

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

**FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA ALFACE  
AMERICANA (*Lactuca sativa* cv. Lucy Brown) EM AMBIENTE  
PROTEGIDO.**

**CRISTIANE LEITE ANTUNES**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP  
Janeiro de 2005

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

**FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA ALFACE  
AMERICANA (*Lactuca sativa* cv. Lucy Brown) EM AMBIENTE  
PROTEGIDO.**

**CRISTIANE LEITE ANTUNES**

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP  
Janeiro de 2005

Aos meus queridos pais, *João Batista e Mariazinha*  
por todo amor, dedicação e renúncia ao longo de toda a minha vida,  
aos meus queridos sogros *Benedito e Maria Aparecida* pelo apoio, carinho e auxílio em  
todos os momentos,

**Ofereço.**

Às minhas queridas filhas e especiais amigas,  
*Beatriz e Isabella,*  
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 tese.

**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 – UNESP, pela oportunidade concedida para a realização deste curso e do trabalho de tese.

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

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas pela co-orientação, sugestões e ensinamentos sobre Fertilização no decorrer do Doutorado.

Ao Engenheiro Agrícola, Fabrício Leite, Mestre em Agronomia, pela realização dos trabalhos de campo e efetiva co-autoria nesta tese.

Ao Reginaldo Barboza Silva, Pós Doctor em Agronomia, pela análise estatística.

Ao Gilberto, Adão e Israel funcionários do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, que contribuíram na execução do trabalho.

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 Góes e José Carlos Coelho.

Aos meus queridos irmãos e seus cônjuges por não me deixarem sozinha nos momentos de incerteza. E aos colegas de trabalho pelo incentivo e apoio, especialmente às amigas Bel e Salete.]

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

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE QUADROS. ....	VII
LISTA DE FIGURAS. ....	X
1. RESUMO. ....	1
2. SUMMARY. ....	3
3. INTRODUÇÃO. ....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA. ....	7
4.1 Cultivo em Ambiente Protegido. ....	7
4.2 Irrigação. ....	10
4.2.1 Irrigação por gotejamento. ....	12
4.3 Fertirrigação. ....	14
4.3.1 Fertirrigação em alface. ....	20
4.4 A cultura da alface. ....	23
4.4.1 Alface Americana. ....	25
4.5 Efeito do Potássio. ....	26
4.6 CE – Condutividade Elétrica. ....	29
5. MATERIAL E MÉTODOS. ....	32
5.1 Localização do experimento. ....	32
5.2. Características e condução da cultura. ....	36
5.3. Equipamento e manejo da fertirrigação. ....	37
5.3.1 Avaliação do sistema de irrigação. ....	40
5.3.2 Fatores climáticos e lâmina de irrigação. ....	40
5.4. Delineamento experimental. ....	43
5.5. Parâmetros avaliados. ....	43
5.5.1 Condutividade elétrica. ....	43
5.5.2. Matéria Fresca Aérea Total. ....	44
5.5.3. Matéria Fresca Aérea comercial (padrão verduras e supermercados). ....	44
5.5.4. Número de Folhas Externas. ....	44

5.5.5. Comprimento e largura médios das folhas externas. ....	45
5.5.6. Características da “cabeça”. ....	45
5.5.7. Diâmetros longitudinal e transversal da “cabeça”. ....	45
5.5.8. Qualificação visual da compacidade da “cabeça”. ....	45
5.5.9. Diâmetro e comprimento do caule. ....	46
5.5.10. Matéria seca aérea total. ....	46
5.5.11. Capacidade de conservação da “cabeça” (Tempo de prateleira). ..	46
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....	47
6.1 Condutividade elétrica do extrato saturado (CEs). ....	47
6.2. Matéria fresca aérea total. ....	49
6.3. Matéria fresca aérea comercial. ....	55
6.4. Matéria seca aérea total. ....	58
6.5. Número de Folhas Externas. ....	61
6.6. Comprimento e Largura Médios da Folha Externa. ....	64
6.7. Características da “Cabeça”. ....	67
6.8. Diâmetro longitudinal e Diâmetro transversal da “cabeça”. ....	71
6.8.1. Diâmetro longitudinal da “cabeça”. ....	71
6.8.2. Diâmetro transversal da “cabeça”. ....	73
6.9. Altura e diâmetro do caule. ....	75
6.9.1. Altura do caule. ....	75
6.9.2. Diâmetro do caule. ....	78
6.10. Volume e densidade da “cabeça”. ....	81
6.10.1. Volume da “cabeça”. ....	81
6.10.2. Densidade da “cabeça”. ....	84
6.11. Qualificação da compacidade da “cabeça”. ....	86
6.12. Capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira. ....	90
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS. ....	93
8. CONCLUSÕES. ....	94
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1. Características físicas do solo utilizado como substrato para enchimento dos vasos da área experimental. . . . .	32
2. Características químicas do solo utilizado como substrato para enchimento dos vasos da área experimental. . . . .	33
3. Análises química e física do esterco de curral utilizado, sendo os resultados apresentados no material seco a 110 <sup>0</sup> C. . . . .	35
4. Análise de regressão para a condutividade elétrica do extrato saturado do solo medida ao longo do ciclo da cultura alface americana cv. ‘Lucy Brown’ sob cultivo em ambiente protegido e em vasos. . . . .	48
5. Análise de Variância da matéria fresca aérea total (MFAT) na alface americana. . . . .	50
6. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para a matéria fresca aérea total (MFAT) na alface americana. . . . .	52
7. Análise de variância do parâmetro matéria fresca aérea comercializável (MFAC) da alface americana. . . . .	55
8. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro matéria fresca aérea comercial (MFAC) na alface americana. . . . .	56
9. Análise de variância do parâmetro matéria seca (MS) em gramas na alface americana. . . . .	59
10. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para a matéria seca (MS) na alface americana. . . . .	60
11. Análise de variância do parâmetro número de folhas externas (NFE). . . . .	62
12. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro número de folhas externas (NFE). . . . .	63

13. Análise de variância do parâmetro comprimento médio de folha externa (cm). . . . .	65
14. Análise de variância do parâmetro largura média de folha externa (cm). . . . .	65
15. Análise de variância da cabeça comercial (g) da alface americana. . . . .	68
16. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro “cabeça”. . . . .	69
17. Análise de variância do parâmetro diâmetro longitudinal (DL) da “cabeça” da alface americana. . . . .	72
18. Análise de variância do parâmetro diâmetro transversal (DT) da alface americana. . .	73
19. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro diâmetro transversal (DT). . . . .	74
20. Análise de variância do parâmetro altura do caule (AC) da alface americana. . . . .	76
21. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro altura do caule (AC) da alface americana. . . . .	77
22. Análise de variância do parâmetro diâmetro caule (DC) da alface americana. . . . .	79
23. Análise de variância do desdobramento de fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) dentro de cada manejo utilizado para o parâmetro diâmetro do caule (DC). . . . .	79
24. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro diâmetro do caule (DC). . . . .	80
25. Análise de variância do parâmetro volume “cabeça” (cm <sup>3</sup> ) da alface americana. . . . .	82
26. Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o volume “cabeça” (cm <sup>3</sup> ) da alface americana. . . . .	83
27. Análise de variância do parâmetro densidade “cabeça” (mg.cm <sup>-3</sup> ) da alface americana. . . . .	84

28. Análise de variância do parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça” (escala de notas atribuídas de 0 a 5). . . . . 88
29. Análise de variância do desdobramento de fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça” (escala de notas atribuídas de 0 a 5) da alface americana. . . . . 89
30. Análise de regressão para a capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira (horas) medida após a colheita da cultura alface americana cv. ‘Lucy Brown’ no ponto comercial. . . . . 91

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Panorâmica da estufa e visão do Tanque Classe A e posto de coleta de temperaturas. . .	34
2. Detalhe do “canteiro” de vasos e manômetro tipo Bourbon com glicerina. . . . .	34
3. Detalhe do tubo gotejador do tipo “Queen Gil” e sua posição no vaso durante irrigação na muda de alface americana. . . . .	35
4. Detalhe da alface americana ( <i>Lactuca sativa</i> L) tipo híbrido denominada comercialmente de “Lucy Brown”. . . . .	36
5. Valores máximos e mínimos diários de temperatura no período de setembro a novembro de 2004. . . . .	41
6. Valores diários de evaporação do Tanque Classe “A” no período de setembro a novembro de 2004. . . . .	42
7. Lâmina de irrigação efetiva acumulada (mm) nos tratamentos no período de setembro a novembro de 2004 com um parcelamento após o transplante sob um turno de rega de 3 dias. . . . .	42
8. Curvas de regressão para a Condutividade Elétrica extrato saturado do solo medida ao longo do ciclo da cultura da alface americana cv. ‘Lucy Brown’ sob cultivo em ambiente protegido e em vasos na alface americana. . . . .	48
9. Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade para o parâmetro MFAT (g) - matéria fresca aérea total, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . .	52
10. Fotos representativas das parcelas para o parâmetro matéria aérea fresca total onde: (SKC = sulfato de potássio convencional), (SKF = sulfato de potássio fertirrigado), (CKC = cloreto de potássio convencional), (CKF = cloreto de potássio fertirrigado), (NKC = nitrato de potássio convencional) e (NKF = nitrato de potássio fertirrigado). .	54
11. Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro MFAC (g) – matéria fresca aérea comercial, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado na alface americana. . . . .	57

12. Detalhe do aspecto de uma planta de alface americana cv. ‘Lucy Brown’ pronta para a comercialização. . . . . 58
13. Análise de variância do desdobramento da interação fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) x manejo utilizado para o parâmetro matéria seca aérea total (MS) em gramas na alface americana. . . . . 61
14. Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro NFE - número de folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 64
15. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro comprimento médio das folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 66
16. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro largura média das folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 67
17. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro cabeça (g), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 69
18. Fotos representativas das parcelas para o parâmetro cabeça onde: (SKC = sulfato de potássio convencional), (SKF = sulfato de potássio fertirrigado), (CKC = cloreto de potássio convencional), (CKF = cloreto de potássio fertirrigado), (NKC = nitrato de potássio convencional) e (NKF = nitrato de potássio fertirrigado). . . . . 70
19. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro longitudinal da “cabeça” (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 72
20. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro transversal da “cabeça” (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . . 75

21. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro altura do caule (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . .	78
22. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro do caule (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . .	80
23. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro volume da “cabeça” ( $\text{cm}^3$ ), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado. . . . .	83
24. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro densidade da “cabeça” ( $\text{mg.cm}^{-3}$ ), para cada fertilizante potássico utilizado dentro da fonte de variação manejo na alface americana. . . . .	85
25. Notas atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown). Fotos tiradas após a coleta dos dados de tempo de prateleira (168 horas). . . . .	87
26. Notas 4 e 3 atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown). . .	87
27. Notas 2 e 1 atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown). . .	88
28. Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça”, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado na alface americana. . . . .	90
29. Curvas de regressão para a capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira (horas) da cultura da alface americana cv. ‘Lucy Brown’. . . . .	91

## 1. RESUMO

Foi conduzido um experimento no Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP, Campus de Botucatu – SP, o qual teve por objetivo avaliar fontes de potássio em cobertura, aplicadas via água de irrigação (fertirrigação) e no manejo convencional (adubo sólido sobre a terra), na alface americana (*Lactuca sativa* L) cv. ‘Lucy Brown’, sob ambiente protegido. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com fatorial 3 x 2, e 5 repetições, em vasos nos quais foram transplantadas as mudas, que receberam os seguintes tratamentos: SK1- sulfato de potássio em fertirrigação, SK2- sulfato de potássio convencional, CK3- cloreto de potássio em fertirrigação, CK4- cloreto de potássio convencional, NK5- nitrato de potássio em fertirrigação, NK6- nitrato de potássio convencional, utilizando-se a dose calculada para elevar o teor de K no solo para 3 mmol de K.dm<sup>-3</sup>. Os tratamentos receberam dosagem fixa de 180kg.ha<sup>-1</sup> de N, na forma de nitrato de cálcio, que foi dividida em 8 aplicações de cobertura, enquanto o parcelamento da adubação potássica se realizou em 16 aplicações para os tratamentos SK1; CK3 e NK5 e em 4 aplicações de cobertura (0, 15, 30, 45 dias, após o transplante) para os tratamentos SK2; CK4 e NK6. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento e o manejo foi realizado em função da reposição de 75% da evapotranspiração do tanque Classe A. Não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas para os parâmetros relativos à produção, apenas para a qualificação da compacidade da “cabeça”, tendo o nitrato de potássio apresentado tendência de superioridade das médias. Houve diferença significativa para o manejo da adubação

empregado com superioridade da fertirrigação para todos os parâmetros avaliados, tendo o cloreto de potássio apresentado diferença significativa para a maioria dos desdobramentos das médias de parâmetros de produção dentro dos manejos empregados. Houve interação significativa para parâmetros matéria seca e diâmetro do caule apresentando tendência de superioridade entre as médias para as fontes decrescente:  $NK > CK > SK$ . O sulfato de potássio aplicado sob manejo convencional gerou incrementos em parâmetros indesejáveis para o processamento industrial (número de folhas externas e altura do caule). A condutividade elétrica no extrato saturado (CEs) e o tempo de prateleira apresentaram resposta linear para o tempo, significativa a 1% de probabilidade, para todas as fontes e em todos os manejos, tendo o nitrato de potássio sob fertirrigação mostrado as menores CEs acumuladas e as menores perdas de peso ao longo do tempo. O experimento aponta para a escolha da fonte potássica baseada na minimização dos custos. Valendo a ressalva que a melhor condução para cultivos sucessivos e a otimização da produção deva levar em consideração a possibilidade de rotação entre as fontes utilizadas para que se evite o acúmulo de sais desfavoráveis à cultura, além do melhor balanceamento de nutrientes conforme os íons acompanhantes.

SOURCES AND APPLICATIONS MODES OF POTASSIUM IN THE CRISPHEAD LETTUCE (*Lactuca sativa* cv, Lucy Brown) UNDER PROTECTED ATMOSPHERE. Botucatu, 2004. 100p. Thesis (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP.

**Author: Cristiane Leite Antunes**

**Adviser: Antônio de Pádua Sousa**

## 2. SUMMARY

An experiment was carried in the Department of Rural Engineering FCA/UNESP, Campus of Botucatu - SP, which had for objective to evaluate potassium sources in covering, applied through drip fertigation and in the conventional method (side-dress each 15 days), in the crisphead lettuce (*Lactuca sativa* L) cv. ' Lucy Brown ', under protected atmosphere. The experimental drawing was complete randomized in a factorial scheme 3 x 2 and 5 repetitions, in vases us which the mute persons were transplanted, that received the following treatments: SK1 - potassium sulfate in fertirrigação, SK2 - sulfate of conventional potassium, CK3 - potassium chloride in fertirrigação, CK4 - chloride of conventional potassium, NK5 - potassium nitrate in fertirrigação, NK6 - nitrate of conventional potassium, the dose calculated to elevate the text of K in the soil for 3 mmol of  $K \cdot dm^{-3}$  being used. The treatments received fixed doses of 180  $kg \cdot ha^{-1}$  of N, in the form of nitrate of calcium, that was divided in 8 covering applications, while the parceling of the adubation potassium took place in 16 applications for the treatments SK1; CK3 and NK5 and in 4 covering applications (0, 15, 30 and 45 days after the transplant) for the treatments SK2; CK4 and NK6. The used irrigation system was for leak and the handling was accomplished in function of the replacement of 75% of tank class A of the evapotranspiration. There was not significant difference among the sources of fertilizer potassium used for the relative parameters to the production, just for the qualification of the compactness of the " head ", tends the nitrate of potassium presented tendency of superiority of the averages. There was significant difference for the adubation employee's handling with superiority of the fertigation

for all the appraised parameters, tends the chloride of potassium presented significant difference inside for most of the unfolding of the averages of production parameters of the handlings employees. There was significant interaction for the parameters matter it evaporates and diameter of the stem presenting superiority tendency among the averages for the decreasing sources: NK > CK > SK. The sulfate of potassium applied under conventional method generated increments in undesirable parameters for the industrial processing (number of external leaves and height of the stem). The electric conductivity in the saturated extract (ECs) and the time of shelf presented lineal answer for the time, significant at 1% of probability, for all the sources and in all the handlings, tends the potassium nitrate under shown fertigation smallest accumulated ECs and the smallest weight losses along the time. The experiment points for the choice of the source potassium based on the minimization of the costs. Being worth the proviso that the best conduction for the successive cultivations and the customized of the production should take in consideration the rotation possibility among the used sources so that the accumulation of unfavorable salts is avoided to the culture, besides the best balanced of nutrients according to the accompanying ions.

---

**Keywords:** fertigation, fertilizer potassium, Crisphead lettuce.

### **3. INTRODUÇÃO**

No final da década de 90 o cenário da modernização da agricultura brasileira refletia produtores cada vez mais preocupados em maximizar a produção e minimizar custos seja através da utilização de tecnologias de produção ou logística da distribuição. Já no século XXI, existe uma tendência latente do produtor de hortaliças pela especialização na produção, diversificação e adoção de tecnologias de ponta, tornando-o mais exigente em relação às tecnologias de irrigação, de produção e outras tecnologias aplicáveis (ANTUNES, 2001).

Num contexto que hoje se apresenta com a franca aceitação de técnicas avançadas de irrigação, adubação e armazenamento e com o tratamento, no mercado financeiro, do produto agrícola como commodities, em geral, a qualidade do produto passa a ser a característica da diferenciação entre os produtores.

A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida, como se faz para a produção. O padrão de qualidade depende da finalidade pela qual a planta ou parte dela é utilizada (MENGEL E KIRKBY, 1987).

Muitos fatores contribuem para limitar a quantidade e qualidade da produção de hortaliças. Ultimamente, tem-se desenvolvido bastante o cultivo de hortaliças, dentre elas a alface, no interior de túneis e estufas plásticas, com a finalidade de anular os efeitos adversos do clima (geadas, vento, granizo, etc.), tornando possível a exploração da cultura em épocas pouco comuns de cultivo, possibilitando a obtenção de produção na

entressafra e a oferta de um produto de melhor qualidade, conseqüentemente de preço mais elevado (SGANZERLA, 1990 e PELÚZIO, 1992).

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 .

Segundo Colosso (1997), citado por Mota (1999), toda a produção comercial de alface americana produzida na região de Lavras, Sul de Minas Gerais, tem mercado garantido pela empresa McDonald's, uma multinacional que atua na área de "fast food". A empresa obteve, no ano de 1996, um faturamento, em todo o mundo, estimado em US\$ 690 milhões e atendeu 270,9 milhões de pessoas. Segundo o mesmo autor, nos próximos anos, o número de lojas no Brasil será duplicado, requerendo uma maior produção de alface americana

Dentre os nutrientes minerais o potássio é o mineral mais exigido pela alface (Garcia et al., 1982), e proporciona os seguintes benefícios: aumento da resistência ao ataque de pragas e doenças; maior conversão do nitrogênio em proteínas, aumentando a biomassa; ativando diversos processos enzimáticos; maior translocação de carboidratos; promove a eficiência do uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos.

Levando-se em conta a importância alimentar das hortaliças, seu custo de produção e seu elevado valor econômico, explicita-se a necessidade de uma pesquisa agrícola apta a oferecer sistemas de produção aos agricultores economicamente viáveis, que propiciem aumentos significativos de produtividade diminuindo os riscos.

Com o intuito de verificar uma possível interação entre a fonte de potássio aplicada, o manejo da aplicação e a qualidade da produção obtida de alface (*Lactuca sativa* L.) do tipo americana, cv. Lucy Brown, em cultivo protegido, e assim determinar a melhor fonte de potássio avaliando sua interação com a fertirrigação, e seus efeitos na condutividade elétrica, na produtividade e na qualidade da produção foi conduzido um estudo na Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Campus de Botucatu-SP.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Cultivo em Ambiente Protegido**

Até meados da década de 70, devido a baixa tecnologia utilizada, os custos de produção eram baixos e o importante era produzir, e para produzir mais, bastava aumentar a área plantada. Com a expansão urbana, as áreas de produção olerícola deslocaram-se para regiões mais distantes dos centros consumidores e isso, associado à crise do petróleo, aumentou os custos de transporte e comercialização (RODRIGUES, 1996).

