4 pode ser explicada pela perda de material vegetativo pela senescência pós ponto comercial.

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 passa a ser bastante acentuado até a colheita. Zink e Yamaguchi (1962) e também Haag et al. (1971), citados por Alvarenga (1999) observaram que as curvas de absorção de nutrientes pela alface são semelhantes à curva de acúmulo de matéria fresca. Resultados estes que se confirmaram nesse experimento.

Na Figura 18 pode-se observar a resposta obtida em cada coleta para a matéria fresca aérea total em função das doses de nitrogênio aplicadas. Houve uma resposta

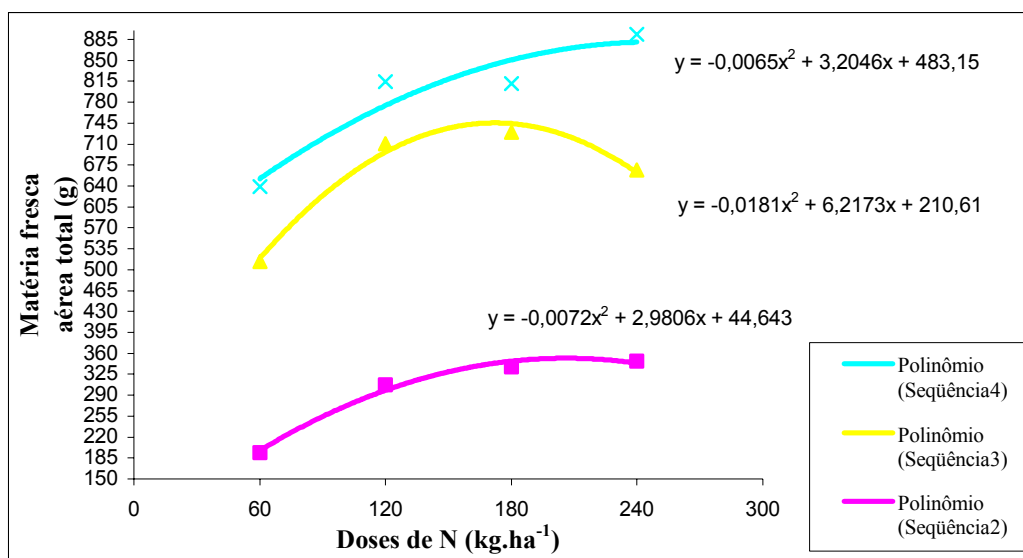


Figura 18. Efeito das doses de nitrogênio aplicadas (kg de N.ha⁻¹) na matéria fresca aérea total da alface americana (g) nas coletas C2 (Seqüência2), C3 (Seqüência3) e C4 (Seqüência4). Média de três repetições.

resposta quadrática para a matéria fresca aérea total, sendo que a medida que as doses foram tornando-se elevadas, houve queda no peso obtido.

Thompson e Best (1991), citados por Yuri (2000), realizaram nas condições de verão do Canadá, um estudo sobre competição de cultivares, em que verificaram que a cultivar Frosty, do grupo da alface americana obteve o melhor desempenho, com peso total médio por planta de 826 gramas, resultado semelhante ao obtido pelo autor em seu experimento supra citado. Ainda, na mesma citação, Thompson e Best (1992), entre maio e julho, avaliando sete cultivares de alface do Grupo da Alface americana, apresentaram a cultivar Gemini, com 770 gramas em média por planta, como a melhor. Neste experimento, foram encontrados resultados próximos, em média, aos obtidos pelos autores citados e semelhantes aos obtidos por Bueno (1998), que apresentou, para a cultivar Lorca, um peso total médio por planta de 801 gramas, e inferiores aos obtidos por Mota (1999), que verificou, para a mesma cultivar (Lorca), peso médio próximo a 1000 gramas para a dose máxima de cloreto de potássio estimada pela curva de regressão.

Alvarenga (1999) trabalhando com doses de nitrogênio e aplicação foliar de cálcio na cultivar Ryder, observou que os melhores resultados foram obtidos com a maior dose de nitrogênio sem a aplicação foliar de cálcio ou seja $1.011 \text{ g.planta}^{-1}$, decaindo linearmente para $809,10 \text{ g.planta}^{-1}$, de acordo com a equação de regressão, com a aplicação de cálcio via foliar a 1,5% da solução, e ainda que as doses de nitrogênio “per si” não resultaram em variações significativas.

Yuri (2000) trabalhando com avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio, no Sul de Minas Gerais, obteve para a cv. ‘Lucy Brown’ um peso médio total por planta de 972,50 gramas. Segundo o autor, o desempenho das cultivares foi semelhante ao descrito por Davis et al. (1997), próximo a 1.000 gramas, nas condições do deserto americano.

Os resultados inferiores podem se dever ao fato da ocorrência de outros fatores de variação que não a época de plantio, como condições de cultivo, disponibilidade de água, a aplicação do ácido giberélico, fatores edafoclimatológicos, entre outros.

Houve efeito quadrático significativo das épocas de aplicação de GA_3 sobre a matéria fresca aérea total (Figura 19) somente na coleta 2 (C2). Contudo, pode-se

observar que a aplicação do GA₃ aos 40 DAS foi depreciativa para essa característica em todas as amostragens realizadas, enquanto que a aplicação aos 70 DAS mostrou-se superior. A não significância nas demais coletas pode ser explicada pelo desenvolvimento intenso do caule, o qual, não foi separado na determinação das características, em cada coleta realizada. As médias estão apresentadas nos Quadros 21 e 22.

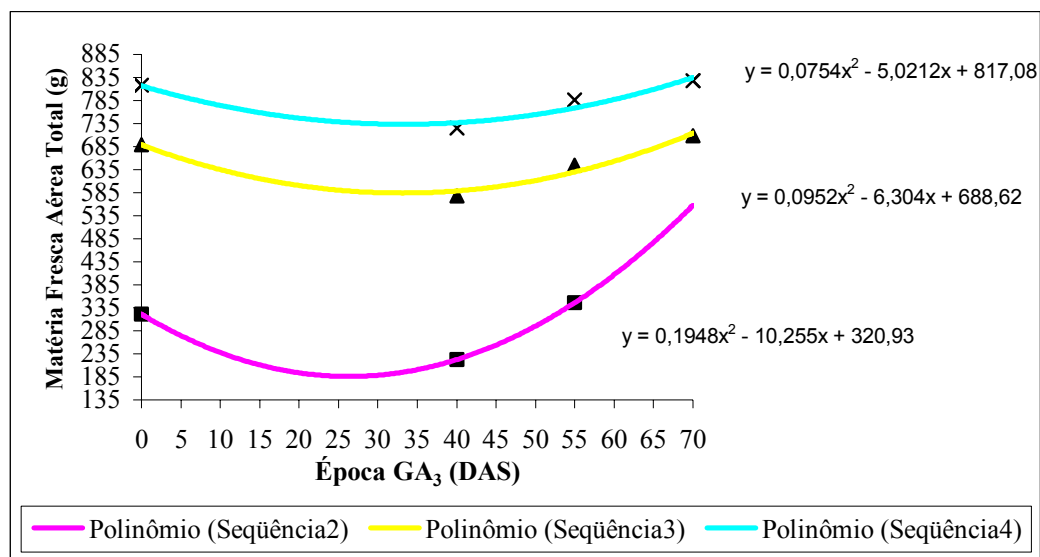


Figura 19. Efeito das épocas de aplicação de GA₃ na Matéria Fresca Aérea Total (gramas), da alface americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

6.4.2 Matéria seca aérea total

Os resultados das análises de variância para matéria seca aérea total podem ser observados nos Quadros 19 e 20, apresentados no subcapítulo anterior.

Houve efeito significativo para a matéria seca total entre as doses de nitrogênio nas coletas 2 e 4 (Figura 20), seguindo a mesma tendência obtida para a característica matéria fresca aérea total, significando que o acúmulo de matéria seca seguiu o mesmo comportamento, isto é, crescimento lento nas primeiras semanas do transplantio e maiores ganhos em matéria seca últimas semanas que antecedem à colheita (Quadro 21),

concordando, também, com Zink e Yamaguchi (1962); Garcia et al. (1982); Zambom (1982); Rodrigues (1990) e Alvarenga (1999).

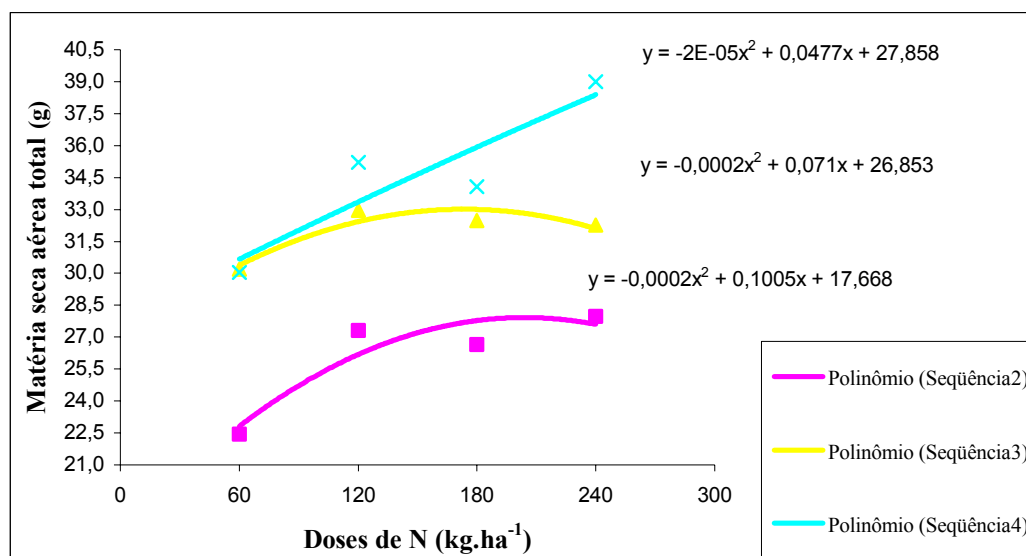


Figura 20. Efeito das doses de nitrogênio aplicadas (kg de N.ha⁻¹), na matéria seca aérea total da alface americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

Furlani (1997) determinou o acúmulo de matéria seca e de nutrientes em plantas de alface americana cv. Lorca: matéria seca [27900 g.(1000 plantas⁻¹)], N [1126g.(1000 plantas⁻¹)], P [163 g.(1000 plantas⁻¹)], K [1623g.(1000 plantas⁻¹)], Ca [276g.(1000 plantas⁻¹)], Mg [69g.(1000 plantas⁻¹)], B [825 mg.(1000 plantas⁻¹)], Cu [133 mg.(1000 plantas⁻¹)], Fe [5447mg.(1000 plantas⁻¹)], Mn [2580 mg.(1000plantas⁻¹)] e Zn [1246 mg.(1000 plantas⁻¹)]. Resultados esses superados pelo presente trabalho com a cv. ‘Lucy Brown’ (Quadros 21 e 22). Contudo, observou-se que resultados superiores de matéria fresca aérea total implicaram numa tendência de menores matérias secas totais e vice-versa indicando maior concentração de água, proporcional ao aumento de peso de matéria fresca aérea total (Quadro 22).

Observando-se o efeito principal de subparcela, ou seja, as épocas de aplicação de GA₃ nota-se que houve uma inversão de tendências (Figura 21). A época de

aplicação correspondente a 40 DAS que apresentou-se depreciativa para a maioria das características relatadas, mostrou-se superior para o acúmulo de matéria seca aérea total.

Este fato, no entanto, pode ser explicado pela presença do caule extremamente alongado e pesado obtido nesta época e que certamente promoveu maior acúmulo de matéria seca. Contudo, este é um resultado de diagnose visual que não pode ser comprovado estatisticamente já que não foi mensurado isoladamente.

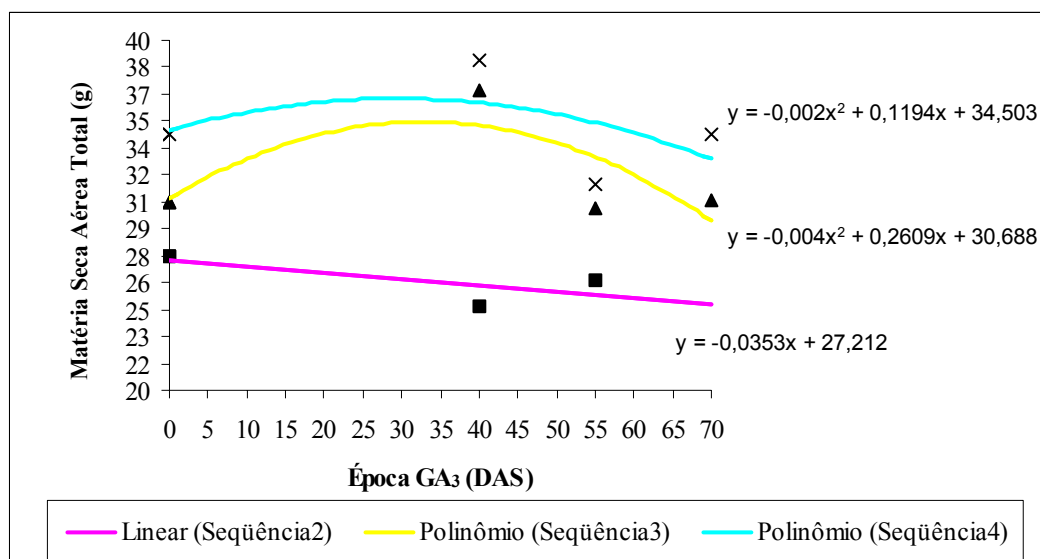


Figura 21. Efeito das épocas de aplicação de GA₃ (DAS – dias após semeadura), na matéria seca aérea total, da alface americana, nas coletas C2 (Sequência2), C3 (Sequência3) e C4 (Sequência4). Média de três repetições.

Quadro21. Médias nos efeitos principais : Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para cada uma das coletas avaliadas para matéria fresca aérea total (gramas). Média de três repetições.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	66,23	53,40			59,82a
120	57,63	67,60			62,62a
180	79,20	66,40			72,80a
240	52,43	56,63			54,53a
SUBPARCELA	63,88A	61,01A			
COLETA2					
60	245,80	102,33	234,70		194,28b
120	295,77	246,73	380,70		307,73a
180	355,63	274,60	381,93		337,39a
240	386,50	266,10	387,60		346,73a
SUBPARCELA	320,93A	222,44B	346,23A		
COLETA3					
60	601,37	414,00	465,23	574,30	513,73b
120	615,00	565,17	750,47	913,83	711,12a
180	796,77	703,17	731,80	687,13	729,72a
240	746,17	631,50	632,97	657,13	666,94a
SUBPARCELA	689,83A	578,46A	645,12A	708,10A	
COLETA4					
60	656,40	494,17	692,43	712,67	638,92a
120	693,30	745,70	852,30	966,77	814,52a
180	992,00	688,40	793,00	770,60	811,00a
240	932,03	972,93	805,70	863,83	893,63a
SUBPARCELA	818,43A	725,30A	785,86A	828,47A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro22. Médias nos efeitos principais : Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para cada uma das coletas avaliadas para matéria seca aérea total (gramas). Média de três repetições.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1					
60	3,34	2,48			2,91a
120	2,94	2,75			2,84a
180	3,77	2,54			3,16a
240	2,69	2,54			2,61a
SUBPARCELA	3,18A	2,58A			
COLETA2					
60	24,84	19,41	23,06		22,44b
120	27,73	26,92	27,26		27,30a
180	27,18	26,16	26,64		26,66a
240	30,33	26,20	27,40		27,97a
SUBPARCELA	27,52A	24,67A	26,09A		
COLETA3					
60	28,84	33,49	30,04	28,43	30,20a
120	29,14	36,08	32,05	34,55	32,96a
180	33,08	40,02	29,36	27,41	32,47a
240	30,77	37,25	29,19	31,90	32,28a
SUBPARCELA	30,46B	36,71A	30,16B	30,57B	
COLETA4					
60	30,17	30,04	31,86	28,07	30,04b
120	30,16	41,75	30,06	38,92	35,22ab
180	36,15	34,24	31,53	34,33	34,06ab
240	40,44	47,41	32,60	35,58	39,01a
SUBPARCELA	34,23A	38,36A	31,51A	34,22A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

6.5 Matéria fresca aérea comercial e diâmetro de cabeça

Os resultados das análises de variância da matéria fresca aérea comercial (em gramas) e do diâmetro de cabeça (em centímetros), a partir da terceira coleta (81 DAS – dias após a semeadura), tomada como o ponto ideal de colheita se encontram resumidos no Quadro 23. As médias obtidas em cada tratamento podem ser observadas pelos Quadros 24 e 25.