Assim, a moderna agricultura tem toda sua origem e sua evolução fundamentadas na necessidade de alcançar produtividades cada vez maiores. Para tanto, foi necessário criar condições mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas: adubos, defensivos, melhoria genética, irrigação, etc. Já nos anos 80, com o surgimento da mecanização intensiva, implementos modernos, novos defensivos, utilização de sementes híbridas, falta de mão-de-obra e uma política econômica instável e pouco favorável para a produção agrícola, os custos de produção elevaram-se ainda mais. O produtor viu-se obrigado, portanto, a produzir com alta produtividade. Então, na década de 90, além do constante aumento do custo de produção, o mercado tornou-se mais competitivo e, o produtor, para obter uma remuneração mais digna pelo seu produto viu-se obrigado além de produzir com alta produtividade, a atingir também excelente qualidade, possibilitada pela utilização de novas tecnologias de produção (YOSHIMURA et al. s.d.).

Entretanto, restava-lhe ainda o controle da adversidade do clima (geada, granizo, insolação e chuva em demasia) o que restringia o aproveitamento das terras deixando-as ociosas por longos períodos do ano (veranico, inverno, etc.). Neste contexto começaram a se realizar as primeiras tentativas de controlar o ambiente das plantas com a utilização do plástico na agricultura.

A origem e o desenvolvimento das casas de vegetação ocorreu 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, devido 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 60000 ha a área coberta por estufas e no ano de 1980, aproximadamente 80000 ha, nos principais países (Rodrigues, 1996). Takazaki & Della Vecchia (1993), estimaram o consumo mundial de filme plástico agrícola, em aproximadamente 1250000 t/ano. Sendo que, segundo Wascman (1989), Israel é o país em que a área coberta com plástico atingiu o maior índice demográfico: 20 m<sup>2</sup>/habitante, e ainda é o lugar onde a agricultura está altamente dependente do cultivo protegido apresentando altos índices de produtividade.

Vooren et al. (1986), afirmam que, comparado com o campo, uma das principais características da produção em estufas é o controle do crescimento pela manipulação do clima.

Outro aspecto que favorece o cultivo protegido, é que o plantio apenas nas épocas favoráveis, quando se não ocorrer nenhum imprevisto, permite que todos os agricultores plantem e conseqüentemente cheguem junto ao mercado, ocasionando uma baixa

nos preços, podendo muitas vezes o preço de custo da cultura ultrapassar o seu preço de venda. Com o aumento do plantio em ambiente protegido, a oferta do produto tem se mantido estável, não havendo oscilações bruscas (BUENO, 1998).

Yoshimura et al.(s.d.), citam que no Brasil a cultivo protegido teve um grande impulso com a produção de hortaliças que ganhou ênfase em meados da década de 80, com a introdução do sistema de produção de mudas em bandejas de isopor. Entretanto, em razão da tecnologia ser relativamente nova no Brasil, os dados técnicos são ainda escassos e as técnicas do cultivo protegido são desconhecidas pela maioria dos produtores. Não existem dados concretos sobre a área cultivada, e também muitos insucessos no cultivo protegido devem-se principalmente à falta de informações, quanto ao manejo das estufas e das culturas sob as mesmas. O volume de plástico utilizado ainda é irrisório, diante do seu potencial. Estima-se que esteja ao redor das 12000 t/ano (RODRIGUES, 1996).

Dentre os motivos que levam a cultivo protegido a ter retardado o seu maior destaque na agricultura nacional, inclusive na olericultura, estão a escassez de pesquisa e a deficiência de técnicos aptos a atuarem nessa área. Observa-se hoje, um avanço do cultivo protegido no Brasil, apesar das diversas limitações.

Além do uso de estufas no inverno, objetivando o aproveitamento do efeito estufa, sua aplicação no verão chuvoso (efeito guarda-chuva), pode viabilizar o cultivo de hortaliças, cujo desenvolvimento fica comprometido nessa época do ano, principalmente em termos fitossanitários (RODRIGUES, 1996).

A aplicação das técnicas de cultivo protegido é altamente viável para o Brasil, como pode ser visto em diversos plantios comerciais. Segundo Sganzerla (1995) isso se deve tanto pelas razões fisiológicas e fitossanitárias, como também por outros aspectos importantes que envolvem a produção primária. A primeira impressão é o custo, todavia segundo o mesmo autor, as inúmeras vantagens que são obtidas, tornam esse fator menos problemático e, muitas vezes, o valor gasto na aquisição de agro-filmes é amortizado somente pela economia de alguns insumos que esta técnica proporciona.

Tem-se desenvolvido bastante a exploração de hortaliças folhosas, notadamente a alface, sob condições protegidas em túneis e estufas plásticas, com a consequente obtenção de bons preços devido à melhor qualidade do produto e a ocorrência dessa produção no período de entressafra (PELÚZIO, 1992).

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 e 5 colheitas (SGANZERLA, 1995).

Devido a alta suscetibilidade da alface à doenças foliares, o plantio em época chuvosa chega a ser inviável. O cultivo em estufa praticamente elimina este problema, melhorando assim a qualidade e produtividade da cultura (BUENO, 1998).

Segundo Cermeño (s.d.), as regas devem ser em menor número do que o recomendado para céu aberto. Rodrigues 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. O uso de cobertura de solo com filme de polietileno, provavelmente, também promova a redução na evapotranspiração e aumento na eficiência hídrica da cultura.

Sganzerla (1995), afirma que deve-se tomar cuidado, no cultivo de alface em estufa, com as altas temperaturas, sendo que ao ser 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. De acordo com Silva & Leal (1997), em regiões de clima quente, não são usadas cortinas laterais nas estruturas de proteção.

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).

## **4.2 Irrigação**

As plantas obtêm praticamente toda a água de que necessitam pelo 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

reposta 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 as deficiências hídricas, principalmente as grandes variações do nível 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.

O manejo da água de irrigação visa minimizar o consumo de energia (que, para sistemas pressurizados, varia entre 3-8 kWh.mm<sup>-1</sup> de água.ha<sup>-1</sup>), maximizar a eficiência do uso da água e manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade das plantas. Pode basear-se em critérios relacionados ao status da água no solo e nas plantas; na taxa de evapotranspiração da cultura ou na combinação de dois ou mais deles. A escolha do critério a ser seguido vai depender principalmente da disponibilidade de informações relacionadas ao sistema solo-água-planta-atmosfera, de equipamentos para medições e grau de tecnificação dos produtores (MAROUELLI et al., 1996).

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).

Torna-se necessário a busca de alternativas que possibilitem o umedecimento adequado do solo, a ser utilizado sob os túneis e estufas plásticas, sem ocasionar efeitos deletérios à cultura (limitação da irrigação por aspersão), principalmente

quando se trata de uma alface tipo americana. Uma dessas tecnologias consiste na utilização de métodos de irrigação localizada, como o gotejamento, que promove maior eficiência de aplicação de água, pois esta é aplicada diretamente no solo sobre a região radicular, em pequena intensidade, e em alta frequência, de modo que o teor de água no solo permaneça próximo à capacidade de campo, além de permitir maior flexibilidade da fertirrigação e redução dos custos (ALVES, 1996).

#### **4.2.1 Irrigação por gotejamento**

Tekinel & Çevik (1994), relataram que 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 o mesmo autor, a mais nova e mais importante técnica para a região é a irrigação por gotejamento em estufas, que vem sendo largamente desenvolvida. É uma técnica que, além de representar um aumento na produtividade das culturas, tem uma maior eficiência no uso da água. Essas características dos sistemas de irrigação localizada proporcionaram seu desenvolvimento, por possibilitar praticá-la em solos e topografias que dificilmente seriam irrigados por outros métodos.

Para Bernardo (1987), a irrigação por gotejamento não deve ser vista somente como uma técnica para suprir água às plantas, mas sim como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas espécies, sob condições controladas de solo, adubação, salinidade, doenças e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção por unidade de área e por volume de água consumida.

O sistema de gotejamento foi criado para irrigar pequenas áreas. Na década de 50, a maioria das estufas e casas de vegetação já utilizavam este sistema. Nos anos 60, desenvolveu-se em Israel sistemas para olericultura e plantações à céu aberto, mas de pequenas dimensões (NOGUEIRA & GORNAT, 1990).

De acordo com Sganzerla (1995) o uso desse sistema é preferencialmente recomendado quando a umidade relativa do ar for elevada, não inferior a 50% e a temperatura não seja superior a 32°C obtendo-se dessa forma maior eficiência do sistema de gotejamento.

A irrigação por gotejamento envolve a aplicação de água diretamente sobre a região radicular em pequenas intensidades (1 a 10 L.h<sup>-1</sup>) 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).

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).

Bar-Yosef et al. (1987), comentam que as culturas irrigadas por gotejamento exploram um volume restrito de solo, possuindo, portanto, pequenas reservas de água e nutrientes do solo. Para que seja mantido um nível adequado de suprimento, utilizando-se deste sistema de irrigação, a concentração de nutrientes na solução do solo deve exceder a obtida com o uso de outras técnicas de irrigação, a fim de compensar a redução de volume de solo, explorado pelo sistema radicular das plantas. Além disso, segundo Pizarro (1987), a reposição dos nutrientes de forma localizada deve ser mais freqüente, assim como também deve ser a reposição da água, como já mencionado por GOMES (1998).

Sganzerla (1995), afirma que a irrigação por gotejamento com o tubo gotejador é o sistema mais empregado na agricultura protegida, sendo mais econômico que as tradicionais irrigações pesadas.

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 (Martinez ,1989; Bernardo, 1987; Gornat et al., 1973; Sganzerla, 1995). Quando comparado com o método de irrigação por aspersão mostra-se muito superior (DEMATTE et al.,1981).

Em diversas condições, segundo Ollita (1981), este sistema tem apresentado produções superiores às obtidas por outros métodos.

Bernardo (1987), cita como vantagens do sistema 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”.

Caixeta (1978), estudando o efeito dos sistemas de irrigação por sulco e por gotejamento e o efeito da lâmina de água e da frequência de irrigação sobre várias características de produção de frutos e sementes de pimentão, constatou que para a irrigação por gotejamento o aumento da quantidade de água aplicada e a diminuição do turno de rega ocasionaram aumento linear de produção de frutos normais, enquanto na irrigação por sulco produziram-se frutos maiores, principalmente nas primeiras colheitas. Segundo o mesmo autor, ainda, a irrigação diária propicia melhores produções, com equipamento de menor custo, sendo que, por ser um equipamento fixo e de fácil automatização, os custos operacionais são mais baixos.

Em um estudo comparativo entre os métodos de irrigação por aspersão, subirrigação e localizada, Clark et al. (1991), concluíram que a irrigação localizada requer substancialmente menor quantidade de água, sem afetar a produção e qualidade do produto.

### **4.3 Fertirrigação**

O termo microirrigação, que desde meados dos anos 80 começou a substituir a denominação irrigação localizada, compreende os sistemas de irrigação por gotejamento, microaspersão e similares. As principais vantagens da microirrigação estão relacionadas à possibilidade de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Essa alternativa, conhecida por 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 (MAROUELLI et al.,1996).

Assim, fertirrigação é o termo utilizado para descrever a introdução e a aplicação simultânea de água e fertilizantes no solo, por meio de um sistema de irrigação. Ela pode ser mineral ou orgânica, quando se trata de distribuição de adubos químicos ou resíduos orgânicos (RODRIGUES,1996).

Segundo Vitti et al. (1994) e Pizarro (1987), a fertirrigação consiste, de um modo geral, na fertilização combinada com a irrigação, isto é, os adubos minerais são injetados na água de irrigação, para formar “água de irrigação enriquecida”. 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), citados por Pizarro (1987), 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.

Segundo Vieira (1975), o uso de fertirrigação apresenta ainda algumas vantagens operacionais: economia de energia necessária à adubação; economia de mão-de-obra utilizada na adubação, isto porque o próprio operador do equipamento de irrigação pode proceder a aplicação do adubo na água de irrigação; melhor distribuição do adubo no campo; e maior parcelamento das adubações, permitindo maior eficiência na utilização dos adubos pelas plantas.

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, são 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 frequente 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.

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.

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).

Pizarro (1987), comenta 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 produtos fertilizantes usados em fertirrigação são classificados como soluções (clear liquid) e suspensões. As soluções caracterizam-se por uma completa dissolução das matérias primas (fertilizantes). São ideais para sistemas de gotejamento, pois evitam entupimentos. As suspensões geralmente usam argila como agente para manter os elementos nutrientes em suspensão. Para aplicações uniformes, é necessária contínua agitação durante o processo de aplicação. Adicionalmente, os produtos devem ter características fundamentais, como: conter os elementos necessários de forma prontamente disponível ou rapidamente convertível e serem formulados de maneira a não conter elementos que possam causar entupimentos em emissores e queima às plantas (MAROUELLI et al., 1996).

Tanto macro quanto micronutrientes podem ser aplicados via fertirrigação. Os macronutrientes mais usados são: nitrogênio, potássio e fósforo, nessa ordem.

Nitrogênio e potássio são largamente utilizados por serem elementos essenciais e de alta mobilidade no solo e, conseqüentemente, mais sujeitos a perdas por lixiviação. O parcelamento de sais de nitrogênio e potássio é muito apropriado à utilização em fertirrigação pela alta solubilidade desses produtos (MAROUELLI et al.,1996)

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. Malavolta (1980), recomenda, 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.

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.

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. Hangin e Tucker, citados por Vitti et al.(1993) afirmam que 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.

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.

Abreu et al. (1987), comentam que quando se aplicam fontes inorgânicas de fósforo, existe um grande risco de precipitação de fosfatos (como os fosfatos tricálcicos) se a água contiver cálcio e magnésio e o pH for superior a 6,5.

Grobbellar & Lourens (1974), citados por Marouelli et al.(1996), afirmam que os fertilizantes nítricos, potássicos e a maioria dos micronutrientes têm poucas limitações quanto ao uso por meio de fertirrigação. Micronutrientes como zinco, molibdênio, manganês, ferro e cobre podem ser aplicados via fertirrigação, devendo-se observar, entretanto, a compatibilidade, a solubilidade e outras características dos fertilizantes que contiverem esses elementos.

San Juan (1985), comenta que a uréia pode causar alguns problemas quando a água contém a enzima urease (normalmente quando há presença de algas), ou quando se aplica nutrientes por longos períodos, estimulando o desenvolvimento de microorganismos nas tubulações, causando entupimento dos emissores.

Vários autores confirmam que não existem maiores problemas quanto ao uso de potássio na fertirrigação. Porém, quando dissolvido em água rica em matéria orgânica, pode causar entupimento dos emissores devido ao seu efeito floculante (KALIL,1992).

Keller & Karmeli (1975), citados por Kalil (1992), estudando o tempo de fertirrigação, sugeriram que este seja no máximo de 80 % do tempo de irrigação, deixando 20% para limpeza das tubulações. Já Shani (1981), prefere dividir a fertirrigação em três etapas: na primeira, o sistema funciona somente com a água para umedecer o solo, na segunda, inicia-se a fertirrigação; e na terceira etapa, o sistema volta a funcionar somente com água para lavagem das tubulações.

Com relação a concentração de nutriente na água de irrigação, para evitar problemas de precipitação, entupimento ou salinização da área, não deve ultrapassar a 700 ppm, quando o fertilizante é aplicado em todo o período de irrigação, mas a concentração depende do fertilizante e da cultura, sendo necessárias análises de solo e foliares, periodicamente (PIZARRO,1987).

Vieira (1994), afirma que a uniformidade de aplicação do produto químico é o fator essencial para o sucesso da quimigação e geralmente ela é proporcional à uniformidade da distribuição da água pelo sistema de irrigação. Deste modo, segundo Keller & Karmeli (1975), a quantidade de fertilizante aplicada é função do volume de água aplicado pelos emissores.

Segundo Holman (1978), é preferível injetar fertilizantes lentamente ao sistema para que haja uma distribuição uniforme pela área. A injeção muito rápida pode distribuir os nutrientes somente no início das linhas laterais.

Zanini (1987), citado por Kalil (1992), concluiu, em trabalho realizado com íon cloreto, que a quantidade de adubo distribuída pela linha de gotejadores diminui linearmente do início para o final da linha.

Trabalhando com microaspersão, Feitosa (1990), estudou a distribuição espacial e temporal de potássio e concluiu que a distribuição de fertilizantes ao longo da linha lateral pode ser representada por um modelo linear, com pequeno valor de inclinação da reta.

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 (1987), concluiu que o limite mínimo do coeficiente de Christiansen aceitável para o sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

Sammis & Wu (1985), relatam que a manutenção inadequada do sistema de irrigação localizada pode reduzir drasticamente a uniformidade de distribuição, resultando em aumento do volume de água aplicado.

A quantidade de nutriente requerido pode variar de acordo com a quantidade de água aplicada, é o caso de uma irrigação em excesso que pode provocar um maior requerimento de nitrogênio. George & Cripps (1985), citados por Bueno (1998), afirmam que passando a irrigação de 140 % da evapotranspiração do tanque classe A para 180%, a quantidade de N requerida para maior produtividade aumentou de 300 para 450 kg.ha<sup>-1</sup>. O método utilizado, segundo Haynes (1985), também é importante, sendo que a fertirrigação tem provado ser o meio mais eficiente de aplicar fertilizantes que lixiviam facilmente como o N e o K. Rolston et al. (1979), citados por McPharlin, Aylmore & Jeffery (1995), afirmam que uma alta frequência de fertirrigação de N através da irrigação por gotejamento aumentou a eficiência do uso de N em batata em 200% e em pimenta verde 16% comparada com a adubação convencional, além de ter ocorrido menor lixiviação de N.

Sonneveld et al. (1995), comentam que nas estufas, a fertirrigação não está sendo usada somente para suprir as culturas com nutrientes, mas também como uma ferramenta para controlar o crescimento e qualidade através do ajuste da pressão osmótica da

solução do solo. Os autores relatam que os frutos de plantas jovens que crescem sob condições de pouca luz, são frequentemente supridos com altos níveis osmóticos para evitar um crescimento rápido e formação de frutos. Além disso, os frutos tardios suportam durante um determinado período, altos valores osmóticos na região radicular que são favoráveis para melhorar a qualidade dos frutos. Por outro lado, altos valores osmóticos por longos períodos podem reduzir a produção.

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 calcáreo; 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.

No Brasil, a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, está começando a ser utilizada pelos produtores para diferentes culturas e sistemas de irrigação. 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 que 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).

#### **4.3.1 Fertirrigação em alface**

As hortaliças têm seu desenvolvimento e rendimentos influenciados pelas condições de clima e de solo. A deficiência, ou o excesso de água, são limitantes para a obtenção de elevadas produtividades. Assim torna-se necessário, para o sucesso da horticultura, um manejo racional de irrigação (MAROUELLI et al., 1996).

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<sub>o</sub>).

Andrade Júnior (1994), com o objetivo de avaliar os efeitos de quatro níveis de irrigação baseados na evaporação do Tanque Classe A (taxas de 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 a taxa 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.

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, frequentemente 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 afetada 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 nitrogenadas testados via fertirrigação. Observou-se maior eficiência na absorção de nitrogênio pelas plantas, as quais apresentaram maior número de folhas, maior altura, maior diâmetro de cabeça e caule, e maior produção de matéria seca. O mesmo autor cita, ainda, que a produtividade obtida pela cultura no sistema convencional com 60 kg N.ha<sup>-1</sup>, foi atingida com apenas 12 kg N.ha<sup>-1</sup> no sistema de fertirrigação, representando uma economia de 80% de nitrogênio aplicado. Com a quantidade de 60 kg N.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, aplicada pelo sistema de fertirrigação, a cultura produziu 5,57 t.ha<sup>-1</sup> 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 t.ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com fertirrigação, enquanto que na adubação convencional foi de 13,49 t.ha<sup>-1</sup> e na testemunha foi de 11,3 t.ha<sup>-1</sup>.

Bueno (1998), estudou o efeito da adubação nitrogenada, via fertirrigação sobre a cultura da alface americana, cv. Lorca. As doses de N aplicadas variaram de 0 à 105,6 kg.ha<sup>-1</sup> 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 kg.ha<sup>-1</sup> 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.

#### 4.4 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. Planta de inverno, a alface é capaz de resistir a baixas temperaturas e a 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).

É uma hortaliça tipicamente folhosa, de grande importância na alimentação e saúde humana, sendo fonte de vitaminas, de minerais e de celulose. Bastante apreciada pelo paladar e pelo pequeno conteúdo energético é indispensável em dietas de baixa caloria. Provavelmente originária de regiões frias do Mediterrâneo, a alface cultivada (*Lactuca sativa* L.) rapidamente difundiu-se para a França, Inglaterra e o resto da Europa, mostrando tratar-se de uma cultura popular e de uso extensivo. Com a descoberta do Novo Mundo, foi introduzida nas Américas, sendo cultivada no Brasil desde 1647 (RYDER & WHITAKER, 1976; CASALI et al., 1979).