Quadro 23. Resumo das análises de variância das coletas para as variáveis: Matéria fresca aérea comercial (MFComercial), e Diâmetro de cabeça.

Fontes de Variação	Coleta 3			Coleta 4		
		MFComercial (g)	Diâmetro (cm)		MFComercial (g)	Diâmetro (cm)
	GL	Estatística F		GL	Estatística F	
Nitrogênio	3	13,84**	0,72	3	6,90*	0,74
Época GA₃	3	4,22*	21,08**	3	10,62**	6,22**
NxGA₃	9	1,29	0,63	9	1,23	0,79
CV (%)		20,15	9,27		19,94	10,66
Média Geral		567,32	13,59		582,51	13,29

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.5.1 Matéria fresca aérea comercial

Observa-se que a matéria fresca aérea comercial foi influenciada pelas doses de nitrogênio aplicadas e pelas épocas de aplicação de GA₃ sem, contudo, ter ocorrido interação entre as fontes de variação.

Este comportamento discorda de Alvarenga (1999), o qual não observou influência das doses de nitrogênio aplicadas no solo e de cálcio aplicadas via foliar na parte interna da planta, ou seja a cabeça, que é a parte comercializada, tendo obtido valores médios por planta de 533,33 a 609,16 gramas. Enquanto Bueno (1998), trabalhando com doses de nitrogênio fertirrigadas, encontrou com a maior dose de nitrogênio usada (105,6 kg. ha⁻¹ de N) o equivalente a 461,08 gramas por cabeça. Tais resultados se encontram coerentes com os

obtidos nesse trabalho, que mostraram-se inclusive superiores, mas vale ressaltar que não foi retirado o caule alongado para a determinação deste parâmetro.

A Figura 22 mostra o comportamento obtido pela matéria fresca comercial em função das doses de nitrogênio aplicadas.

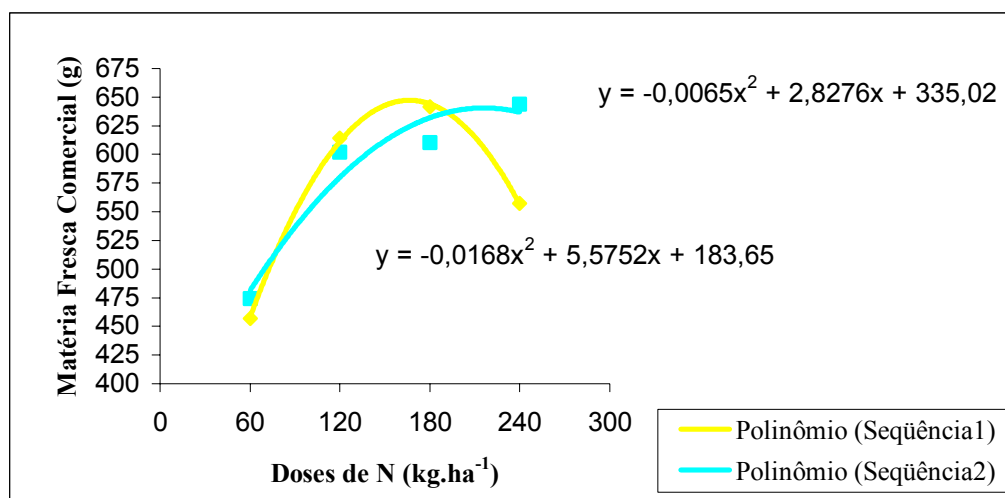


Figura 22. Matéria fresca aérea comercial (g), em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C3- Seqüência 1; C4- Seqüência 2). Média de três repetições.

A retomada do crescimento de matéria fresca comercial na coleta 4 pode ser explicado pela presença de brotos novos, surgidos após o ponto ótimo de colheita.

Observa-se pelo Quadro 23, que houve efeito significativo das épocas de aplicação do GA₃ na matéria fresca aérea comercial, com uma resposta quadrática e resultado depreciativo da aplicação aos 40 DAS nas duas amostragens realizadas (Figura 23).

Verificou-se que a aplicação do GA₃ promoveu queda de produção comercial se comparada com a não aplicação (GA₃0) tanto aos 40 DAS como aos 55 DAS, resultado que provavelmente teria sido agravado se o caule tivesse sido avaliado isoladamente. A aplicação tardia de GA₃ não mostrou-se prejudicial à característica avaliada.

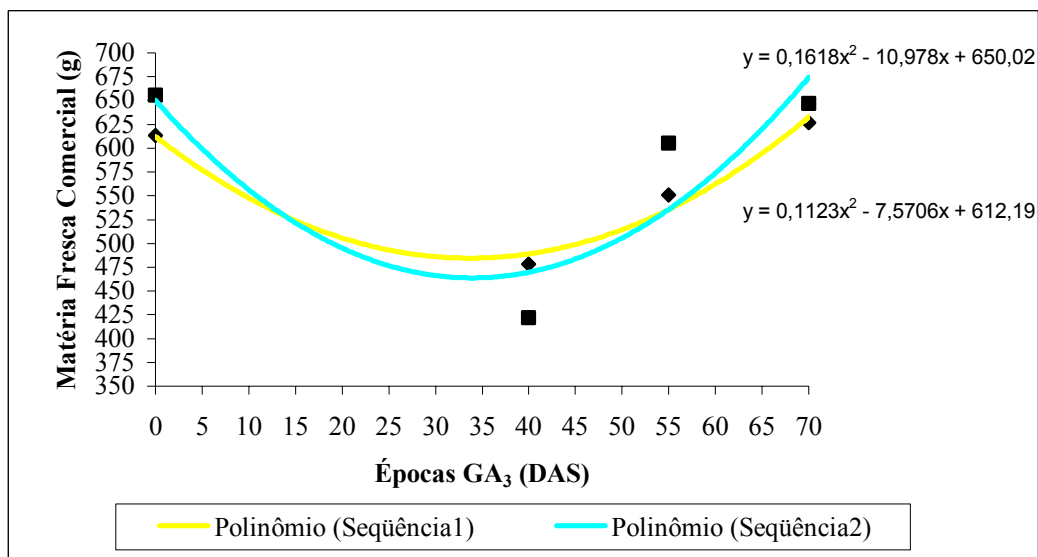


Figura 23. Matéria fresca aérea comercial (g), na alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C3- Seqüência 1; C4- Seqüência 2). Média de três repetições.

6.5.2 Diâmetro de cabeça

Não houve diferenças estatísticas (Quadro 23) para o diâmetro de cabeça entre as doses de nitrogênio aplicadas, nas coletas C3 e C4. A redução do diâmetro de cabeça na C4 pode ser explicada pela perda de material vegetativo decorrente de senescência pós ponto comercial.

Mota (1999) trabalhando com doses de cloreto de potássio na alface americana observou efeito significativo entre doses para o perímetro da cabeça comercial, sendo que a dose de 113,77 kg.ha⁻¹ a que promoveu o maior perímetro (46,51cm). Convertendo-se tal dado para diâmetro estimado (2pR) tem-se 14,82 cm aproximadamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Bueno (1998) com a cultivar Lorca (44,98 cm) 14,32 cm de diâmetro, e Yuri (2000) com a cultivar Lucy Brown - 13,35 e 14,61 cm de diâmetro estimado (41,95 cm e 45,90 cm de perímetro da cabeça) em duas épocas de cultivo,

respectivamente. Estes resultados não diferem dos obtidos nesse experimento, embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas entre as doses de nitrogênio (Quadro 23).

Foram observadas diferenças estatísticas entre as épocas de aplicação de GA₃ para o diâmetro de cabeça, mostrando que o parâmetro foi influenciado por essa fonte de variação independente da dose de nitrogênio aplicada (Quadro 23). A Figura 24 mostra as curvas quadráticas de resposta, obtidas para o diâmetro de cabeça em função das épocas de aplicação do GA₃ (em dias após a semeadura).

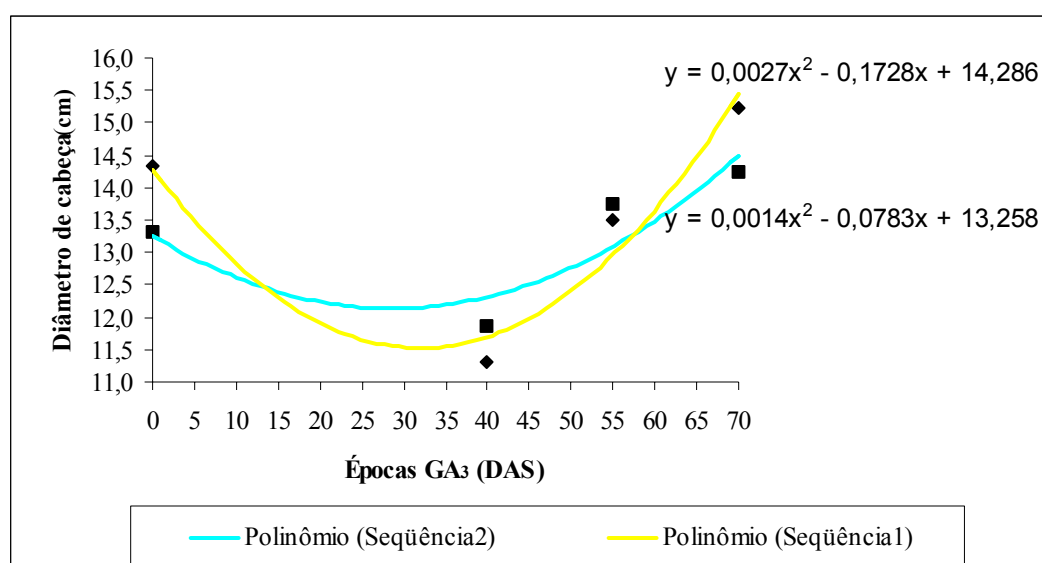


Figura 24. Diâmetro de cabeça, da alface americana, em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, nas diferentes coletas (C3- Seqüência 1; C4- Seqüência 2). Média de três repetições.

Nota-se, novamente o efeito depreciativo da aplicação do GA₃ aos 40 DAS e a superioridade dos resultados obtidos com a aplicação próxima ao ponto comercial (GA₃70). Cabe a mesma discussão já realizada em relação ao maior desenvolvimento do caule, supostamente responsável pela utilização de nutrientes que se destinariam à porção mais interna da planta.

Quadro24. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para diâmetro de cabeça (cm), da alface americana, em cada uma das coletas avaliadas.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA3					
60	13,77	11,20	13,27	14,30	13,13a
120	13,87	10,93	13,77	16,43	13,75a
180	15,17	11,33	13,57	15,10	13,79a
240	14,50	11,80	13,43	15,03	13,69a
SUBPARCELA	14,33AB	11,32C	13,51B	15,22A	
COLETA4					
60	12,63	11,00	12,90	14,40	12,73a
120	12,43	11,87	13,87	15,00	13,29a
180	14,37	12,47	14,00	13,13	13,49a
240	13,80	12,13	14,20	14,40	13,63a
SUBPARCELA	13,31AB	11,87B	13,74A	14,23A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

Quadro25. Médias nos efeitos principais: Parcela (Doses de nitrogênio em kg de N. ha⁻¹) e Subparcela (Época de aplicação foliar de GA₃ em DAS- dias após semeadura) para matéria fresca aérea comercial (g), da alface americana, em cada uma das coletas avaliadas.

N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA3					
60	548,57	360,93	395,10	523,03	456,91b
120	549,93	479,60	621,13	805,33	614,00a
180	720,33	569,07	649,07	626,90	641,34a
240	634,87	504,17	538,53	550,60	557,04ab
SUBPARCELA	613,43A	478,44B	550,96AB	626,47A	
COLETA4					
60	534,87	302,17	507,90	550,77	473,93b
120	557,40	421,37	674,03	753,93	601,68ab
180	780,33	445,20	635,87	580,37	610,44ab
240	749,83	519,17	603,43	703,50	643,98a
SUBPARCELA	655,61A	421,98B	605,31A	647,14A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal de subparcela.

6.6 Teor de macronutrientes na planta

6.6.1 Teor de nitrogênio

Houve efeito significativo das fontes de variação de forma independente, ou seja, o teor de nitrogênio como esperado foi influenciado pelas doses de fertilizante aplicadas, em todas as coletas realizadas, bem como das épocas de aplicação de giberelina (GA₃), sem contudo ter havido interação entre eles (Quadros 26 e 27).

Quadro 26. Resumo das análises de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis da alfaca americana: teor de nitrogênio (N g.kg⁻¹) ; teor de fósforo (P g.kg⁻¹) e teor de potássio (K g.kg⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 1			Coleta 2				
		N(g.kg ⁻¹)	P(g.kg ⁻¹)	K(g.kg ⁻¹)		N(g.kg ⁻¹)	P(g.kg ⁻¹)	K(g.kg ⁻¹)
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	16,68**	0,3	0,26	3	15,01**	3,93	2,14
Época GA₃	1	57,55**	1,21	4,55	2	0,44	0,91	4,57*
NxGA₃	3	0,57	2,14	0,32	6	1,87	1,18	0,51
CV (%)		4,86	13,15	12,11		5,90	13,82	10,11
Média Geral		37,1	5,2	69,5		29,8	4,4	64,1

*significativo pelo teste F a5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a1% de probabilidade.

Quadro 27. Resumo das análises de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis da alfaca americana: teor de nitrogênio (N g.kg⁻¹); teor de fósforo (P g.kg⁻¹) e teor de potássio (K g.kg⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 3			Coleta 4				
		N(g.kg ⁻¹)	P(g.kg ⁻¹)	K(g.kg ⁻¹)		N(g.kg ⁻¹)	P(g.kg ⁻¹)	K(g.kg ⁻¹)
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	5,60*	8,56*	20,03**	3	4,49*	1,03	1,45
Época GA₃	3	4,47*	2,78*	0,11	3	1,7	0,73	1,51
NxGA₃	9	1,38	0,55	1,91	9	0,91	1,68	1,38
CV (%)		5,21	16,73	13,55		7,25	15,00	22,68
Média Geral		29,4	5,3	64,8		27,6	5,5	58

*significativo pelo teste F a5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a1% de probabilidade.

O teor de nitrogênio obtido na coleta 1 foi o máximo obtido ao longo do ciclo, decaindo até a coleta 4. Observando os resultados obtidos pelas médias gerais (Quadro 29), verifica-se que os teores variaram de 27,6 g.kg⁻¹ a 37,13 g.kg⁻¹ em média. Analisando as coletas, observou-se que o teor obtido na C1 está de acordo com Raij et al. (1997) que preconiza a faixa de teores de nitrogênio em folhas de alface entre 30 e 50 g.kg⁻¹.

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. Furlani et al. (1978) registraram teores médios de 43,1g.kg⁻¹ para a alface americana cv. Great Lakes e 46,1g.kg⁻¹, 47,5 g.kg⁻¹, 44,4 g.kg⁻¹ para as cultivares Gigante, Prize Head e White Boston, respectivamente. Nakagawa et al. (1992), Vidigal et al. (1995) e Ricci et al. (1995) anotaram teores variando de 16,2 g.kg⁻¹ a 42,2 g.kg⁻¹ em diversas situações de aplicação de nutrientes e cultivares de alface. Garcia et al. (1982) considera a planta de alface com teor de 33,7g.kg⁻¹ de N bem nutrida. Alvarenga (1999), encontrou resposta linear à aplicação de nitrogênio, indicando que a planta ainda poderia responder ao incremento deste nutriente. Assim, embora a planta pudesse estar dentro da normalidade, os teores (de 33,4 g.kg⁻¹ em média, aos 56 dias após o transplântio) ficaram aquém do potencial.

A Figura 25 mostra as curvas de resposta obtidas para o teor de nitrogênio (g.kg⁻¹) em função das doses de N aplicadas para cada coleta. Observou-se uma resposta quadrática significativa apenas para a C1. As demais coletas apresentaram resposta linear concordando com os resultados obtidos por Alvarenga (1999).

Houve efeito significativo para as épocas de aplicação de GA₃ apenas nas coletas C1 e C3 (Figura 26). Sendo que a resposta obtida para a coleta 1 contradiz as médias obtidas para as demais coletas inclusive a C3. O efeito residual de matéria orgânica pode ter sido o responsável por esta diferenciação na coleta 1. Embora as coletas 2 e 4 não tenham se mostrado significativas mostram tendência semelhante à coleta 3, onde a aplicação de GA₃ aos 40 DAS mostrou um maior teor de nitrogênio que as demais épocas de aplicação.

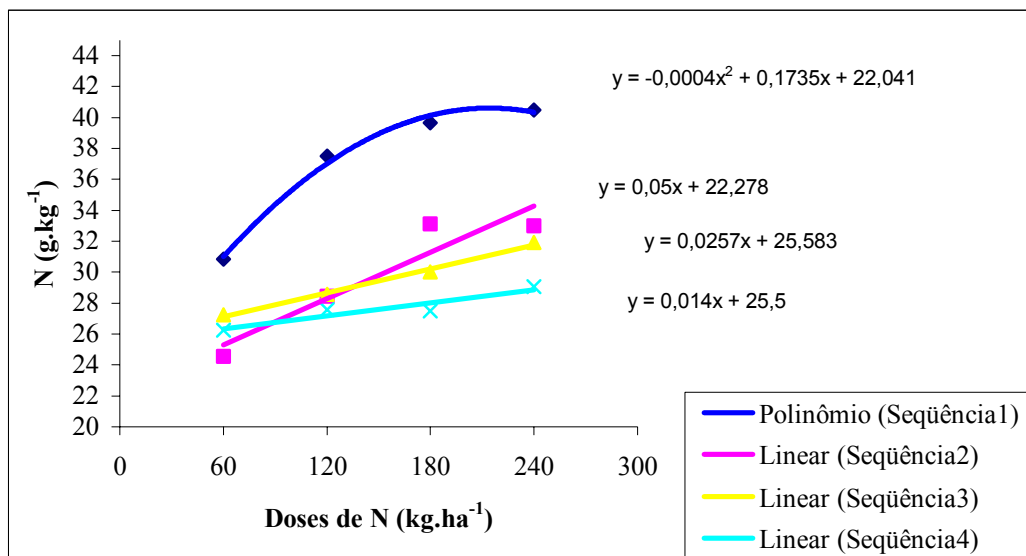


Figura 25. Teor de nitrogênio (g.kg^{-1}), em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

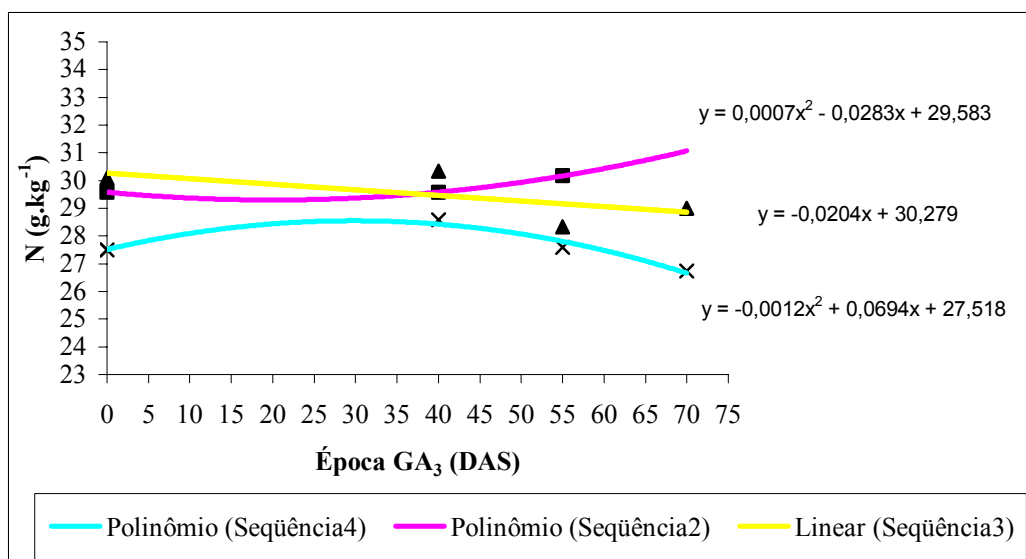


Figura 26. Teor de nitrogênio (g.kg^{-1}), em função das épocas de aplicação de GA_3 via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Como já comentado, supostamente o desenvolvimento maior do caule tenha sido responsável por uma maior absorção do nutriente, que no entanto pode não ter sido translocado até as folhas (interesse comercial), ou seja, o caule transformou-se no dreno mais competitivo.

6.6.2 Teor de fósforo

De acordo com as análises de variância expostas nos Quadros 26 e 27, observa-se efeito significativo entre as doses de nitrogênio para o teor de fósforo apenas na coleta 3 (ponto comercial). No entanto do ponto de vista nutricional, pelas médias gerais das coletas, nota-se que os teores médios obtidos estão de acordo com a faixa de teores proposta por Raij et al. (1997), cujos valores se encontram entre 4 a 7 g.kg⁻¹.

Cabe ressaltar que a fertilização nitrogenada foi feita de forma parcelada e utilizando como fonte o nitrato de cálcio que apresenta em sua composição 19% de cálcio, e que elevando-se a concentração de Ca predispõe-se a formação de fosfatos de cálcio, o que reduz a concentração de fósforo na solução. Além disso, o nitrato de cálcio tem a capacidade de elevar o pH, uma vez que se tem o nitrogênio na forma nítrica, e com isso, também, promover a menor disponibilidade de P em solução. Sabendo-se desse efeito antagônico entre Ca e P, pode-se entender o efeito mais drástico de queda de teores de P com o aumento da dose de nitrogênio aplicada para as coletas 3 e 4, já que promoveu-se o efeito de forma acumulativa com o parcelamento da fertirrigação.

As Figuras 27 e 28 mostram as respostas obtidas para o teor de fósforo (P g. kg⁻¹) em função das doses de fertilizante (N kg.ha⁻¹) e das épocas de aplicação de GA₃ (em dias após a semeadura), respectivamente, para cada uma das coletas realizadas, sendo apenas a coleta 3 significativa em ambos efeitos.

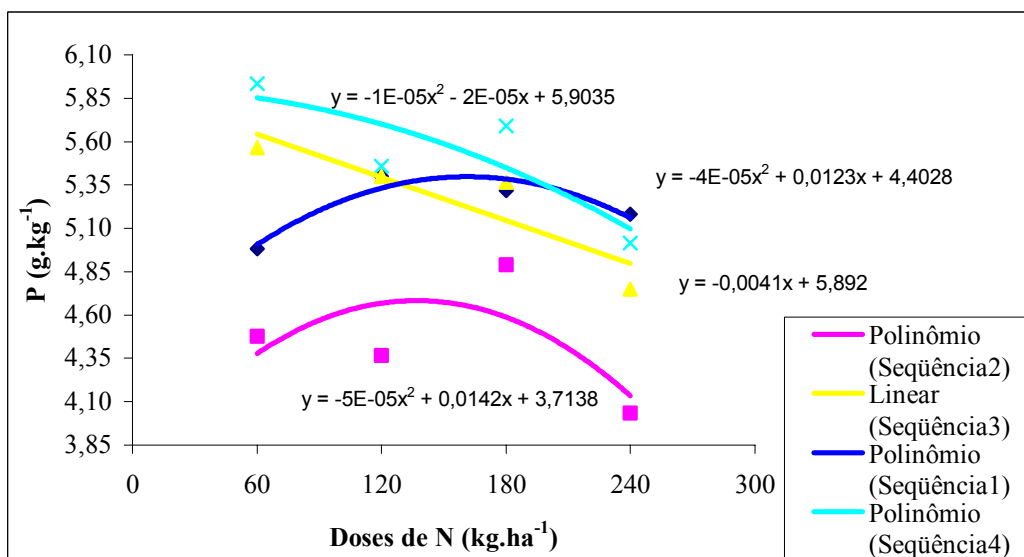


Figura 27. Teor de fósforo (g.kg^{-1}), em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

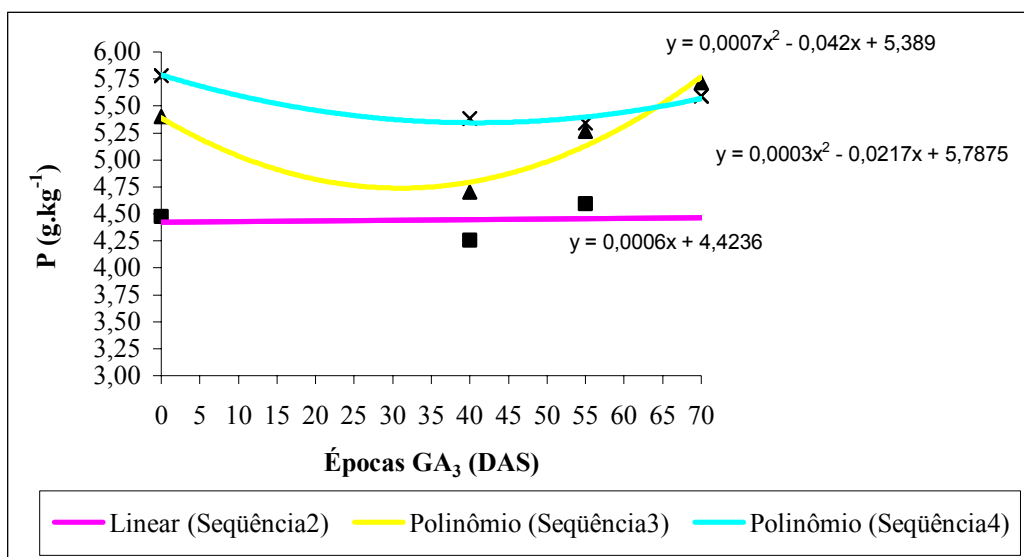


Figura 28. Teor de fósforo (g.kg^{-1}) em função das épocas de aplicação de GA_3 via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

6.6.3 Teor de potássio

As análises de variância para os teores de potássio (K em g.kg^{-1}) pode ser vista nos Quadros 26 e 27, já citados. Houve efeito significativo entre as doses de N para o teor de K apenas na coleta 3, cuja resposta (Figura 30) mostrou-se quadrática, ou seja redução dos teores à medida que elevou-se a dose de nitrato de cálcio aplicada. Embora não significativas as curvas das demais coletas mostram que essa redução tornou-se mais drástica ao longo do tempo. Tal fato pode ser explicado pela interação existente entre o K e o Ca, sendo que de maneira geral com o aumento da concentração de Ca na solução ocorre redução da disponibilidade de K. Assim, o efeito acumulativo da aplicação de nitrato de cálcio (CaNO_3) passa a ser mais drástico para a absorção de K ao longo do tempo, como já discutido, além do efeito salino do aumento da dose de N aplicada. Alvarenga (1999) não observou nenhuma definição de tendência para os teores de potássio ao longo do ciclo, trabalhando com doses de N e de Ca em alface americana.

Contudo, os teores médios obtidos (Quadro 31) nesse experimento mantiveram-se coerentes com os estabelecidos por Raij et al. (1997) os quais se encontram na faixa de 50 a 80 g.kg^{-1} em todas as coletas realizadas. Resultados semelhantes foram observados por diferentes autores citados por Alvarenga (1999): Furlani et al., (1978); Nakagawa et al.,(1992); Vidigal et al., (1995) e Ricci et al.,(1995); cujos teores variaram de 41,7 a 91 g.kg^{-1} .

As Figuras 30 e 31 mostram as curvas de resposta obtidas para o teor de potássio em função dos efeitos principais na parcela (nitrogênio) e na subparcela (época de GA_3), respectivamente. Cabe lembrar que o potássio é um elemento que não se compartimentaliza em nenhum composto na planta sendo por isso facilmente perdido em processos de degradação vegetativa chegando a frações de redução de 45%, segundo Villas Bôas (comunicação pessoal). Esse fato explica a queda drástica dos teores de potássio na coleta 4 (pós ponto comercial), quando ocorreu perda por apodrecimento, seguida de reabsorção para a fase reprodutiva, com a força de drenos novos (brotações e desenvolvimento de pendão floral).

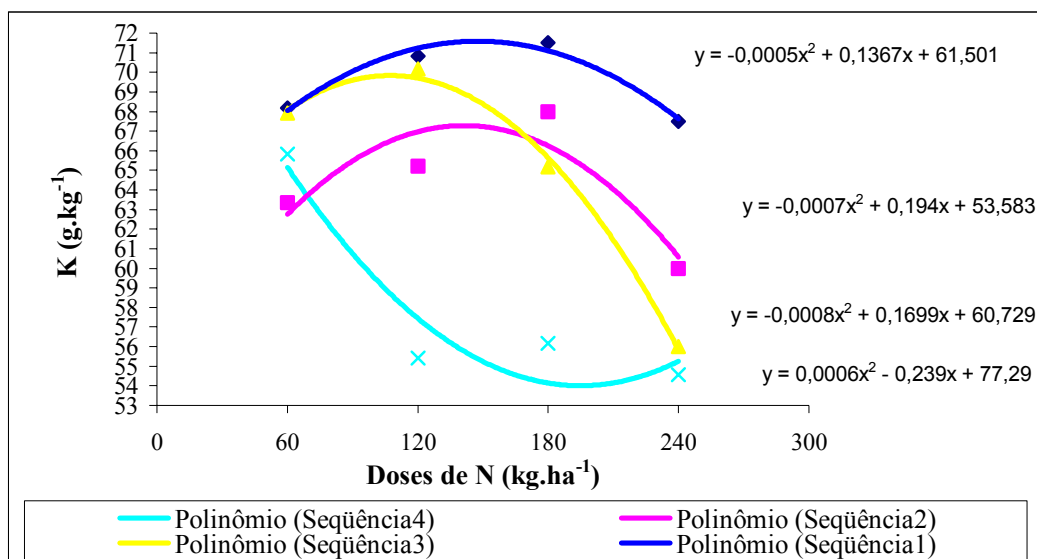


Figura 30. Teor de potássio (K em g.kg⁻¹), em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

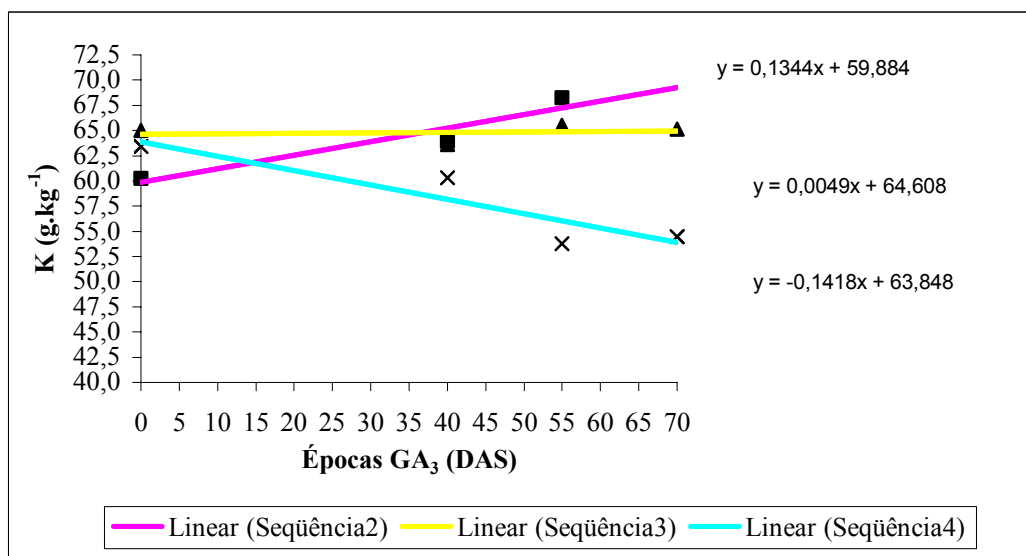


Figura 31. Teor de potássio (K em g.kg⁻¹), em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Para o efeito de épocas de aplicação de GA₃ sobre o teor de potássio apenas a coleta 2 mostrou diferenças significativas, com uma resposta linear. Sendo os teores encontrados nas diferentes épocas mais baixos que os obtidos com a não aplicação (GA₃0). Do ponto de vista nutricional, no entanto não houve variação, já que os teores mantiveram-se dentro da faixa adequada.