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 do verde amarelado ao verde escuro, 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 claro. É representado pelas seguintes cultivares: Brasil 48, Brasil 202, Brasil 303, Vivi, Piracicaba 65, Áurea, Glória, Elisa e outras;

c) “Looseleaf lettuce”: não forma cabeça e sim rosetas de folhas que podem ser lisas ou crespas. Os cultivares de folhas lisas são: Babá de Verão, Regina-71 e outras. Dentre as crespas citam-se as seguintes cultivares: Grand Rapids, Slow Bolting e Verônica.

A época de plantio mais recomendada no planalto é de março a setembro, porém nas regiões serranas planta-se o ano todo. Quanto ao espaçamento sugere-se 20 x 20 cm, 25 x 25 cm ou 30 x 30 cm, plantio em nível (LISBÃO et al., 1994).

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).

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).

Como planta anual, a fase vegetativa de seu ciclo se encerra quando atinge o maior desenvolvimento de suas folhas, momento em que deve ser colhida para consumo (FILGUEIRA, 1982).

A alface, 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 alface é, dentre as hortaliças, uma das que maior quantidade de água retiram do solo (SIMÃO, 1956; FILGUEIRA, 1982). Quando a água no solo cai abaixo da metade do intervalo entre o ponto de murchamento e a capacidade de campo, o crescimento da alface é prejudicado e então obtêm-se plantas de crescimento menor, folhas menores e cabeças pequenas (SIMÃO, 1956; FILGUEIRA, 1982).

Experimentos realizados com irrigação controlada, demonstram que o peso da planta e a produtividade aumentam, linearmente, com a quantidade de água aplicada.

Hamada & Testezlaf (1995), concluíram quanto à irrigação da alface, que até 22 dias após o transplante pode-se aplicar lâminas menores de água. Na fase final, recomenda-se lâminas maiores, pois neste período a cultura apresenta melhor resposta ao insumo água.

Maciel (1968), citados por Rodrigues Júnior (1991), conduzindo experimento com 30 %, 60 % e 90 % de água disponível à cultura da alface, verificou que a maior produção e a menor percentagem de plantas “sem cabeças” foram conseguidas para o tratamento a 90% de água disponível.

Reis (1990), estudando o efeito de quatro profundidades freáticas sobre o uso consuntivo e o crescimento da alface, concluiu que o consumo de água foi maior para a profundidade freática de 25 cm, observando-se que o consumo decresceu com o aumento da profundidade freática, e que a evapotranspiração nas profundidades freáticas de 35 a 45 cm foram equivalentes à evaporação do tanque classe A.

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).

#### **4.4.1 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 Bueno (1998), 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.

Nos EUA são plantados 80000 ha de alface anualmente, sendo a maior parte do tipo americana. 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).

Segundo Jackson et al.(1997), citados por Bueno (1998), na Califórnia a alface é produzida o ano todo, tendo o seu pico de maio à junho. O abastecimento é menor durante os meses de inverno, dezembro, janeiro e fevereiro. A menor oferta durante os meses de inverno na Califórnia, ocorre devido ao grande suprimento vindo do Arizona Ocidental enquanto que o suprimento nacional total está quase estático.

De acordo com Bueno (1998), a alface americana vem sendo plantada principalmente para atender as redes “fast food” como o McDonald’s, que conforme o mesmo autor, utiliza hoje aproximadamente 800 toneladas brutas de alface por semana, sendo líquidas 400 toneladas, retirando-se folhas estragadas, caules e as folhas externas.

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).

#### **4.5 Efeito do Potássio**

O Potássio é o terceiro mineral mais abundante na constituição do corpo humano, excedido somente pelo Cálcio (Ca) e pelo Fósforo(P). Mais de 85% de K encontrado no corpo humano situa-se em órgãos essenciais, tais como músculos, pele, sangue e trato digestivo. Nem animais nem plantas podem sobreviver sem um suprimento adequado de K (Malavolta, 1996). Este fato demonstra a importância do consumo de alimentos com níveis adequados deste nutriente para a vida humana.

Apesar do potássio não ser constituinte de qualquer estrutura das plantas ou de compostos, ele é essencial em quase todos os processos necessários para

sustentar a vida da planta. As funções do K na planta são tão numerosas e complexas que, até hoje, muitas delas ainda não são completamente compreendidas (ASSOCIAÇÃO..., 1990).

Segundo Faquim (1994), o potássio é, de maneira geral, o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, depois do nitrogênio. Depois do fósforo, é o nutriente mais consumido, em forma de fertilizantes, pela agricultura brasileira. O requerimento de  $K^+$  para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2 a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado.

Na moderna agricultura intensiva, o suprimento de potássio dos solos não é adequado para sustentar altas produções. Por esta razão, o fornecimento do solo tem de ser suplementado pela adubação potássica, que aumenta a quantidade de K prontamente disponível para a absorção pelas culturas (ASSOCIAÇÃO..., 1990).

Quando o solo apresenta um elevado teor de potássio, sua assimilação pela planta pode ser quatro vezes maior que a absorção de fósforo, e igual ou maior que a absorção de nitrogênio. Se este nutriente estiver em grande quantidade disponível no solo, as plantas têm tendência em absorvê-lo em excesso, além de suas necessidades, o que é definido como consumo de luxo (PADILHA, 1998).

O cloreto de potássio é a fonte de potássio mais utilizada, com aproximadamente 47,6% de cloro em sua fórmula. Este excesso de cloro em diversas culturas - anuais e perenes - tem provocado problemas na qualidade do produto colhido como o fumo, devido à redução na combustão das folhas, quando secas (COUTINHO et al., 1990).

O potássio exerce, nas plantas, uma série de funções relacionadas com o armazenamento de energia. Entre as várias funções, citam-se melhor eficiência de uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos; maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para o restante da planta; maior eficiência enzimática; além da melhoria da qualidade comercial da planta (YAMADA, 1995 e MALAVOLTA, 1997).

O nitrogênio é indispensável para a formação de proteína, e esta só terá máxima eficiência se as plantas também forem supridas de quantidades adequadas de potássio. Este aspecto assume relevância em sistemas de agricultura intensiva, onde baixas dosagens de fertilizantes potássicos podem levar a um baixo aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados, com baixas produções (LOPES, 1992).

Também é verificado que o potássio aumenta a resistência natural da parte aérea das hortaliças às doenças fúngicas que tornam os tecidos mais fibrosos e resistentes, inclusive ao acamamento e, principalmente, contrabalanceando o efeito contrário causado pelo excesso de N. Entretanto, o excesso de  $K^+$  desequilibra a nutrição das hortaliças, dificultando a absorção de Ca e Mg (ASSOCIAÇÃO..., 1990; FILGUEIRA, 1991 e FAQUIN, 1994).

A resistência a pragas é confirmada por Perrenoud (1977) que, em um estudo sobre o efeito do potássio na incidência de pragas e doenças, verificou que este melhorou as condições da planta em 65%, quando esta foi avaliada quanto ao ataque das mesmas.

Os nutrientes minerais, de uma maneira geral, podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas a patógenos, devido a modificações na anatomia das folhas – células da epiderme mais grossas, lignificadas e/ou silicificadas – e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas com produção de substâncias inibidoras ou repelentes. Na cultura do arroz, a aplicação de potássio controlou a podridão do caule. A fertilização a baixos níveis de potássio pode reduzir a resistência de várias espécies de plantas ao ataque de patógenos. Este fato tem sido verificado também em algodão e tomate, em relação à murcha de *Verticillium* sp. Em plantas deficientes deste nutriente, a síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) é diminuída, e compostos orgânicos de baixo peso molecular acumulam-se (ZAMBOLIM, 1994).

Malavolta (1980) fez inferência ao potássio no sentido de que um maior número de doenças das plantas é atenuado mais pelo seu uso do que de qualquer outro nutriente. No caso do milho e do arroz, com o uso do potássio ocorre um aumento da liquificação das células esclerenquimatosas e espessura das paredes celulares do colmo, proporcionando maior resistência ao acamamento. Nas hortaliças, como a alface, ocorre uma grande extração de potássio, no entanto, altas doses não têm demonstrado resposta de produção (consumo de luxo).

A qualidade das plantas deficientes em potássio é inferior. O potássio é conhecido como o nutriente da qualidade por causa de seus importantes efeitos em fatores como tamanho, forma, cor, sabor e resistência à armazenagem (ASSOCIAÇÃO..., 1990).

De uma maneira geral, o aumento nos níveis de potássio na planta, além do ótimo, não causa efeitos substanciais nos constituintes orgânicos das plantas e nem na resistência às doenças (ZAMBON, 1992 e ZAMBOLIM, 1994).

#### **4.6 CE – Condutividade Elétrica**

É um índice que relaciona a condutividade elétrica da solução com os teores de sais solúveis presentes nessa solução. De maneira geral quanto maior é o valor da condutividade elétrica, maior é o teor de nutrientes na solução. Por isso, a condutividade elétrica do extrato de saturação é utilizada como indicadora da salinidade do solo (THOMÉ JÚNIOR, 1997). Segundo o mesmo autor, a determinação da condutividade elétrica de extratos de solos é utilizada para fins de classificação pedológica (solos halomórficos) e para monitoramento da salinização de substratos (solo ou outros) para cultivos em ambientes fechados (estufas).

A solubilidade de sais ou condutividade elétrica é uma medida de todos os sais dissolvidos na água e inclui nutrientes (nitrogênio, cálcio, magnésio) e não nutrientes (sódio e cloro). Idealmente, a determinação da condutividade elétrica deveria ser feita na solução do solo dentro das faixas de potencial de água a que estão sujeitas (entre -0,01 e 1,5 MPa), mas na prática os procedimentos para obtenção dessa solução são muito difíceis. Dessa forma, as determinações são feitas em geral, em soluções extraídas do solo saturado com água (extrato de saturação) ou de proporções solo: água de 1:1 e 1:5 (THOMÉ JÚNIOR, 1997). Sais solúveis são medidos com condutímetro e quantificados em milimhos/cm (mmhos) ou milisiemens/cm ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Geralmente, os níveis de sais solúveis em mudas irrigadas, por exemplo, devem ser menores que  $1,0 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$  ou  $0,01 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Altas concentrações de sais solúveis podem decrescer a germinação, danificar raízes principais e raízes capilares, e o crescimento de folhas imaturas.

O dano depende da cultura. É preciso conhecer quais sais fazem a concentração se elevar na solução. Sais solúveis altos (maior que  $1,0 \text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ , 2:1

diluição) em substrato de crescimento podem reduzir germinação e podem queimar raízes primárias sensíveis de emergir.