6.6.4 Teor de cálcio

O resumo das análises de variância para os teores de cálcio (Ca em g.kg⁻¹), nas coletas realizadas encontram-se nos Quadros 28 e 29. Pode-se observar, que os teores de cálcio seguiram as mesmas tendências de significância dos teores de nitrogênio entre doses de N aplicadas (parcela). Isto se deve à fonte de nitrogênio utilizada, ou seja, como se utilizou o nitrato de cálcio (contém 15% de N e 19% de Ca), houve um incremento na concentração de cálcio ao longo da fertirrigação, e portanto do ciclo. Em média os teores obtidos mantiveram-se próximos aos preconizados por Raij et al. (1997), os quais variam de 15 a 25 g.kg⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Alvarenga (1999), em alfaca americana cv. Lorca (14,7 a 15,5 g.kg⁻¹), e que concordam com diversos outros autores (Furlani et al. (1978); Nakagawa et al. (1992); Vidigal et al. (1995); Ricci et al. (1995)), os quais registraram teores médios de cálcio variando de 8 a 15,8 g.kg⁻¹.

Quadro 28 . Resumo das análises de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis da alfaca americana: Teor de cálcio (Ca g.kg⁻¹); Teor de magnésio (Mg g.kg⁻¹) e Teor de enxofre (S g.kg⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 1			Coleta 2				
		Ca (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)		Ca (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	4,61	1,01	0,62	3	4,50*	4,61*	1,65
Época GA₃	1	0,48	0,15	1,03	2	2,42	2,46	5,39*
NxGA₃	3	2,17	1,34	0,21	6	0,38	1,02	0,32
CV (%)		9,57	14,55	14,54		11,61	10,32	11,02
Média Geral		15,4	5,0	2,9		13,1	4,1	3,0

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 29 . Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis da alfaca americana: Teor de cálcio (Ca g.kg⁻¹); Teor de magnésio (Mg g.kg⁻¹) e Teor de enxofre (S g.kg⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 3			Coleta 4				
		Ca (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)		Ca (g.kg ⁻¹)	Mg (g.kg ⁻¹)	S (g.kg ⁻¹)
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	3,78	1,71	1,41	3	1,33	1,39	0,29
Época GA₃	3	7,34**	0,57	6,59**	3	0,19	3,13*	2,18
NxGA₃	9	2,49	0,82	2,02	9	1,81	0,99	2,45
CV (%)		7,69	13,23	9,97		12,04	21,84	14,49
Média Geral		15,9	5,1	3,9		19,2	5,5	4,3

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

As Figuras 32 e 33 mostram as respostas do teor de cálcio às doses de nitrogênio aplicadas e às épocas de aplicação de GA₃, respectivamente, nas diferentes coletas realizadas.

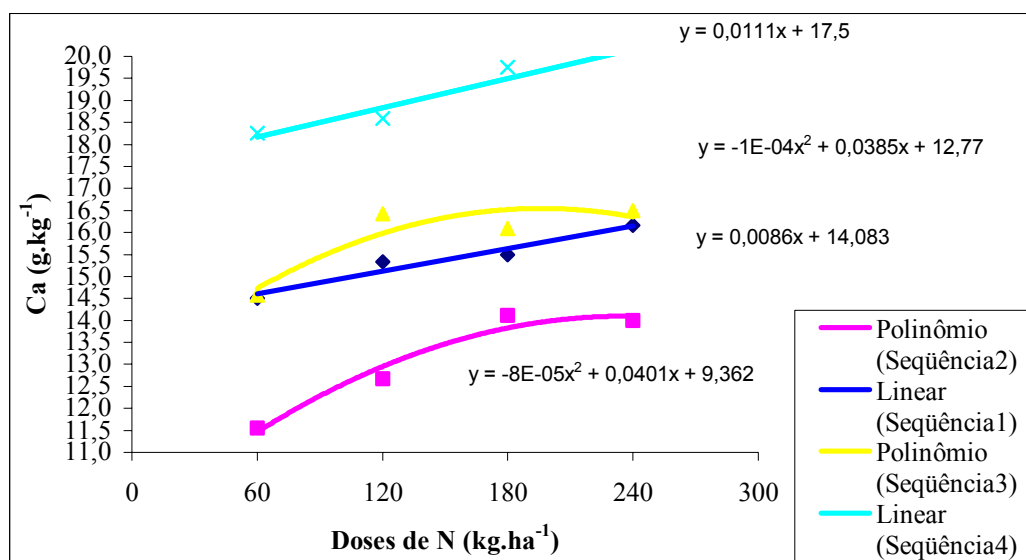


Figura 32. Teor de cálcio (Ca em g.kg⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

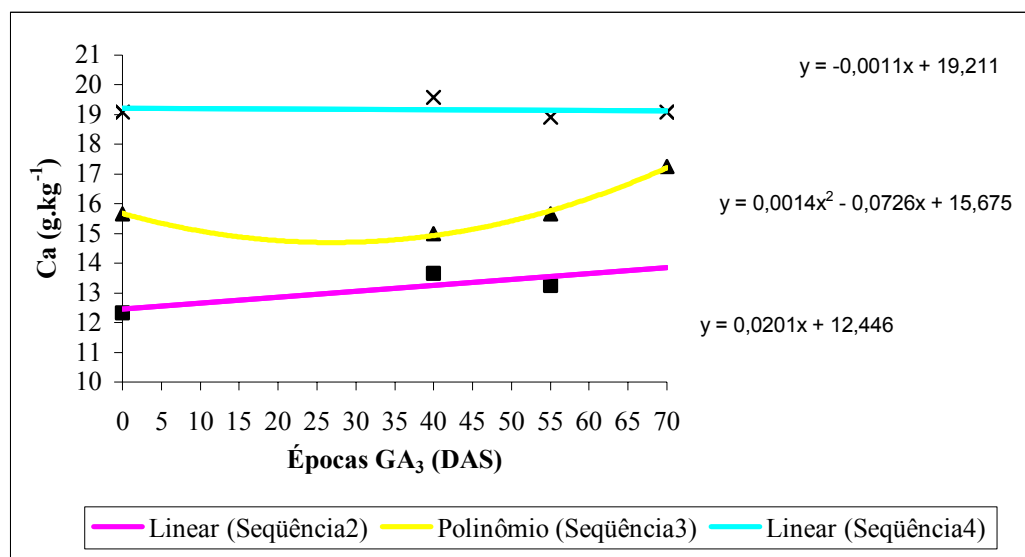


Figura 33. Teor de cálcio (Ca em g.kg^{-1}), em função das épocas de aplicação de GA_3 via foliar aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Observa-se que os teores estiveram próximos da faixa considerada como boa para uma planta nutrida e, portanto, mostram-se irrelevantes as diferenças obtidas entre as épocas de aplicação.

6.6.5 Teor de magnésio

Como pode ser analisado pelos Quadros 28 e 29, já apresentados, no resultado das análises de variância, o teor de magnésio sofreu influência das doses de nitrogênio aplicadas com efeito significativo, somente na coleta 2 (Figura 34). Onde a menor dose de nitrogênio mostrou teores de magnésio bem próximos do limite inferior da faixa considerada normal para uma planta nutrida segundo Raij et al. (1997) que é de cerca de 4 a 6 g.kg^{-1} . Esses resultados mostram-se coerentes com os obtidos por Alvarenga (1999), que trabalhando com doses crescentes de nitrogênio e de cálcio em alface americana, não observou influência do nitrogênio, e sim do cálcio nos teores de magnésio nas folhas que aumentou linearmente com a dose de cálcio aplicado.

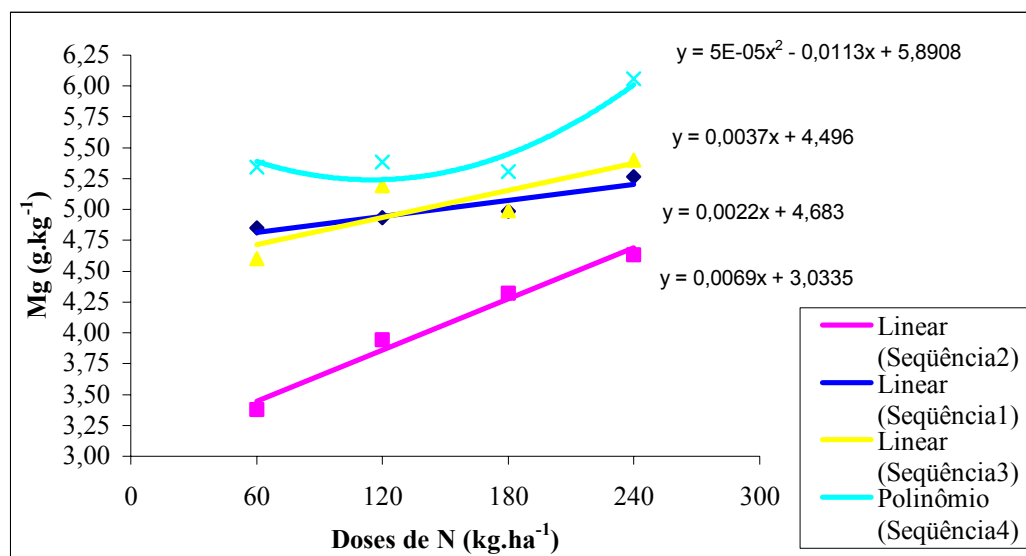


Figura 34. Teor de magnésio (Mg em g.kg⁻¹), em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

A significância obtida na coleta 4 para o efeito da subparcela (época de aplicação de GA₃) não mostrou-se importante do ponto de vista nutricional pois os valores continuaram dentro da normalidade, como pode ser observado nos Quadros 30 a 32.

6.6.6 Teor de enxofre

Pelos Quadros 28 e 29, observa-se no resumo das análises de variância, que o teor de enxofre não sofreu influência do nitrogênio aplicado em nenhuma das coletas realizadas. Sendo que os teores médios de enxofre (Quadro 32), obtidos mostraram-se acima da faixa determinada por Raij et al. (1997) a qual varia entre 1,5 e 2,5 g.kg⁻¹.

Teores de enxofre encontrados por Furlani et al. (1978), Nakagawa et al. (1992), Ricci et al. (1995) e Alvarenga (1999) encontram-se dentro da faixa de 1,1 a 3,3 g.kg⁻¹, também abaixo dos valores obtidos neste experimento (Figura 35). Os resultados elevados para o teor de enxofre neste experimento podem ser explicados pela utilização da

fonte sulfato de potássio para a adubação potássica em cobertura, parcelada ao longo do ciclo, via fertirrigação.

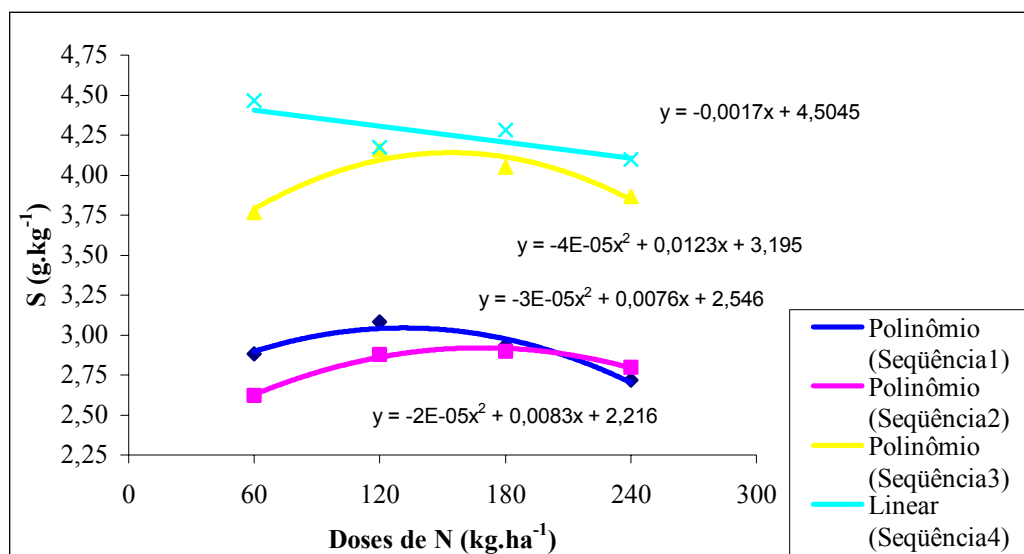


Figura 35. Teor de enxofre (S em g.kg⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Os comportamentos obtidos para as coletas 3 e 4 dos teores de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, mostraram aumento na concentração destes nutrientes com o tempo, o que não é comum, já que há uma tendência da redução da concentração com o aumento da matéria seca, em função do fator diluição. Isto significa que, houve um aumento maior na absorção de nutrientes, resultando em maior concentração, do que acúmulo de matéria seca, no mesmo intervalo. Tais indicações apontam para uma suposta mudança fisiológica da planta que após ter alcançado um acúmulo ótimo de matéria seca passou a reabsorver para suprir uma nova necessidade que seria o início da fase reprodutiva, com lançamento do pendão floral e formação de folhas jovens (rebrotas). Fato este que provavelmente foi influenciado pela aplicação de GA₃, que apresentou significância em coletas esporádicas sem nenhuma tendência definida e sem alterar os teores nutricionais, e por isso as curvas de resposta para as épocas de aplicação de GA₃ não foram apresentadas, mas as médias podem ser observadas nos Quadros 30, 31 e 32.

Quadro 30. Médias dos teores de nitrogênio (N) e fósforo (P), em g.kg^{-1} , para os efeitos principais : parcela (Doses de N kg.ha^{-1}) e subparcela (épocas de aplicação de GA_3 - Dias após a semeadura), na alface americana.

Teor de nitrogênio - N (g.kg^{-1})						Teor de fósforo - P (g.kg^{-1})					
N (kg.ha^{-1})	GA_3 0	GA_3 40	GA_3 55	GA_3 70	PARCELA	N (kg.ha^{-1})	GA_3 0	GA_3 40	GA_3 55	GA_3 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	34,0	27,7			30,8 b	60	5,7	4,4			4,9 a
120	40,3	34,7			37,5 a	120	5,1	5,7			5,4 a
180	41,7	37,7			39,7 a	180	5,7	4,9			5,3 a
240	43,7	37,3			40,5 a	240	5,2	5,2			5,2 a
SUBPARCELA	39,9 A	34,3 B				SUBPARCELA	5,4 A	5,1 A			
COLETA2						COLETA2					
60	25,7	23,3	24,7		24,6 b	60	4,9	3,7	4,8		4,5 a
120	29,0	28,0	28,3		28,4 ab	120	4,1	4,4	4,6		4,4 a
180	30,7	34,3	34,3		33,1 a	180	4,8	4,9	4,9		4,9 a
240	33,0	32,7	33,3		33,0 a	240	3,9	4,0	4,1		4,0 a
SUBPARCELA	29,6 A	29,6 A	30,2 A			SUBPARCELA	4,5 A	4,3 A	4,6 A		
COLETA3						COLETA3					
60	28,3	28,3	24,7	27,7	27,3 b	60	5,7	4,9	5,1	6,6	5,6 a
120	28,0	29,3	28,0	29,0	28,6 ab	120	5,8	4,6	5,5	5,7	5,4 a
180	30,7	31,7	29,0	28,7	30,0 ab	180	5,7	5,0	5,3	5,5	5,4 a
240	33,3	32,0	31,7	30,7	31,9 a	240	4,4	4,2	5,2	5,1	4,8 b
SUBPARCELA	30,1 A	30,3 A	28,3 B	29,0 AB		SUBPARCELA	5,4 AB	4,7 B	5,3 AB	5,7 A	
COLETA4						COLETA4					
60	27,3	27,0	25,3	25,3	26,3 b	60	6,0	5,5	6,2	5,9	5,9 a
120	26,3	28,7	28,0	27,3	27,6 ab	120	5,4	5,1	4,8	6,5	5,5 a
180	28,0	29,7	27,0	25,3	27,5 ab	180	6,5	6,2	5,1	4,9	5,7 a
240	28,3	29,0	30,0	29,0	29,1 a	240	5,2	4,7	5,3	4,9	5,1 a
SUBPARCELA	27,5 A	28,6 A	27,6 A	26,8 A		SUBPARCELA	5,8 A	5,4 A	5,3 A	5,6 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

Quadro 31 . Médias dos teores de potássio (K) e cálcio (Ca), em g.kg⁻¹, para os efeitos principais: parcela (Doses de N kg.ha⁻¹) e subparcela (épocas de aplicação de GA₃ - Dias após a semeadura), na alface americana.

Teor de potássio - K (g.kg ⁻¹)						Teor de cálcio - Ca (g.kg ⁻¹)					
N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA	N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	62,7	73,7			68,2 a	60	15,7	13,3			14,5 b
120	67,7	74,0			70,8 a	120	16,0	14,7			15,3 ab
180	70,3	72,7			71,5 a	180	14,7	16,3			15,5 ab
240	62,7	72,3			67,5 a	240	16,0	16,3			16,2 a
SUBPARCELA	65,8 A	73,2 A				SUBPARCELA	15,6 A	15,2 A			
COLETA2						COLETA2					
60	59,7	62,7	67,7		63,3 a	60	11,3	11,7	11,7		11,6 a
120	60,7	62,3	72,7		65,2 a	120	11,7	13,3	13,0		12,7 a
180	65,0	67,3	71,7		68,0 a	180	13,3	15,3	13,7		14,1 a
240	55,7	63,3	61,0		60,0 a	240	13,0	14,3	14,7		14,0 a
SUBPARCELA	60,3 B	63,9 AB	68,3 A			SUBPARCELA	12,3 A	13,7 A	13,3 A		
COLETA3						COLETA3					
60	68,3	64,3	65,0	74,0	67,9 a	60	15,3	14,3	12,7	16,0	14,6 a
120	73,3	68,0	72,0	67,3	70,2 a	120	16,3	15,3	16,3	17,7	16,4 a
180	68,3	74,0	60,7	57,7	65,2 a	180	15,3	15,7	15,3	18,0	16,1 a
240	50,0	48,0	64,3	61,7	56,0 b	240	15,7	14,7	18,3	17,3	16,5 a
SUBPARCELA	65,0 A	63,6 A	65,5 A	65,2 A		SUBPARCELA	15,7 B	15,0 B	15,7 B	17,3 A	
COLETA4						COLETA4					
60	68,0	63,3	76,7	55,3	65,8 a	60	18,3	18,0	17,3	19,3	18,3 a
120	66,3	52,7	48,0	54,7	55,4 a	120	18,7	16,3	19,0	20,3	18,6 a
180	63,3	69,7	44,0	47,7	56,2 a	180	18,7	22,7	18,7	19,0	19,8 a
240	56,0	55,7	46,3	60,3	54,6 a	240	20,7	21,3	20,7	17,7	20,1 a
SUBPARCELA	63,4 A	60,3 A	53,8 A	54,5 A		SUBPARCELA	19,1 A	19,6 A	18,9 A	19,1 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

Quadro 32. Médias dos teores de magnésio (Mg) e enxofre (S), em g.kg^{-1} , para os efeitos principais: parcela (Doses de N kg. ha^{-1}) e subparcela (épocas de aplicação de GA_3 - Dias após a semeadura), na alface americana.

Teor de magnésio - Mg (g.kg^{-1})						Teor de enxofre - S (g.kg^{-1})					
N (kg.ha^{-1})	GA_3 0	GA_3 40	GA_3 55	GA_3 70	PARCELA	N (kg.ha^{-1})	GA_3 0	GA_3 40	GA_3 55	GA_3 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	5,2	4,5			4,9 a	60	2,8	2,9			2,9 a
120	5,0	4,9			4,9 a	120	2,9	3,3			3,1 a
180	4,5	5,4			4,9 a	180	2,9	2,6			2,9 a
240	5,1	5,5			5,3 a	240	2,6	2,8			2,7 a
SUBPARCELA	4,9 A	5,1 A				SUBPARCELA	2,8 A	3,0 A			
COLETA2						COLETA2					
60	3,5	3,4	3,2		3,4 b	60	2,4	2,4	3,1		2,6 a
120	3,7	4,3	3,9		3,9 ab	120	2,7	2,6	3,4		2,9 a
180	4,1	4,7	4,2		4,3 ab	180	2,9	2,8	2,9		2,9 a
240	4,3	4,7	4,9		4,6 a	240	2,7	2,7	3,0		2,8 a
SUBPARCELA	3,9 A	4,3 A	4,0 A			SUBPARCELA	2,7 A	2,6 A	3,1 A		
COLETA3						COLETA3					
60	4,9	4,6	4,2	4,7	4,6 a	60	3,4	3,5	3,6	4,5	3,8 a
120	4,9	5,1	5,1	5,7	5,2 a	120	4,3	3,8	4,2	4,4	4,2 a
180	4,6	5,2	5,3	4,9	4,9 a	180	4,1	3,8	4,4	3,8	4,1 a
240	5,1	5,1	5,9	5,5	5,4 a	240	3,5	3,4	4,3	4,3	3,9 a
SUBPARCELA	4,9 A	5,0 A	5,1 A	5,2 A		SUBPARCELA	3,8 BC	3,6 C	4,1 AB	4,3 A	
COLETA4						COLETA4					
60	4,9	6,0	5,1	5,4	5,3 a	60	4,3	4,3	4,9	4,3	4,5 a
120	5,5	5,3	4,7	5,9	5,4 a	120	4,5	3,6	3,8	4,8	4,2 a
180	4,9	7,3	4,2	4,8	5,3 a	180	4,7	5,1	3,3	4,0	4,3 a
240	6,5	6,8	5,6	5,3	6,1 a	240	4,5	4,3	3,5	4,2	4,1 a
SUBPARCELA	5,5 AB	6,4 A	4,9 B	5,4 AB		SUBPARCELA	4,5 A	4,3 A	3,9 A	4,3 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

6.7 Acúmulo de macronutrientes na planta

Os resumos das análises de variância para os parâmetros de acúmulo dos macronutrientes: nitrogênio (N); fósforo (P) e potássio (K), em g.planta⁻¹, sendo média de três repetições, em cada coleta, se encontram nos Quadros 33 e 34 .

Quadro 33 . Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis da alfaca americana: acúmulo de nitrogênio (N g.planta⁻¹) ; acúmulo de fósforo (P g.planta⁻¹) e acúmulo de potássio (K g.planta⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 1				Coleta 2			
		N g.planta ⁻¹	P g.planta ⁻¹	K g.planta ⁻¹		N g.planta ⁻¹	P g.planta ⁻¹	K g.planta ⁻¹
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	1,05	0,58	0,55	3	26,52**	9,16**	4,72*
Época GA₃	1	9,30*	3,91	0,86	2	1,03	2,95	2,06
NxGA₃	3	0,60	1,30	0,67	6	0,64	1,29	0,25
CV (%)		28,87	33,38	32,20		16,33	17,05	17,37
Média Geral		0,108	0,015	0,201		0,784	0,015	1,674

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 34 . Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis da alfaca americana: acúmulo de nitrogênio (N g.planta⁻¹) ; acúmulo de fósforo (P g.planta⁻¹) e acúmulo de potássio (K g.planta⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 3				Coleta 4			
		N g.planta ⁻¹	P g.planta ⁻¹	K g.planta ⁻¹		N g.planta ⁻¹	P g.planta ⁻¹	K g.planta ⁻¹
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	4,06	3,82	8,13**	3	22,01**	0,18	0,37
Época GA₃	3	7,25**	0,27	1,26	3	3,94*	1,51	2,05
NxGA₃	9	0,97	0,69	1,16	9	1,31	2,75	1,34
CV (%)		16,33	23,14	26,06		17,34	19,46	27,87
Média Geral		0,946	0,167	2,086		0,954	0,191	2,017

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

6.7.1 Nitrogênio

Embora tenham mostrado influência significativa no acúmulo de nitrogênio na planta, as doses de nitrogênio aplicadas não mostraram uma tendência bem definida (Quadros 33 e 34 , e Figura 36). A marcha de absorção do nitrogênio, analisada em função das doses de fertilizante aplicadas mostra que a extração do nutriente acompanhou o crescimento da planta. Houve um incremento lento no início do desenvolvimento e um grande acúmulo determinado a partir da segunda coleta, sendo que em todas as coletas a dose equivalente a 60 kg.ha⁻¹ de N mostrou resultados inferiores (Quadro 37). Tais resultados concordam com Zambon (1982). O acúmulo no ponto de colheita (coleta 3), em média de 0,946 g.planta⁻¹ ou 946 mg.planta⁻¹, mostrou-se muito superior ao encontrado por Fernandes et al. (1971) de 224 mg (alface lisa aos 65 dias); 469,6 mg.planta⁻¹ obtidos por Garcia, (1982), e próximos aos obtidos por Alvarenga (1999) em alface americana com cerca de 1220 mg.planta⁻¹ aos 56 dias após o transplantio.

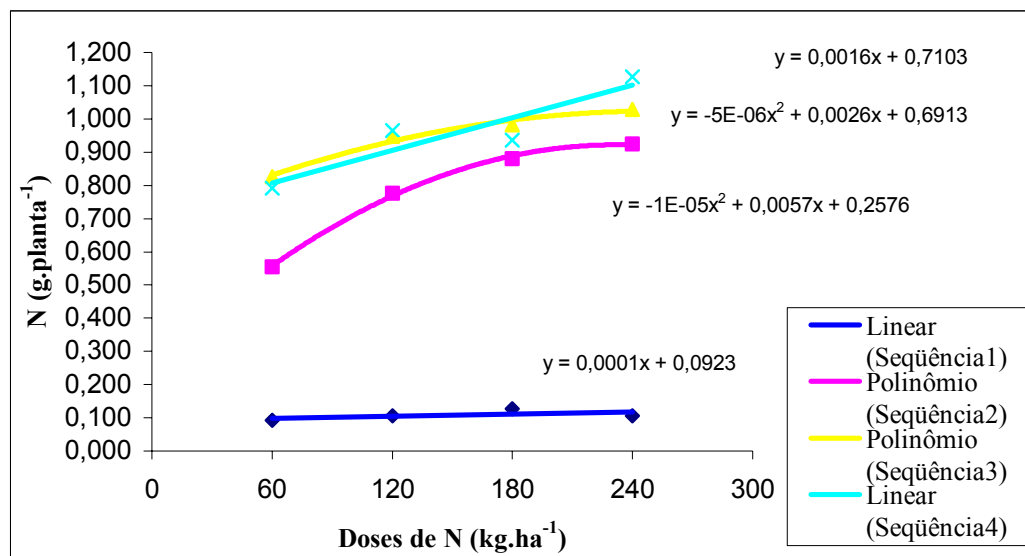


Figura 36. Acúmulo de nitrogênio (N g.planta⁻¹) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

A não significância na primeira coleta mostra-se coerente com os resultados de matéria seca, os quais podem ter sido causados por efeito residual de matéria orgânica aplicada em pré-plantio.

Observando-se os Quadros 33 e 34 , nota-se que houve efeito significativo no acúmulo de nitrogênio das épocas de aplicação de giberelina, tendo ocorrido um maior acúmulo na aplicação realizada aos 40 DAS, o que reforça a hipótese já discutida para o teor do nutriente, de que o caule tenha sido o responsável pela maior absorção que se converteu em acúmulo, e que não pode ser melhor avaliada por não ter sido quantificada. Do ponto de vista nutricional em todas as coletas os resultados mostraram-se elevados (Figura 37).

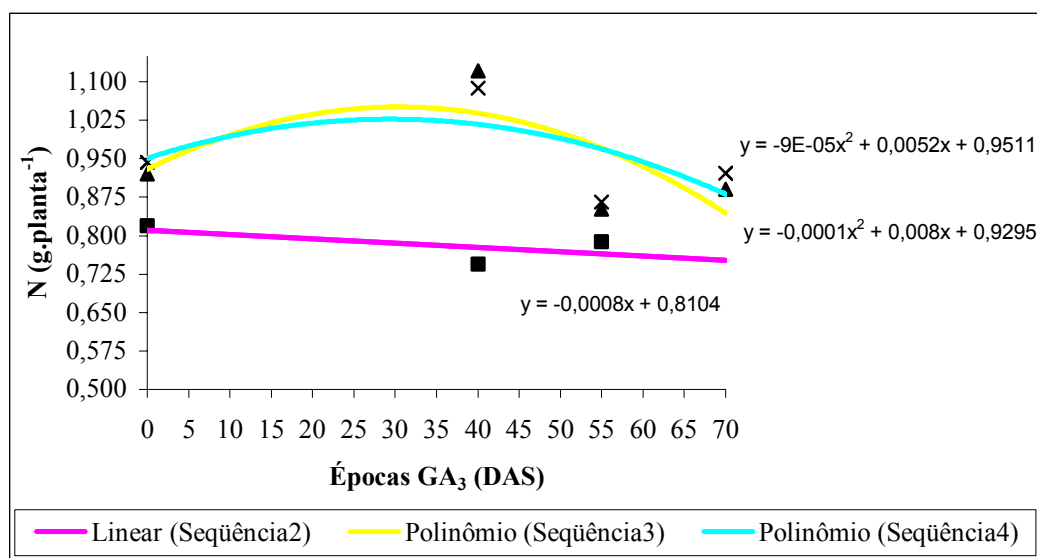


Figura 37. Acúmulo de nitrogênio (N g.planta⁻¹) em função das épocas de aplicação de GA₃ via foliar, na alface americana, nas diferentes coletas (C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

6.7.2 Fósforo

Pelos Quadros 33 e 34 , pode-se observar que não houve efeito significativo para o acúmulo de fósforo das doses de N aplicadas, bem como das épocas de aplicação de GA₃ para as coletas 1, 3 e 4. Apenas na coleta 2, realizada aos 66 DAS, quando

ocorre um rápido incremento no acúmulo de matéria seca, o acúmulo de fósforo mostrou-se influenciado pelas doses de nitrogênio aplicadas. A absorção do nutriente se deu de forma crescente, com a idade da planta, sendo o maior acúmulo (cerca de 50% de todo o fósforo absorvido) próximo à colheita (coleta 3), estando de acordo com Fernandes et al. (1971) citados por Alvarenga (1999).

A Figura 38 mostra as curvas de resposta, embora não significativas, obtidas para o acúmulo de fósforo, em cada coleta, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

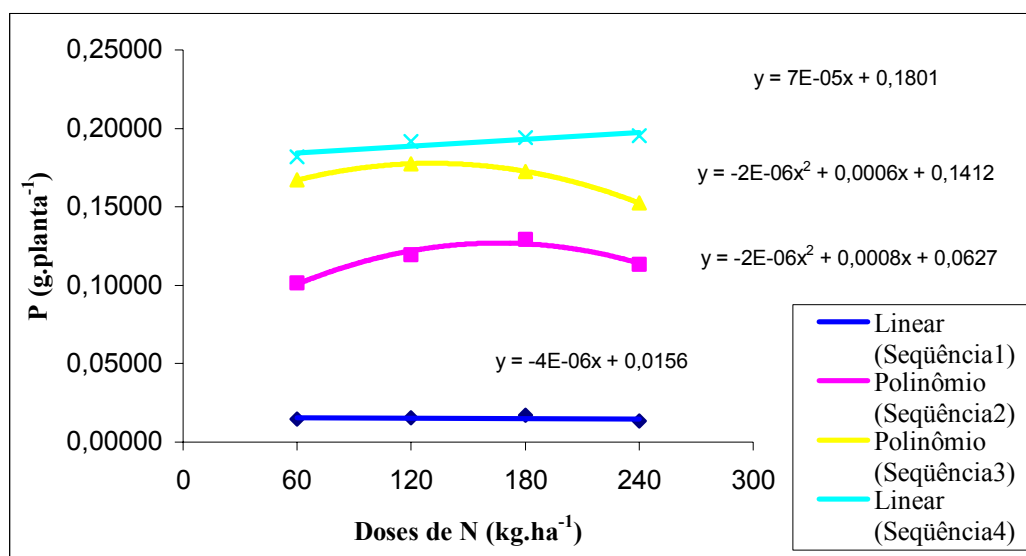


Figura 38. Acúmulo de fósforo ($P \text{ g.planta}^{-1}$) em função das doses de nitrogênio aplicadas, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Do ponto de vista nutricional, estes dados não assumem importância já que os teores do nutriente na folha mostraram-se normais. Os resultados, mostram-se semelhantes aos obtidos por Alvarenga (1999) aos 56 dias após o transplante, de $191,14 \text{ mg.planta}^{-1}$, sem aplicação de cálcio e com a dose de $240 \text{ kg de N.ha}^{-1}$. Entretanto, são muito superiores aos de Garcia (1982), que relatou acúmulo de $100,13 \text{ mg.planta}^{-1}$.