Em nível experimental, a salinidade da água de irrigação, seja natural ou devido ao uso de fertilizantes, tem promovido aumento na salinidade do solo, tanto em ambiente protegido quanto em campo aberto.

Segundo Medeiros (2001), a salinidade afeta as plantas de três maneiras: reduzindo o potencial osmótico do meio; diminuindo a disponibilidade de água no solo, causando toxicidade através do acúmulo de íons específicos e proporcionando um efeito indireto de ordem nutricional. O mesmo autor afirma que para se reduzir o aumento da salinidade da água, e conseqüentemente do solo, pelos fertilizantes aplicados via água, deve-se utilizar sais que tanto o cátion como o ânion que o constituem sejam nutrientes, além de se proceder um melhor manejo da fertirrigação visando aumentar a eficiência dos nutrientes.

A influência da salinidade da água de irrigação sobre a tolerância de folhas e raízes tem sido estudada para algumas culturas. O limiar de tolerância para a água de irrigação salina é mais alto para o sistema radicular do que para as folhas de cucurbitáceas, tomate e pimentão; no entanto, para morango, as raízes são mais suscetíveis às condições de salinidade. A escolha de fertilizantes com menor potencial salino é uma das alternativas que se tem quando se determina no solo potencial salino próximo ao limite (VILLAS BÔAS et al. 1999).

Moura (1994) afirma que a salinidade produzida por grama de adubo dissolvido por litro de água é da ordem de  $1,30 \text{ dS.m}^{-1}$  para o nitrato de potássio,  $1,27 \text{ dS.m}^{-1}$  para o sulfato de potássio e  $1,57 \text{ dS.m}^{-1}$  para o cloreto de potássio.

Maas (1984), citado por Ayers & Westcot (1991) a salinidade limiar para a cultura da alface é de  $1,3 \text{ dS.m}^{-1}$  e o coeficiente de perda relativa em porcentagem (%) de produção (b) por  $\text{dS.m}^{-1}$  é de 12% por  $\text{dS.m}^{-1}$ , sendo a alface classificada como moderadamente sensível.

Segundo Zehler et al. (1986), o efeito do adubo na salinidade do solo é medido pelo índice salino, definido como a proporção de aumento da pressão osmótica na solução do solo pelo fertilizante, quando comparado com a mesma quantidade de  $\text{NaNO}_3$

(100%). Como todos os fertilizantes, o K, em qualquer forma que se apresente, aumenta o teor de sal na solução do solo, enquanto a condutividade elétrica de soluções equimolares de vários sais aumenta na ordem  $\text{KH}_2\text{PO}_4 < \text{KNO}_3 < \text{KCl} < \text{K}_2\text{SO}_4$ , e a tolerância das plantas à salinidade cai na ordem  $\text{KH}_2\text{PO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4 > \text{KCl} > \text{KNO}_3$ , sendo que o  $\text{K}_2\text{SO}_4$  é a exceção à regra de que a sensibilidade das plantas aos sais aumenta a condutividade (SMITH & WARREN, 1957, citados por NOGUEIRA et al., 2001).

Sendo o cloreto de potássio relativamente solúvel em água e pouco higroscópico, este apresenta uma alta tendência em elevar a pressão osmótica da solução do solo, devido ao seu alto índice salino, podendo prejudicar a germinação das sementes ou afetar o desenvolvimento do sistema radicular de plantas recém-transplantadas. Este fertilizante pode ser retido no solo na forma trocável. O seu movimento descendente não se dá com a mesma intensidade que o nitrato, sendo lixiviado em função do seu teor na solução do solo e da quantidade de água que percola através do perfil (COUTINHO et al., 1990).

O sulfato de potássio tem um efeito menos “salino” que o cloreto de potássio. Seu índice salino por unidade de  $\text{K}_2\text{O}$  é somente a metade do índice do cloreto de potássio, tornando-o mais indicado para solos com tendência à salinização ou, de modo geral, quando são usadas altas doses de fertilizantes, como no caso de cultivos intensivos ou, então, nos solos muito pobres em potássio, na fase de instalação da cultura, quando as mudas são mais sensíveis ao efeito salino (NOGUEIRA et al., 2001).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Localização do experimento

O ensaio foi conduzido, no período de agosto a novembro de 2004, em vasos sob o sistema de cultivo protegido em estufa na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu/SP, localizada geograficamente a 840 metros acima do nível do mar, a 22°51'22" de latitude sul, e 48°26'08" de longitude a Oeste de Greenwich.

O solo, utilizado para o enchimento dos vasos (28 litros), pertence a camada superficial de um Latossolo Vermelho Escuro álico, textura média, segundo a classificação de CARVALHO et al. (1993).

As principais características físicas e químicas do solo, analisadas segundo Rajj et al. (1987) e EMBRAPA (1997), respectivamente, são apresentadas nos Quadros 1 e 2.

**Quadro 1.** Características físicas do solo utilizado como substrato para enchimento dos vasos da área experimental.

Solo	Areia total	Argila	Silte	Umidade(%)
	-----g.kg <sup>-1</sup> -----			(0,033MPa)
LEa	670	260	70	17

As características químicas do solo foram obtidas de amostras de solo da área coletada e determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA/UNESP, e encontram-se no Quadro 2.

**Quadro 2.** Características químicas do solo utilizado como substrato para enchimento dos vasos da área experimental.

<b>Solo</b>	<b>pH</b>	<b>M.O.</b>	<b>P<sub>resina</sub></b>	<b>H+Al</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>SB</b>	<b>CTC</b>	<b>V%</b>
	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----						
LEa	4,4	11	1	31	0,1	4	2	6	37	16
<b>Micronutrientes</b>					<b>Boro</b>	<b>Cobre</b>	<b>Ferro</b>	<b>Manganês</b>	<b>Zinco</b>	
					-----mg <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					
					0,02	0,6	33	0,2	0,0	

Na Figura 1 pode-se observar a disposição do sistema de irrigação na estufa numa visão geral do experimento, e o tanque Classe “A”. Observando-se as Figuras 2 e 3 tem-se detalhes do vaso e da linha de distribuição ou tubo gotejador.

Utilizou-se como base para a calagem a recomendação do Instituto Agrônomo de Campinas (TRANI et al., 1996). Foi realizada a calagem com 30 dias de antecedência com calcário dolomítico para elevar o valor da saturação de bases a 80% de acordo com o resultado da análise do solo (Quadro 2). Foram aplicados, na proporção de 1:1, termofosfato magnésiano enriquecido com B e Zn, e superfosfato simples para elevar o teor de fósforo a 150 mg P.dm<sup>-3</sup> (9,6 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> . vaso<sup>-1</sup>), com posterior incorporação. Não foi realizada nenhuma adubação potássica de plantio para que os tratamentos de fertirrigação não apresentassem diferenças residuais.



**Figura 1.** Panorâmica da estufa e visão do Tanque Classe A e posto de coleta de temperaturas.



**Figura 2.** Detalhe do “canteiro” de vasos e manômetro tipo Bourbon com glicerina.



**Figura 3.** Detalhe do tubo gotejador do tipo “Queen Gil” e sua posição no vaso durante irrigação na muda de alface americana.

As características químicas e físicas do esterco são apresentadas no Quadro 3 e a quantidade aplicada foi calculada em função da área do vaso (diâmetro 0,30 m) sendo aplicado o equivalente a 2 kg do esterco de curral (32% de Umidade) por metro quadrado (o equivalente a 20t.ha<sup>-1</sup> de esterco).

**Quadro 3.** Análises química e física do esterco de curral utilizado, sendo os resultados apresentados no material seco a 110<sup>o</sup>C.

pH CaCl <sub>2</sub>	U <sup>1</sup>	C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N
-----teores totais-----													
	%	g.kg <sup>-1</sup>						mg.kg <sup>-1</sup>					
6,3	32	211	10,9	5,5	14,9	11,4	3,8	396	-	8989	79	-	18/1

1= Porcentagem de umidade em relação ao material natural;  
- elementos em concentração abaixo de 1mg.kg<sup>-1</sup>

## 5.2. Características e condução da cultura

Utilizou-se um híbrido de alface americana (*Lactuca sativa* L), denominado comercialmente de “Lucy Brown”, pertencente a Asgrow, que apresenta um ciclo de 70-80 dias, com coloração das folhas verde escura, 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 (Figura 4).



**Figura 4.** Detalhe da alface americana (*Lactuca sativa* L) tipo híbrido denominada comercialmente de “Lucy Brown”.

A produção das mudas foi realizada pela Cooperativa Agrícola CACO. A semeadura foi realizada no dia 06 de setembro de 2004, 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 (B) e zinco (Zn). As mudas foram irrigadas, 3 vezes ao dia, até atingirem 4-5 folhas definitivas, para o transplântio.

O transplântio das mudas para os vasos foi realizado no dia 25 de setembro de 2004, quando as mudas apresentavam de quatro a cinco folhas definitivas.

O cultivo, que consistiu na eliminação de ervas daninhas, foi realizado manualmente sempre que necessário.

A adubação nitrogenada foi realizada via água de irrigação numa freqncia de 6 dias de intervalo e com base na dose ótima alcançada por Antunes (2001) de 180 kg de N.ha<sup>-1</sup>, totalizando 2,52 g de N.planta<sup>-1</sup>, na forma de nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> = 15% de N). Nos tratamentos cuja fonte potássica era o sulfato de potássio e o cloreto de potássio, a dose aplicada de nitrato de cálcio foi completa, totalizando 16,8 g de CaNO<sub>3</sub>.planta<sup>-1</sup> distribuídos ao longo das 8 aplicações realizadas. No tratamento em que a fonte era o nitrato de potássio foi feito o balanceamento dos teores de N fornecidos por cada fonte. Ou seja, calculou-se a quantidade de N fornecida pela fonte nitrato de potássio cuja dose deveria ser a mesma das demais fontes potássicas e descontou-se do total a ser fornecido para a planta, totalizando para esse tratamento 9,1 g de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.planta<sup>-1</sup>.