6.7.3 Potássio

Os resumos das análises de variância, realizadas para cada coleta, para o acúmulo de potássio (g. planta^{-1}), encontram-se nos Quadros 33 e 34 . Pode-se verificar que nem o nitrogênio, nem a época de aplicação de giberelina influenciaram a absorção de potássio. Exceção a este fato ocorreu na coleta 3, quando as doses de nitrogênio aplicadas mostraram influência significativa sobre a absorção do nutriente. Deve-se recordar a colocação feita para o teor do nutriente sobre sua dinâmica em relação ao cálcio utilizado nas mesmas proporções que o nitrogênio (nitrato de cálcio).

A Figura 39 mostra a resposta quadrática do acúmulo de potássio em função das doses de nitrogênio, e conseqüentemente de cálcio, em cada uma das coletas. Ao passo em que vai ocorrendo o efeito aditivo das fertirrigações, há uma queda drástica ocorrida na coleta 3, considerada o ponto comercial. A resposta quadrática passa por um ponto de máxima numa dose anterior em relação a coleta 2. Mostrando que o acúmulo está sendo reduzido pelos altos teores de cálcio presentes na solução, interferindo na disponibilidade de potássio (Raij, 1981).

O comportamento da curva da coleta 4 é coerente com o obtido para o teor do nutriente, como já discutido, em que mostra uma reabsorção do nutriente após um acúmulo máximo. Este fato é explicado pela época em que foi realizada a última coleta , pós ponto comercial, onde ocorreu perda de material vegetativo e portanto de potássio, a partir do qual a planta começou a acumular novamente para proceder seu ciclo reprodutivo.

Contudo, os teores de potássio encontrados se mostram superiores aos obtidos por Fernandes et al. (1971), os quais obtiveram acúmulo de $536,5 \text{ mg.planta}^{-1}$, aos de Garcia (1982), de $1.017,2 \text{ ppm}$ (alface Brasil 48 – aos 72 dias), e Alvarenga (1999), com alface americana (cv. Lorca), aos 56 dias que foi de $983,53 \text{ mg.planta}^{-1}$. Os valores altos podem ter sido causados pela fertirrigação parcelada com sulfato de potássio ao longo do ciclo.

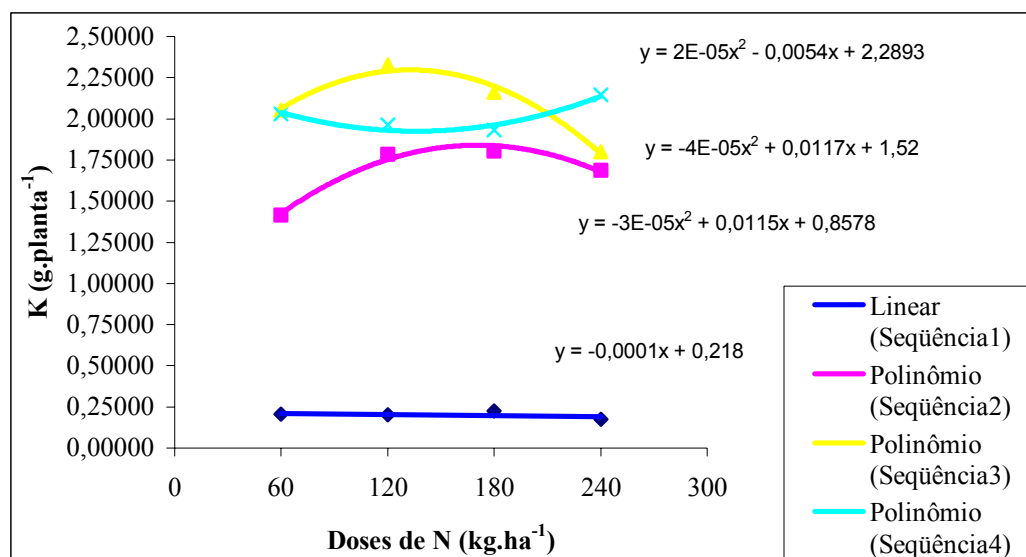


Figura 39. Acúmulo de potássio ($K \text{ g.planta}^{-1}$) em função das doses de nitrogênio, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

6.7.4 Cálcio

Os Quadros 35 e 36 referem-se aos resumos das análises de variância para o acúmulo dos macronutrientes: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), dados em g.planta^{-1} , para cada coleta realizada ao longo do ciclo.

Quadro 35 . Resumo da análise de variância das coletas 1 e 2 para as variáveis, na alface americana: acúmulo de cálcio (Ca g.planta^{-1}); acúmulo de magnésio (Mg g.planta^{-1}) e acúmulo de enxofre (S g.planta^{-1}).

Fontes de Variação	Coleta 1			Coleta 2				
		Ca	Mg	S		Ca	Mg	S
		g.planta^{-1}	g.planta^{-1}	g.planta^{-1}		g.planta^{-1}	g.planta^{-1}	g.planta^{-1}
	GL	Estatística F			GL	Estatística F		
Nitrogênio	3	0,30	0,13	1,09	3	11,26**	0,13	4,72*
Época GA_3	1	3,86	2,21	1,42	2	0,21	2,21	2,92
NxGA_3	3	0,55	0,64	0,73	6	0,81	0,64	0,33
CV (%)		28,73	27,37	31,60		14,96	15,2	24,24
Média Geral		0,044	0,014	0,008		0,339	0,106	0,073

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 36 . Resumo da análise de variância das coletas 3 e 4 para as variáveis, na alface americana: acúmulo de cálcio (Ca g.planta⁻¹); acúmulo de magnésio (Mg g.planta⁻¹) e acúmulo de enxofre (S g.planta⁻¹).

Fontes de Variação	Coleta 3			Coleta 4				
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S		
	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹	g.planta ⁻¹		
GL	Estatística F			GL	Estatística F			
Nitrogênio	3	4,04	2,01	5,17*	3	8,99*	7,16*	0,84
Época GA₃	3	1,93	2,54	1,06	3	2,21	4,42*	3,69*
NxGA₃	9	0,62	0,77	1,03	9	1,96	1,21	2,72
CV (%)		18,08	21,76	19,05		20,6	29,54	20,53
Média Geral		0,506	0,162	0,126		0,661	0,192	0,147

*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Observa-se que não houve influência significativa das épocas de aplicação de GA₃ em nenhuma das coletas realizadas, mostrando que o acúmulo de cálcio não foi influenciado por este fator, bem como sua interação com o nitrogênio não foi notada. O cálcio mostrou-se influenciado pelas doses de nitrogênio aplicadas nas coletas 2 e 4. Tal comportamento mostra-se irrelevante do ponto de vista nutricional, tendo o seu acúmulo acompanhado o crescimento da planta, chegando a 0,54019 g.planta⁻¹ (coleta 3), valores próximos aos obtidos por Alvarenga (1999) de 0,52958 g.planta⁻¹, e bem acima dos obtidos por Fernandes et al. (1971) que relataram 0,1408 g.planta⁻¹ e 0,1612 g.planta⁻¹, encontrado por Garcia (1982).

Nota-se pela Figura 40 que o comportamento das curvas de resposta do acúmulo de cálcio em função das doses de nitrogênio aplicadas é bastante coerente com as obtidas para o acúmulo de nitrogênio (Figura 36), isto devido à aplicação nas mesmas proporções de nitrogênio e cálcio pelo fertilizante utilizado.

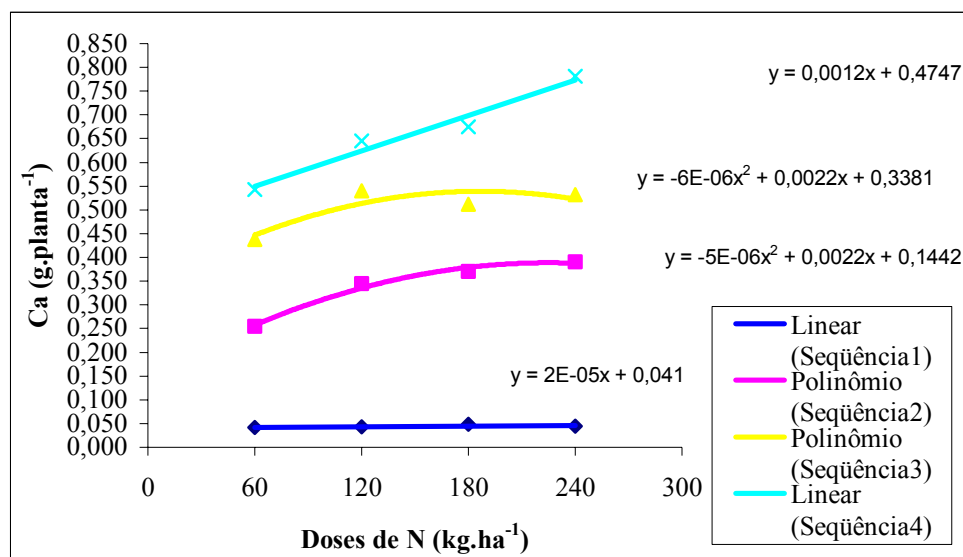


Figura 40. Acúmulo de cálcio (Ca g.planta⁻¹) em função das doses de nitrogênio, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Sequência 1; C2- Sequência 2; C3- Sequência 3; C4 – Sequência 4). Média de três repetições.

6.7.5 Magnésio

Pelos Quadros 35 e 36 pode-se notar que o acúmulo de magnésio mostrou-se influenciado significativamente pelas doses de nitrogênio aplicadas, somente na coleta 4. Isto significa que a absorção acompanhou o crescimento da planta, sem mostrar uma tendência muito bem definida ao longo do ciclo, como se observa pela Figura 41, e que após um máximo desenvolvimento vegetativo, a planta, como já discutido, mostrou uma reabsorção dos nutrientes (aqui cabe lembrar os comportamentos de todos os macronutrientes na coleta 4), invertendo, na maioria dos casos, as curvas de resposta para um maior acúmulo com a maior dose de nitrogênio aplicada.

Uma possível explicação, para o fato, é a de que à medida que houve excesso de nitrogênio apresentou-se uma maior tendência ao apodrecimento da parte aérea após o ponto comercial, sendo que, no entanto, as plantas continuaram se desenvolvendo (vide matéria fresca na quarta coleta). E a capacidade de retomada de crescimento parece ter sido maior nestas plantas que apresentaram redução na compactidade de cabeça, primeiramente. Tal

colocação pode ser reforçada pela afirmação e concordância de Silva Júnior (1991) e Bueno (1998), de que doses excessivas de nitrogênio levam a formação de cabeças pouco compactas e de baixo valor comercial.

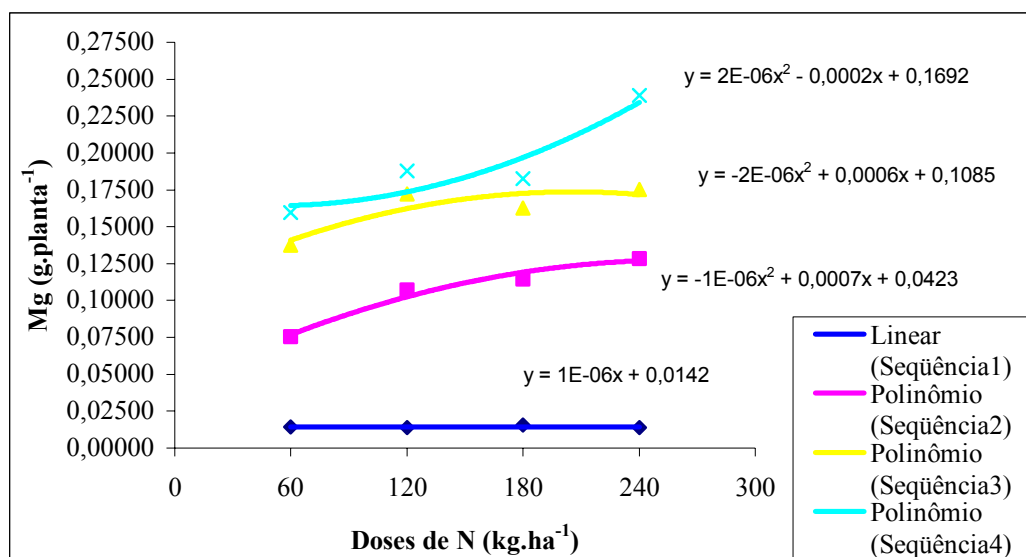


Figura 41. Acúmulo de magnésio (Mg g.planta⁻¹) em função das doses de nitrogênio, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

O efeito significativo da época de aplicação de GA₃ na coleta 4, contudo, não assume importância do ponto de vista nutricional, já que os valores do nutriente nas folhas mostraram-se adequados segundo Raij et al. (1997), mesmo sendo superiores aos 0,0347 g.planta⁻¹ obtidos por Fernandes et al. (1971), aos 0,0516 g.planta⁻¹ encontrados por Garcia (1982) e aos 0,1246 g.planta⁻¹ de Alvarenga (1999).

6.7.6 Enxofre

Os resultados das análises de variância para o acúmulo de enxofre (S g.planta⁻¹), em cada uma das coletas se encontram nos Quadros 35 e 36. O acúmulo de enxofre seguiu o padrão de absorção de nutrientes, ou seja, houve uma absorção regular do elemento

em função do crescimento da planta e acúmulo de matéria seca (Figura 42). Os valores acumulados foram bem superiores aos obtidos por Alvarenga (1999), os quais atingiram $0,09732 \text{ g.planta}^{-1}$, extrapolando, inclusive, os valores médios apontados por Raij et al. (1997) para os teores nas folhas. Tal comparação, no entanto, deve considerar que dificilmente se utiliza adubação com fontes sulfatadas, e ainda mais de forma parcelada em fertirrigação como foi usado neste experimento para suprimento de potássio, o sulfato de potássio, alcançando-se valores acumulados de enxofre de $0,11276$ a $0,13622 \text{ g.planta}^{-1}$.

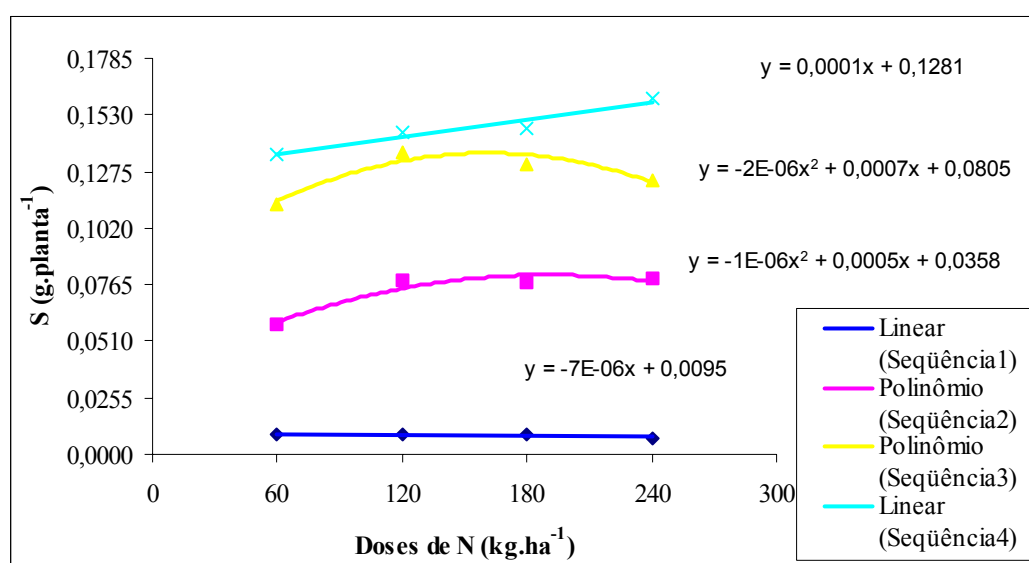


Figura 42. Acúmulo de enxofre ($S \text{ g.planta}^{-1}$) em função das doses de nitrogênio, na alface americana, nas diferentes coletas (C1- Seqüência 1; C2- Seqüência 2; C3- Seqüência 3; C4 – Seqüência 4). Média de três repetições.