A dose utilizada para adubação potássica em cobertura foi calculada para se elevar o teor de K para 3 mmol de K.dm<sup>-3</sup> de solo, totalizando 3,9 g de K<sub>2</sub>O.planta<sup>-1</sup>. Sendo para o tratamento com sulfato de potássio (SK = 48% K<sub>2</sub>O) aplicados 8,13 g.planta<sup>-1</sup>, para o tratamento com o cloreto de potássio (CK = 60% K<sub>2</sub>O) foram aplicados 6,5 g.planta<sup>-1</sup> e para o tratamento com nitrato de potássio (NK = 44% K<sub>2</sub>O e 13% N) aplicados 8,86 g.planta<sup>-1</sup> ao longo do ciclo da cultura numa proporção de 4:1 entre fertirrigação (a cada 3 dias) e o manejo convencional (a cada 15 dias), totalizando 16 aplicações para o manejo fertirrigado e 4 aplicações para o manejo convencional.

### **5.3. Equipamento e manejo da fertirrigação**

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 registros de esfera de 20 mm em cada parcela.

A linha principal de 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 o registro de esfera principal de

20 mm, 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 m.c.a, e um manômetro do tipo Boubon com glicerina para sua verificação.

O suprimento de água do sistema proveio de um reservatório de 5 m<sup>3</sup> mantido no nível máximo, abastecido de forma contínua, com pressão constante de 20 m.c.a suficiente para pressurizar, adequadamente, as linhas de todo o sistema, enquanto se fazia a irrigação e a fertirrigação por declividade, controlando a pressão para que fosse mantida através de um regulador de pressão e um ladrão de água.

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 da estufa de forma a ser representativo do conjunto, com leitura através de micrômetro de gancho com poço tranquilizador. O coeficiente de correlação adotado foi de 0,75 ou 75% da evaporação do Tanque, de acordo com trabalho realizado com alface americana em cultivo protegido por Andrade Júnior (1994), no qual obteve os melhores resultados, com frequência de irrigação diária.

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<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>

Vazão nominal do gotejador a 50 kPa = 1,2 L.h<sup>-1</sup>

Para a determinação da vazão dos gotejadores e 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<sup>-1</sup>)

Q = média das vazões coletadas (L.h<sup>-1</sup>).

A partir dos 06 dias após o transplântio, foram aplicados numa proporção de 2:1 os fertilizantes potássicos (equivalente a 0,0650 g de K.planta<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) e nitrato de cálcio (equivalente a 0,042g de N.planta<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) 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 as fontes potássicas aplicadas 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 carbonatos que podem levar a entupimento dos gotejadores (situação que poderia ocorrer quando da aplicação da fonte sulfato de potássio - SK e o nitrato de cálcio - NC) . 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 pela vazão dos gotejadores e tempo de irrigação.

Além disso havia a saída para água de lavagem do sistema controlada por um registro de esfera.

### **5.3.1. 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 1,42 L.h<sup>-1</sup> quando se fazia a fertirrigação e de 1,29 L.h<sup>-1</sup> quando se irrigavam todos os vasos simultaneamente. A uniformidade de distribuição de água do sistema de gotejamento encontrada foi de 91,07%, significando que a água foi distribuída dentro da faixa máxima permitida que é de 10% entre o primeiro e o último gotejador. Segundo 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 (1942), citado por Kalil (1992), determinou uma equação para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação. Bernardo (1987) conclui que o limite mínimo do coeficiente de uniformidade de Christiansen aceitável para o sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

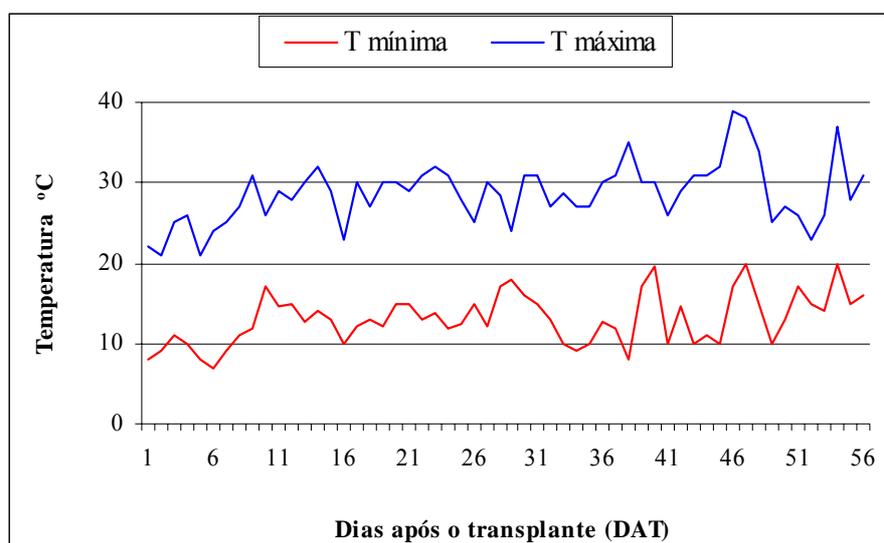
Segundo Vieira (1994), os valores de uniformidade de distribuição de fertilizantes, em geral, são proporcionais aos de distribuição da água pelo sistema de irrigação. Entre outros, Ullmann & Socol (1996), citados por Alves (1996), também, encontraram valores próximos de uniformidade de distribuição de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

### **5.3.2. Fatores climáticos e lâmina de irrigação.**

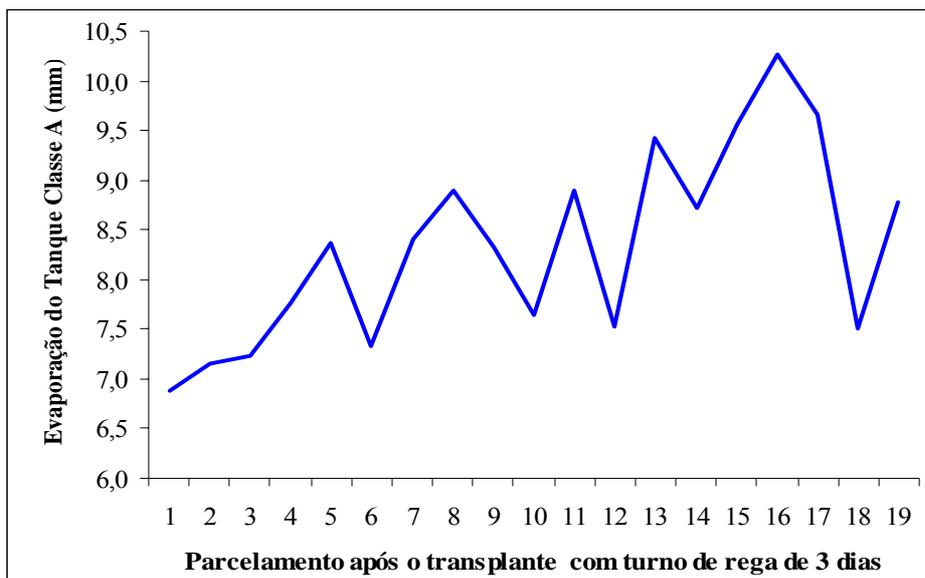
Os dados relativos às temperaturas máximas e mínimas, e evaporação do Tanque Classe “A”, durante o período do experimento, tomados a intervalos de três dias, sempre no mesmo horário (14:30 h), são apresentados nas Figuras 5 e 6, respectivamente. A evaporação máxima, nos intervalos considerados de três dias, entre as irrigações foi de 10,26 mm, a mínima de 6,88 mm e a média de todas as medidas efetuadas foi de 9,59 mm (Figura 6).

Verifica-se pela Figura 5, que os valores mínimo e máximo das temperaturas médias do ar foram de 13 e 28,6°C, respectivamente. O valor da temperatura média observada de 20,8 °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.

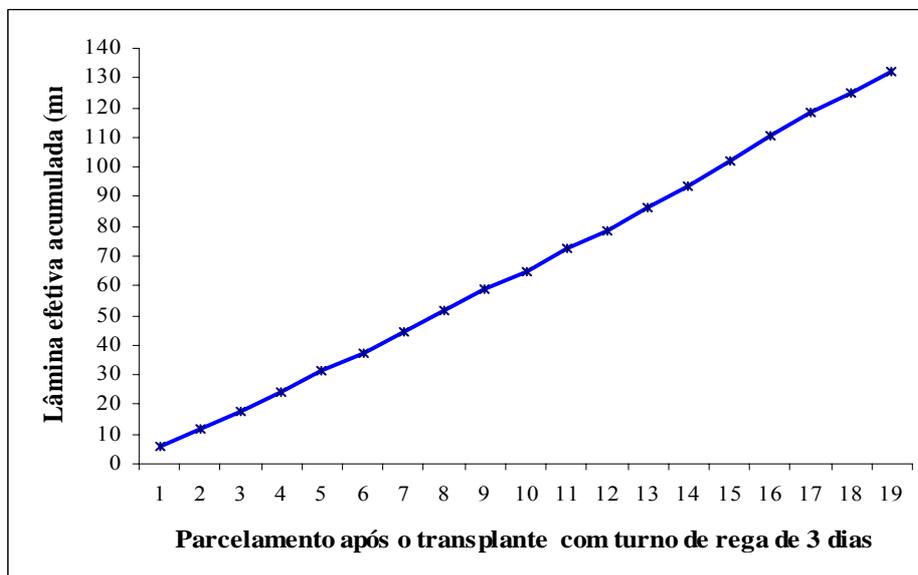
Pela Figura 7, verifica-se que o valor da lâmina de irrigação efetiva acumulada foi de 159,82 mm durante o ciclo da cultura, com uma lâmina média aplicada por gotejamento de 7,99 mm, obtida com a aplicação do nível de 0,75 da evaporação do Tanque Classe “A”.



**Figura 5.** Valores máximos e mínimos diários de temperatura no período de setembro a novembro de 2004.



**Figura 6.** Valores diários de evaporação do Tanque Classe “A” no período de setembro a novembro de 2004.



**Figura 7.** Lâmina de irrigação efetiva acumulada (mm) nos tratamentos no período de setembro a novembro de 2004 com um parcelamento após o transplante sob um turno de rega de 3 dias.

#### **5.4. Delineamento experimental**

O ensaio foi instalado em um delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial  $3 \times 2$ , correspondentes a fontes de fertilizantes potássicos e manejo da adubação empregado.