Quadro 37. Médias dos acúmulos de nitrogênio (N) e fósforo (P), em g.planta⁻¹, para os efeitos principais: Parcela (Doses de N kg.ha⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de GA₃ - Dias após a semeadura), na alface americana.

Acúmulo de nitrogênio (N g.planta ⁻¹)						Acúmulo de fósforo (P g.planta ⁻¹)					
N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA	N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	0,115	0,069			0,092 a	60	0,018	0,011			0,015 a
120	0,118	0,094			0,106 a	120	0,015	0,159			0,015 a
180	0,159	0,096			0,127 a	180	0,022	0,013			0,017 a
240	0,117	0,095			0,106 a	240	0,014	0,013			0,013 a
SUBPARCELA	0,127 A	0,089 B				SUBPARCELA	0,017 A	0,013 A			
COLETA2						COLETA2					
60	0,640	0,458	0,566		0,555 b	60	0,124	0,070	0,111		0,102 b
120	0,803	0,756	0,769		0,776 a	120	0,116	0,118	0,125		0,119 ab
180	0,831	0,900	0,912		0,881 a	180	0,132	0,127	0,129		0,129 a
240	1,003	0,864	0,905		0,924 a	240	0,120	0,104	0,116		0,113 ab
SUBPARCELA	0,819 A	0,745 A	0,788 A			SUBPARCELA	0,123 A	0,105 A	0,121 A		
COLETA3						COLETA3					
60	0,827	0,950	0,741	0,786	0,826 a	60	0,164	0,159	0,158	0,187	0,167 a
120	0,819	1,069	0,894	1,008	0,947 a	120	0,169	0,167	0,177	0,197	0,178 a
180	1,017	1,274	0,844	0,793	0,982 a	180	0,190	0,199	0,154	0,147	0,173 a
240	1,017	1,191	0,927	0,977	1,028 a	240	0,137	0,157	0,154	0,163	0,153 a
SUBPARCELA	0,920 B	1,121 A	0,852 B	0,891 B		SUBPARCELA	0,165 A	0,171 A	0,161 A	0,174 A	
COLETA4						COLETA4					
60	0,825	0,814	0,808	0,717	0,791 c	60	0,183	0,170	0,204	0,171	0,182 a
120	0,796	1,160	0,836	1,069	0,965 b	120	0,162	0,204	0,148	0,254	0,192 a
180	1,013	1,013	0,844	0,871	0,935 b	180	0,237	0,206	0,164	0,170	0,194 a
240	1,136	1,366	0,975	1,030	1,127 a	240	0,210	0,228	0,174	0,170	0,196 a
SUBPARCELA	0,943 AB	1,088 A	0,866 B	0,922 AB		SUBPARCELA	0,198 A	0,202 A	0,172 A	0,191 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

Quadro 38. Médias dos acúmulos de potássio (K) e cálcio (Ca), em g.planta⁻¹, para os efeitos principais: Parcela (Doses de N kg.ha⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de GA₃ - Dias após a sementeira), na alface americana.

Acúmulo de potássio (K g.planta ⁻¹)						Acúmulo de cálcio (Ca g.planta ⁻¹)					
N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA	N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	0,220	0,188			0,204 a	60	0,051	0,033			0,042 a
120	0,197	0,205			0,201 a	120	0,046	0,040			0,043 a
180	0,267	0,184			0,226 a	180	0,055	0,041			0,048 a
240	0,169	0,178			0,173 a	240	0,043	0,042			0,045 a
SUBPARCELA	0,213 A	0,189 A				SUBPARCELA	0,049 A	0,039 A			
COLETA2						COLETA2					
60	1,489	1,205	1,555		1,416 a	60	0,285	0,219	0,259		0,254 b
120	1,704	1,661	1,993		1,786 a	120	0,325	0,352	0,357		0,345 a
180	1,782	1,714	1,916		1,804 a	180	0,357	0,394	0,359		0,369 a
240	1,670	1,659	1,737		1,689 a	240	0,394	0,368	0,411		0,391 a
SUBPARCELA	1,661 A	1,559 A	1,800 A			SUBPARCELA	0,340 A	0,333 A	0,346 A		
COLETA3						COLETA3					
60	1,984	2,141	1,977	2,104	2,052 ab	60	0,444	0,471	0,379	0,457	0,438 a
120	2,137	2,442	2,381	2,351	2,328 a	120	0,473	0,558	0,518	0,611	0,540 a
180	2,265	3,023	1,788	1,570	2,161 ab	180	0,500	0,608	0,453	0,488	0,513 a
240	1,579	1,790	1,892	1,945	1,802 b	240	0,484	0,546	0,543	0,552	0,532 a
SUBPARCELA	1,991 A	2,349 A	2,009 A	1,992 A		SUBPARCELA	0,475 A	0,546 A	0,474 A	0,527 A	
COLETA4						COLETA4					
60	2,047	1,922	2,546	1,599	2,028 a	60	0,540	0,521	0,564	0,547	0,543 b
120	2,016	2,120	1,527	2,106	1,962 a	120	0,560	0,656	0,565	0,800	0,645 ab
180	2,290	2,309	1,498	1,629	1,931 a	180	0,680	0,778	0,592	0,652	0,675 ab
240	2,255	2,654	1,543	2,138	2,148 a	240	0,840	1,004	0,673	0,610	0,782 a
SUBPARCELA	2,152 A	2,271 A	1,778 A	1,868 A		SUBPARCELA	0,655 A	0,740 A	0,598 A	0,652 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

Quadro 39. Médias dos acúmulos de Magnésio (Mg) e enxofre (S), em g.planta⁻¹, para os efeitos principais: Parcela (Doses de N kg.ha⁻¹) e Subparcela (épocas de aplicação de GA₃ - Dias após a semeadura), na alface americana.

Acúmulo de magnésio (Mg g.planta ⁻¹)						Acúmulo de enxofre (S g.planta ⁻¹)					
N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA	N (kg.ha ⁻¹)	GA ₃ 0	GA ₃ 40	GA ₃ 55	GA ₃ 70	PARCELA
COLETA1						COLETA1					
60	0,017	0,012			0,014 a	60	0,010	0,008			0,009 a
120	0,015	0,013			0,014 a	120	0,009	0,009			0,009 a
180	0,017	0,014			0,015 a	180	0,011	0,008			0,009 a
240	0,014	0,014			0,014 a	240	0,007	0,007			0,007 a
SUBPARCELA	0,016 A	0,013 A				SUBPARCELA	0,009 A	0,008 A			
COLETA2						COLETA2					
60	0,088	0,066	0,072		0,075 b	60	0,059	0,046	0,071		0,059 a
120	0,101	0,115	0,106		0,107 a	120	0,073	0,068	0,093		0,078 a
180	0,112	0,122	0,110		0,115 a	180	0,080	0,074	0,079		0,077 a
240	0,131	0,122	0,132		0,129 a	240	0,083	0,070	0,085		0,079 a
SUBPARCELA	0,108 A	0,106 A	0,105 A			SUBPARCELA	0,074 A	0,064 A	0,082 A		
COLETA3						COLETA3					
60	0,138	0,156	0,124	0,133	0,138 a	60	0,100	0,115	0,110	0,126	0,113 b
120	0,142	0,185	0,160	0,202	0,173 a	120	0,124	0,136	0,134	0,151	0,136 a
180	0,151	0,208	0,157	0,136	0,163 a	180	0,135	0,153	0,131	0,106	0,131 ab
240	0,164	0,191	0,172	0,174	0,175 a	240	0,108	0,125	0,124	0,139	0,124 ab
SUBPARCELA	0,148 A	0,185 A	0,153 A	0,162 A		SUBPARCELA	0,117 A	0,133 A	0,125 A	0,130 A	
COLETA4						COLETA4					
60	0,147	0,174	0,163	0,154	0,160 b	60	0,129	0,128	0,157	0,127	0,135 a
120	0,165	0,210	0,143	0,235	0,188 ab	120	0,136	0,144	0,114	0,188	0,145 a
180	0,179	0,251	0,132	0,168	0,183 ab	180	0,172	0,172	0,105	0,139	0,147 a
240	0,264	0,320	0,183	0,189	0,239 a	240	0,180	0,200	0,114	0,147	0,160 a
SUBPARCELA	0,189 AB	0,239 A	0,155 B	0,186 AB		SUBPARCELA	0,154 AB	0,161 A	0,123 B	0,150 AB	

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da parcela.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey no efeito principal da subparcela.

6.8 Fatores climáticos e lâmina de irrigação.

Os dados relativos às temperaturas máximas e mínimas, e evaporação do Tanque Classe “A”, durante o período do experimento, tomados a intervalos de três dias, sempre no mesmo horário (14:30 h), são apresentados nas Figuras 43 e 44, respectivamente. A evaporação máxima, nos intervalos considerados de três dias, entre as irrigações foi de 19,54 mm, a mínima de 4,61 mm e a média de todas as medidas efetuadas foi de 9,59 mm (Figura 44).

Verifica-se pela Figura 43, que os valores mínimo e máximo das temperaturas médias do ar foram de 11 e 32°C, respectivamente. O valor da temperatura média observada de 22°C, pode ser considerado como adequado para o bom desenvolvimento da cultura, visto que, segundo Filgueira (1982) e Maroto Borrego (1983), citados por Alves (1996), temperaturas amenas de até 20°C são essenciais durante toda a fase vegetativa do ciclo.

Pela Figura 45, verifica-se que o valor da lâmina de irrigação efetiva acumulada foi de 159,82 mm durante o ciclo da cultura, com uma lâmina média aplicada por gotejamento de 7,99 mm, obtida com a aplicação do nível de 0,75 da evaporação do Tanque Classe “A”.

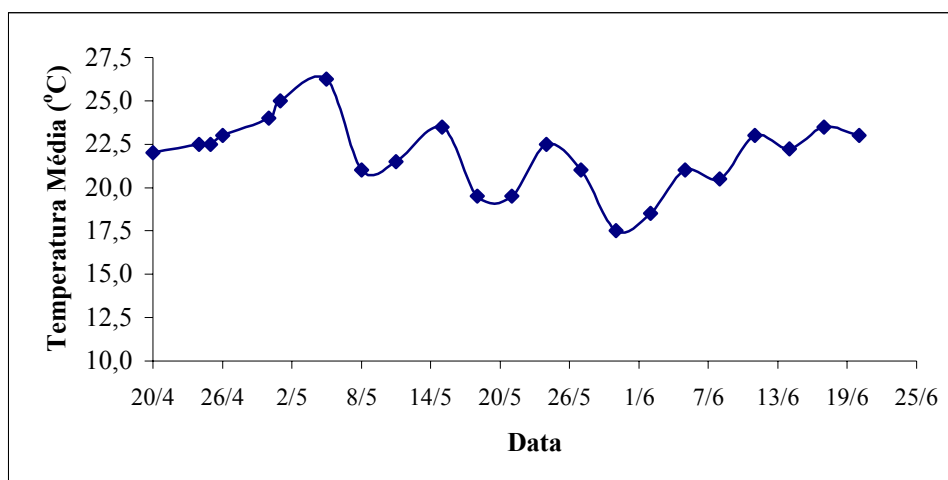


Figura 43. Valores médios diários de temperatura no período de abril a junho de 2000.

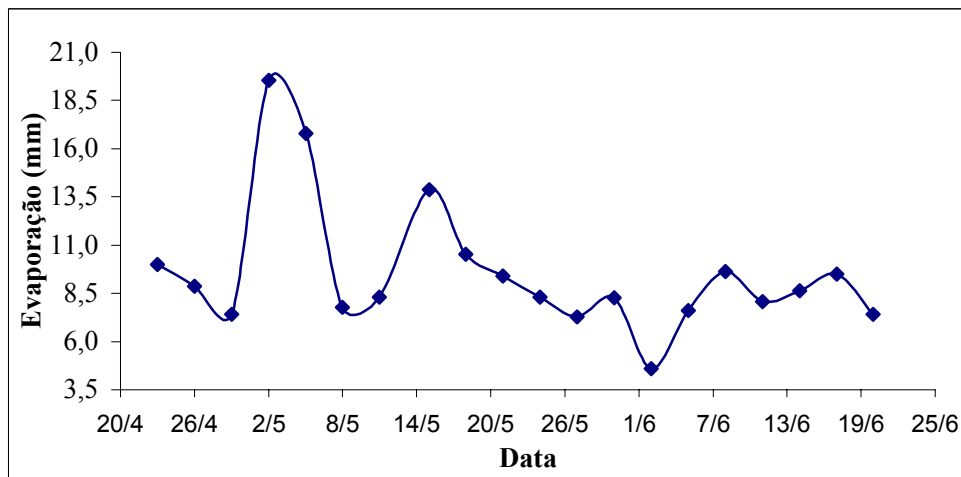


Figura 44. Valores diários de evaporação do Tanque Classe “A” no período de abril a junho de 2000.

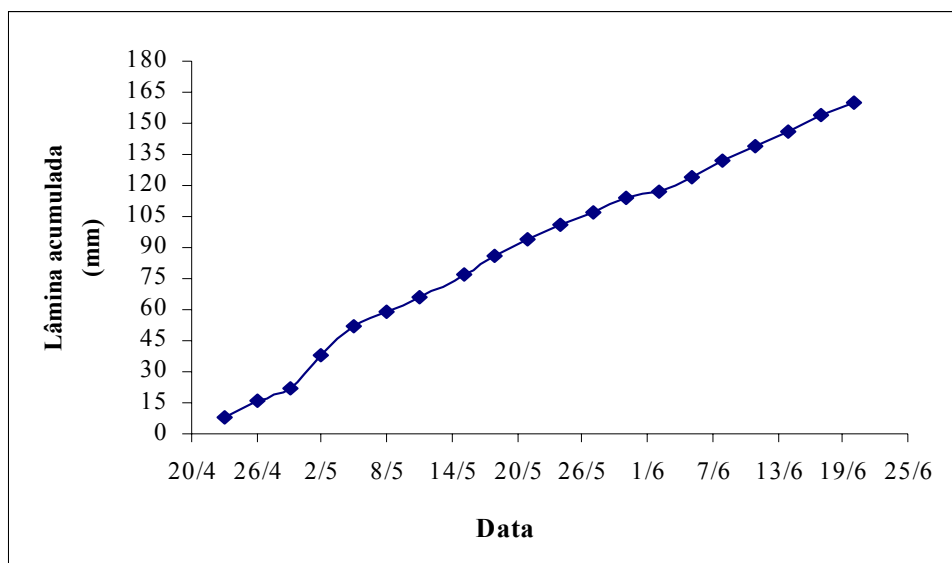


Figura 45. Lâmina de irrigação efetiva acumulada nos tratamentos no período de abril a junho de 2000.

Foram utilizados tensiômetros apenas para o monitoramento do teor de água no solo, para que essa se mantivesse próxima à capacidade de campo, sendo que as tensões não ultrapassaram a referida tensão.

6.9 Avaliação do sistema de irrigação

Os testes realizados em condições de campo, permitiram verificar que para a pressão de serviço utilizada de 60 kPa, a vazão média determinada por gotejador foi de 1,62 L.h⁻¹ quando se fazia a fertirrigação e de 1,49 L.h⁻¹ quando se irrigavam todos os canteiros simultaneamente. A uniformidade de distribuição de água do sistema de gotejamento encontrada foi de 90,37%. Keller & Karmeli (1975), no dimensionamento de um sistema de irrigação por gotejamento, o critério mais comumente aceito é o de permitir uma variação máxima de 10% na vazão dos gotejadores que funcionam simultaneamente na linha lateral. Christiansen, citado por Kalil (1992), determinou uma equação para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação. Bernardo (1989) conclui que o limite mínimo do coeficiente de uniformidade de Christiansen aceitável para o sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

Segundo Vieira (1994), os valores de uniformidade de distribuição de fertilizantes, em geral, são proporcionais aos de distribuição da água pelo sistema de irrigação. Entre outros, Ullmann & Socol (1996), citados por Alves (1996), também, encontraram valores próximos de uniformidade de distribuição de fertilizantes (93,1%) utilizando o sistema de irrigação por gotejamento, obtendo 92,35% para a distribuição de água do sistema.

7 CONCLUSÕES

O nitrogênio é extremamente importante no crescimento e acúmulo de matéria fresca na planta de alface tipo americana e pode ser usado em doses maiores quando há disponibilidade de cálcio e potássio. Tendo sido os melhores resultados alcançados com a dose de 180 kg de N. ha⁻¹.

O uso do ácido giberélico (GA₃), aos 70 DAS (dias após a semeadura) proporcionou os melhores resultados nos parâmetros relativos ao crescimento. Com base nesses resultados recomenda-se a sua aplicação quando a produção visar o mercado consumidor da planta toda, ou seja, com as folhas externas (varejo). Enquanto a época de aplicação aos 40 DAS, promoveu o desenvolvimento intenso do caule, levando a efeitos depreciativos como o acamamento das plantas, um maior número de folhas externas, e um menor acúmulo de matéria fresca, e aspecto visual rejeitável.

Houve elevado acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e os teores destes macronutrientes nas folhas foram considerados normais. O potássio recebeu concorrência do cálcio, diminuindo o acúmulo e teor na parte aérea, sem, contudo, prejudicar a produção e acusar deficiência do nutriente.

O ácido giberélico (GA₃) aplicado via foliar não contribuiu para aumentar o teor ou a quantidade absorvida dos macronutrientes em g.planta⁻¹, visto que os valores encontrados se mantiveram dentro da normalidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.M.H.; LÓPEZ, J.R.; REGALADO, A.P.; HERNANDES, J.F.G. **El riego localizado**. Tenerife, Espanha. Instituto Nacional de Investigaciones Agrária,1987. 317p. (Curso Internacional de Riego Localizado).

AGUIAR, P.A.A. Influência do ácido giberélico na produção de sementes de alface. In: **Revista Brasileira de Sementes**, v.4, n.1, p.89-95, 1982.

ALVARENGA, M.A.R. *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*. Lavras: UFLA, 1999. (Tese – Doutorado em Fitotecnia).

ALVES, D.R.B. *Efeito de adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação de forma convencional na produção de alface (Lactuca sativa L.) em estufa*. Botucatu: UNESP, 1996. (Dissertação- Mestrado em Agronomia).

ANDRADE JÚNIOR, A.S. *Manejo da irrigação na cultura da alface (Lactuca sativa L.) através do Tanque Classe A*. Botucatu: UNESP, 1994. 104p. (Dissertação – Mestrado em Irrigação e Drenagem).

- AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à Fisiologia Vegetal**. São Paulo, Nobel, 1992.177p.
- BAKKER, M.J.; SLANGEN, J.H.G.; GLAS,W. Comparative investigation into the effect of fertigation and of broadcast fertilization on the yield and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Neth. J. Agric. Sci.** v.32, p.330-333, 1984.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1987. 488p.
- BISCONER, I. Quemigation: How irrigation lines acn serve double duty. **Agricultural Engineering**. p.8-11. 1987.
- BRUCKNER, U.; et al. Investigations into cabbage lettuce. **Gemusen Muchen**. v.26, p.306-310, 1990.
- BUENO, C.R. *Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido*. Lavras: UFLA, 1998. 54p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- CARVALHO, W.A., ESPINDOLA, C.R., PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da fazenda Lageado. *Bol. Cient. Fac. Ciên. Agron. (Botucatu)*,n.1, p.1-95, 1983.
- CASTRO, P.R.C. *Efeitos de reguladores de crescimento em tomateiro (*Licopersicon esculentum* Mill.)*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1976. 148p. Tese (Doutorado – Agronomia).
- CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Tradução por Mário F. Bento Ripado. Portugal: Lixeta, s.d., 368p.
- CHAO, K.F. The effects of gibberellin on phosphorus metabolism in plants. **Acta Bot. Sin.**, v.11,p.76-72, 1963.

- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p. (Bull., 670).
- COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, F.E.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p.201-227.
- COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E. de; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, v.12, n.139, p.63-68, 1986.
- DEMATTE, J.B.I.; CASSIANO SOBRINHO, F.; MENDONÇA, J.R.; CASTELLANE,P.D.; PERECIN, D. Influência de irrigação por gotejamento e aspersão sobreo desenvolvimento e produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil-48. **Científica**, São Paulo, v.9, n.2, p.207-213, 1981.
- DIETRICH, S.M. de C. Mecanismos de ação dos reguladores de crescimento. **In: FERRI, M.G. Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v.2, p.213-29.
- DONG, C.N.; ARTECA, R.N. Changer in photosynthetic rates and growth follwing root treatment of tomato plants with phyto-hormones.**Photo. Research Veg. Temp. Trop. And greenhouse**. v.3, p.45-52, 1982.
- FARIA, M.A. de; REZENDE, F.C. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade - irrigação na cafeicultura**. **In: Curso de especialização “Lato Sensu” por Tutoria à Distância**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997, 112p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**. São Paulo: Ceres, 1982. 357p.
- FRIZZONE, J.A.; et al. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Botetim Técnico 2).

- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A.E. (Coord.) **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.
- 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.
- FURLANI, P.R. Introduções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT. Campinas: Instituto Agrônômico. 1997. 30p. (**Boletim Técnico**).
- GARCIA, L.L.C. *Absorção de macro e micro nutrientes 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).
- GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; NETO, V.D. Nutrição mineral de hortaliças. Deficiências de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil-48 e Clause's Aurélia. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz: USP**, v.39, p.349-362, 1982.
- 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 Clause's Aurélia. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz: USP**, v.39, p.455-484, 1982.
- GASTALDI, C.R.; SUTTON, B.G. Optimizing nitrogen fertilization of vegetable crops by drip irrigation. **Acta Hort. Wageningen**, n.247, p.217-221. 1989.
- GLOBERSON, D. & VENTURA, J.; Influence of gibberellins on promoting flowering and seed yield in bolting-resistant lettuce cultivars. **Israel Journal of Agricultural Research** 23, 75-77p., 1973.

- GOMES, T.M. *Fertirrigação com diferentes doses de uréia e seu efeito na cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. Botucatu: UNESP, 1998. 73p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).
- GORNAT, B.; GOLDEBERG, D.; RIMON, D.; BEM-ASHER, J. The physiological effect of water quality and method of application on tomato, cucumber, and pepper. **Journal American Society Horticultural Science**, USA, v.98, n.2, p.202-205, 1973.
- GOTO, R. A cultura da alface. In: GOTO, R., TIVELLI, S.W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: UNESP, 1998. p.137-59
- HERNANDEZ, F.B.T. Potencialidades da fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. **Fertilizantes líquidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 215-225.
- HESS, D. **Plant Physiology**. New York. Springer-Verlag, 1978. 333p.
- JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHULBACK, K. **Iceberg lettuce production in California**: Disponível: <http://www.vegetablecrops.udavis>. consultado 30 abril de 1997.
- JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 447p.
- JÚNIOR, C.R. *Evapotranspiração da alface (Lactuca sativa L.) em estufa plástica e ambiente natural*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991, 78p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola).
- JUPE, S.C.; SCOTT, I.M. Gibberellin and the prógene suppress peroxidase activity in elongating tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) stem tissues. **Ann. Bot. (LOND)**, v.69, p.33-37, 1992.

- KALIL, A.J.B. *Comparação entre adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e a aplicação convencional na produtividade da alface (Lactuca sativa L.)*. Viçosa: UFV, 1992. 60p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola).
- KLAR, A.E. *A influência do solo e do clima nas necessidades hídricas da cultura da cebola*. Botucatu: UNESP, 1974. 171p. (Teses – Livre Docência).
- KOCHANKOV, V.G.; ZHIVUKHINA, E.A.; BORKOWSKI, J.; GORECKI, R.; JANKIEWICZ, L.S. Effect of gibberellic acid on growth, flowering and seed proction in crisphead lettuce (*Lactuca sativa L.*). **Folia Horticulturae**, n.8, v.1, p.11-8, 1996.
- LAURA, V.A.; LIMA, M.S.; VERDIAL, M.F.; CARDOSO, A.I.I.; CHAVES, F.C.M. Uso do ácido giberélico (GA₃) na produção de sementes de alface. In: **Horticultura brasileira**. Julho, 2000. v.18, p.1034-35.
- LISBÃO, R.S.; NAGAI, H.; TRANI, P.E. Instruções agrícolas para o estado de São Paulo. In: **B. Inst. Agron.** Campinas: Instituto Agrônômico, n.200, 1994. p.11-12 .
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; SILVA, W.L.C. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 71p.1996.
- MARTINEZ, M. Plástico: produtividade e solo protegido. **Manchete Rural**, n.33, p.76-80, Dez. 1989.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MAKISHIMA, N. Fatores que influenciam a eficiência dos nutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) na produção de hortaliças. **Ver. Oleric**. v.11, p.89, 1971.

- McPHARLIN, I.R.; AYLMORE, P.M.; JEFFERY, R.C. Nitrogen requirements of lettuce under sprinkler irrigation and trickle fertigation on a spearwood sand. **Journal of Plant Nutrition**.
- MOLL, C.; JONES, R.L. The role of cotyledon factors in gibberellic acid-enhanced elongation of lettuce seedling hypocotyls. **Plant. Sci. Lett.**, v.34, p.283-294, 1984.
- MORRIS, D.A.; ARTHUR, E.D. Invertase activity carbohydrate metabolism and cell expansion in the stem of *Phaseolus vulgaris* L. **J. Exp. Bot.**, v.36, p.623-3, 1985.
- MOTA, J.H. *Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido*. Lavras: UFLA, 1999. 46p. Dissertação (Mestrado - Fitotecnia).
- NADAL, R.; GUIMARÃES, D.R.; BIASI, J. **Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos**. Florianópolis: EMPASC, 1986, 187p.
- 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.
- OLITTA, A.F.L. **Os Métodos de irrigação**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981.267p.
- PAIR, C.H.; HINZ, W.W.; REID, C.; FROST, K.R. **Sprinkler irrigation**. Silver Spring: Sprinkler Irrigation Association, 1975. 610p.
- PELÚZIO, J.B.E. *Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em casa de vegetação com seis níveis de água e cobertura do solo com seis filmes coloridos de polietileno*. Viçosa: UFLA, 1992. 102p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- PHINNEY, B.O. Gibberellins as native Plant Growth Regulators. **Ann. Ver. Plant Physiol.**, Palo Alto, v.11, p.411-437, 1960.

- PINTO, J.M.; SOARES, J.M. **Fertirrigação**: a adubação via água de irrigação. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1990. 16p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos, 70).
- PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T. Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada. **Boletim de Pesquisa**, n.41. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1991. 24p.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid, Espanha: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- RAIJ, B. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Boletim Técnico 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997. 285p.
- RESENDE, G.M. *Influência do Nitrogênio e paclobutrazol na cultura do alho (Allium sativum L.) cv. "Quitéria"*. Lavras: ESAL, 1992. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- 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.1035-39, agosto. 1995.
- RODRIGUES, D.S. *Aplicação de fertilizantes via solo, foliar e fertirrigação afetando extração e concentração de nutrientes em tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.) em estufa*. Piracicaba: ESALQ, 1996. 78p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- RYDER, E.J.; WHITAKER, T.N. Lettuce In: **Evolution of crop plants**. New York: Longman Group Limited, p.39-41, 1976.
- SAAD, J.C.C.; SCALOPPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para a estimativa da evapotranspiração potencial. In: CONGRESSO NACIONAL DE

- IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988, v.2, p.999-1021.
- SANCHEZ, C.A.; EL-HOUT, N.M. Response of diverse lettuce types to fertilizer phosphorus. **HortScience**, v.30, n.3, p.528-531, 1995.
- SAN JUAN, J.A.M. **Riego por goteo: teoria e prática**. Madrid: Mundi-Prensa, 1985. 216p.
- SGANZERLA, E. **Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 2 ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1990. 303p.
- SGANZERLA, E. **Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5 ed. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 1995. 341p.
- SILVA, E.C. de; LEAL, N.R. **Manejo de estufas**. Rio de Janeiro: UENF, 1997. 17p. (Boletim Técnico, 2).
- SILVA JÚNIOR, A.A. Efeito da adubação mineral e orgânica em repolho. **Agropecuária Catarinense**, v.4, n.1, p.53-57, mar. 1991.
- SIMÃO, S.; WHITAKER, N. Ação do ácido giberélico em cultura de alface (*Lactuca sativa* L.). **Ver. Agric.**, v.2, p.117-24, 1965.
- SINGH, K.; SAIMBHI, M.S. Responses of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to plant growth regulators sprays. **J. Res. Indhiana**, v.4, p.382-7, 1967.
- SLANGEN, J.H.G.; TITULAER, H.H.H.; GLAS, W. The importance of fertigation for the improvement of N-fertilizer use efficiency in lettuce culture. **Acta Horticulturae**, n.222, p.135-146. 1988.

- SONNENBERG, P.E. *Olericultura especial*. 5 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1985. v.1, 187p.
- SRIVASTAVA, L.M.; SAWHNEY, V.K. Wall fibrils and microtubules in normal and gibberellic-acid-induced growth of lettuce hypocotil cells. **Can. J. Bot.**, v.53, p. 824-35, 1975.
- TAKAZAKI, P.E.; DELLA VECHIA, P.T. Problemas nutricionais e fisiológicos no cultivo de hortaliças em ambiente protegido. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.481-487.
- TEKINEL, O.; ÇEVİK, B. Recent development in greenhouse crop irrigation in the Mediterranean Region. **Acta Horticulturae**, n.366, p. 353-364, 1994.
- VIEIRA, D.B. Perspectivas do sistema de irrigação por gotejamento em São Paulo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3, Fortaleza, 1975. **Anais...** Fortaleza, 1975, p.31-33.
- VIEIRA, R.F. Introdução a quimigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. EMBRAPA- SPI, 1994. 315p.
- VITTI, G.C.; BOARETO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fontes de fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/CENA, POTAFOS, 1993, p.233-256.
- VITTI, G.C.; BOARETO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETO, A.E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos**, Piracicaba: Potafos, 1994. p. 261-281.

- WASCMAN, M. A importância do plástico na produção agropecuária brasileira. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, I, Jaboticabal, 1989. **Anais...** Jaboticabal: UNESP/FUNEP, 1989, p.21-28.
- YURI, J.E. *Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais*. Lavras: UFLA, 2000. 51p. Dissertação (Mestrado - Fitotecnia).
- ZANIN, A.C.W.; MOTA, I.F. Efeito de fontes e épocas de aplicação de nitrogênio na produção e qualidade de semente de quiabeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.167-169. 1995.
- ZANINI, J.R. Distribuição de água e do íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento.(Parte I – Formação do bulbo molhado). **ÍTEM**. V.45, p.13-24, 1991.
- ZANINI, J.R. *Hidráulica da fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora*. Piracicaba: USP, 1987. 103p. (Dissertação – Doutorado).
- ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MÜLLER, J.J.V. e CASALI, V.W.D. **Seminários de Olericultura**, 2^a ed. Viçosa, MG, 1982. V.I, 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.
- ZUKOVA, R.A. The effects of gibberellin on some vegetable and folder crops in the Artic region. **Bjull. Glav. Bot. Sada.**, v.46, p.100-5, 1962.