As parcelas foram constituídas por 3 fontes de potássio aplicadas em fertirrigação e na forma convencional, correspondentes a sulfato de potássio (SKF e SKC = 48%  $K_2O$ ), cloreto de potássio (CKF e CKC = 60%  $K_2O$ ) e nitrato de potássio (NKF e NKC = 44%  $K_2O$  e 13% N), de forma parcelada com frequência de 3 dias. Cada parcela foi representada por um “canteiro” composto por três vasos (28 litros cada) num total de cinco (05) repetições.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o programa SISVAR versão 4.2 (Build 39) desenvolvido na UFLA (Universidade Federal de Lavras / MG) por FURTADO, 1999-2003. Quando o teste F para cada parâmetro analisado foi significativo a 1 ou 5% de probabilidade, as médias nos efeitos significativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e suas médias foram representadas em gráficos. Os parâmetros capacidade de conservação da cabeça (tempo de prateleira) e condutividade elétrica do extrato saturado foram analisados pelos programas SIGMA PLOT e SIGMA STAT.

Os resumos das análises de variância contendo todas as fontes de variação do delineamento adotado serão apresentados durante a discussão dos resultados.

#### **5.5. Parâmetros avaliados**

##### **5.5.1. Condutividade elétrica**

Ao longo do ciclo foram 4 coletas, em intervalos de 15 dias, de amostras do solo do vaso para determinação da condutividade elétrica, em extrato saturado (CEs). A determinação da condutividade elétrica foi feita em soluções extraídas do solo saturado com água. Para obter o extrato de saturação, uma quantidade de amostra foi

lentamente molhada com água destilada, enquanto se fazia a mistura com uma espátula de aço, até que a amostra ficasse saturada, ou seja, adicionando-se mais água esta não era absorvida, formando um filme sobrenadante. Formou-se uma pasta que aderiu às paredes do recipiente de vidro ou na espátula, onde se desprendiam com facilidade sem escorrer.

Uma vez saturada com água, as amostras foram submetidas à um período de repouso de 24 horas, onde após este período, foram colocadas em funil apropriado, que permite a adaptação de um papel de filtro, e submetida à sucção por uma bomba de vácuo num aparato que recolhia a solução extraída.

A condutividade elétrica do extrato de solução (CEs) foi determinada por leitura direta no condutivímetro ( $\text{dS.m}^{-1}$ ), com um eletrodo mergulhado na solução extraída.

### **5.5.2. Matéria Fresca Aérea Total**

A colheita foi realizada quando mais de 50% das cabeças atingiram seu máximo desenvolvimento, apresentando-se grandes e compactas.

Na coleta cortaram-se as plantas logo abaixo das folhas basais, bem rentes ao solo, como recomenda Filgueira (1982). Após a coleta as plantas foram pesadas em balança de precisão e obteve-se a matéria fresca aérea total em gramas (g).

### **5.5.3. Matéria Fresca Aérea comercial (padrão verdurões e supermercados)**

As plantas foram desfolhadas até atingir o ponto ideal de comercialização para os verdurões e supermercados, tomando-se por base o aspecto das folhas e sua condição fitossanitária até que se atingisse o ponto em que o conjunto formado por folhas e “cabeça” pudesse ser comercializado.

### **5.5.4. Número de Folhas Externas**

Para obter o número de folhas externas, as plantas foram desfolhadas até atingir o ponto ideal de comercialização para os verdurões e supermercados e

posteriormente para a indústria. Estas folhas externas, devido ao gosto mais amargo e aparência são descartadas na produção comercial.

#### **5.5.5. Comprimento e largura médios das folhas externas**

Tomaram-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 para se avaliar o material de descarte.

#### **5.5.6. Características da “cabeça”**

Após a retirada das folhas externas, tem-se a cabeça de alface, que é a parte comercializada para processamento industrial. 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.

#### **5.5.7. Diâmetros longitudinal e transversal da “cabeça”**

Depois de pesada a cabeça comercial, procedeu-se a medida de seus diâmetros longitudinal e transversal, em centímetros, com o auxílio de um paquímetro de madeira.

#### **5.5.8. Qualificação visual da compacidade da “cabeça”**

Foi realizada a qualificação visual da compacidade de “cabeça” através da observação do seu corte transversal, com atribuição de notas numa escala de 0 a 5 (zero a cinco), cuja padronização e referência serão discutidas posteriormente.

### **5.5.9. Diâmetro e comprimento do caule**

O diâmetro e o comprimento do caule foram medidos em centímetros, com escalímetro, após o corte transversal da “cabeça”, tendo sido o primeiro tomado na porção basal e o segundo até o ápice caulinar.

### **5.5.10. Matéria seca aérea total**

Posteriormente, as plantas foram levadas, acondicionadas em sacos plásticos, 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 individualmente. Após serem 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.

### **5.5.11. Capacidade de conservação da “cabeça” (Tempo de prateleira)**

Uma amostra, representada por cinco plantas por tratamento, foi mantida inteira para sua avaliação de capacidade de conservação da “cabeça” através da observação da perda de peso ao longo do tempo (“tempo de prateleira”) em intervalo de 24 horas entre as pesagens. Estas foram realizadas em balança digital com capacidade máxima de 1500 gramas.

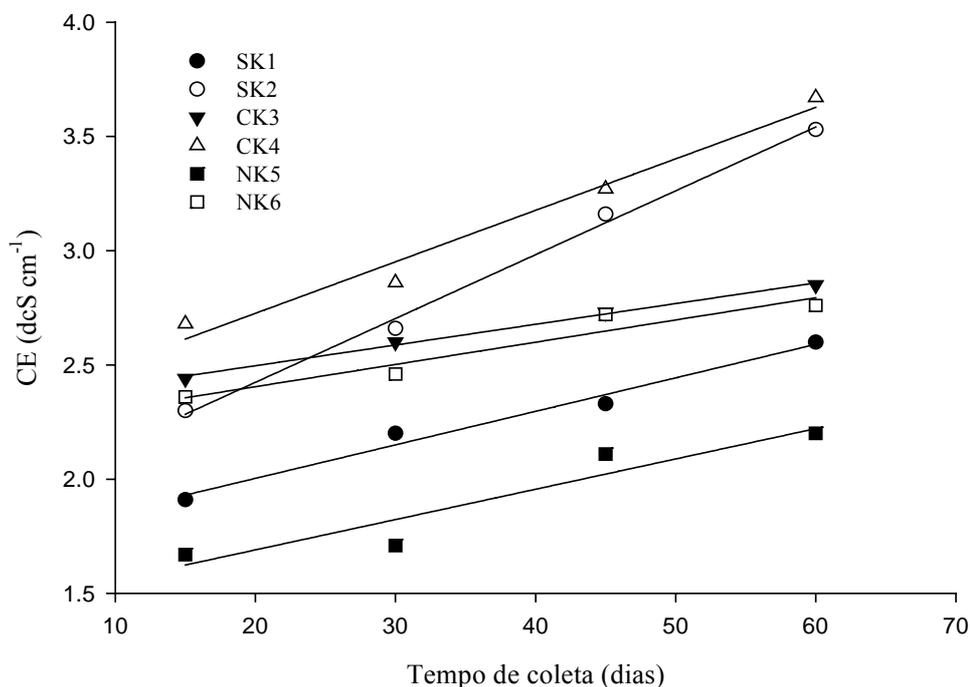
## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Condutividade elétrica do extrato saturado (CEs)**

Os resultados das análises de condutividade elétrica medidas no extrato saturado do solo ao longo do ciclo da cultura foram submetidos à análise de regressão cujo resumo da análise de variância para a significância a 1 ou 5% de probabilidade tanto para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) quanto para os parâmetros da equação de regressão se encontram resumidos no Figura 8 e Quadro 4.

Os valores de CE encontrados neste experimento foram bastante elevados se comparado ao valor considerado como limite para a cultura da alface, que segundo Maas (1986), citado por Thomé Júnior (1997), é de  $1,3 \text{ dS.m}^{-1}$ . Deve-se salientar contudo que a amostragem foi retirada superficialmente e que ao longo do tempo o tamanho obtido pelas plantas foi dificultando a retirada das amostras sem nenhuma contaminação da camada superficial, local onde devido a evaporação da água no solo, há tendência de maior acúmulo de sais. Por outro lado, sabe-se que os valores de CE encontrados como limites na literatura são baseados em solos no qual a matéria orgânica não é adicionada. O material orgânico devido às suas características de carga elétrica, alteram a CE do solo.

Pode-se observar que todas as curvas apresentaram-se altamente significativas mostrando resposta linear para a condutividade elétrica ao longo do tempo. O



**Figura 8.** Curvas de regressão para a Condutividade Elétrica extrato saturado do solo medida ao longo do ciclo da cultura da alface americana cv. ‘Lucy Brown’ sob cultivo em ambiente protegido e em vasos na alface americana.

**Quadro 4.** Análise de regressão para a condutividade elétrica do extrato saturado do solo medida ao longo do ciclo da cultura alface americana cv. ‘Lucy Brown’ sob cultivo em ambiente protegido e em vasos.

Fontes	Manejo	Parâmetros de ajuste			Probabilidade <sup>4</sup>
		a <sup>1</sup>	b <sup>2</sup>	(R <sup>2</sup> ) <sup>3</sup>	
SK1	Fertirrigação	1,7100	0,0147	0,9998	P < 0,0001
SK2	Convencional	1,8650	0,0279	0,9999	P < 0,0001
CK3	Fertirrigação	2,3150	0,0091	0,9999	P < 0,0001
CK4	Convencional	2,2750	0,0225	0,9996	P < 0,0001
NK5	Fertirrigação I	1,4250	0,0133	0,9985	P < 0,0001
NK6	Convencional	2,2100	0,0097	0,9997	P < 0,0001

**1 = Intercepto de coesão**  
**2 = Coeficiente angular**

**3 = Coeficiente determinante**  
**4 = Significância do ajuste**

modo de aplicação do potássio influenciou a CE, uma vez que os resultados obtidos para a aplicação convencional foram significativamente superiores aos encontrados para a fertirrigação. Sendo as maiores condutividades alcançadas pelo manejo convencional para todas as fontes de fertilizante potássico utilizadas devido provavelmente a aplicação superficial, mostrando que a fertirrigação por disponibilizar de forma lenta e em baixa concentração os nutrientes na solução do solo foi responsável por mantê-la a níveis mais baixos permitindo um maior balanceamento dos íons e conseqüente absorção pelas raízes.

As experiências mostram que alta concentração salina no solo causa injúrias à alface (*Lactuca sativa capitata*) e devem ser tomados cuidados para ficar dentro dos limites estabelecidos para a cultura (NURZYNSKI, 1978, citado por ZEHLER et al., 1986)

O cloreto de potássio é sabidamente, entre as fontes de potássio empregadas neste experimento e mais largamente empregada na horticultura brasileira devido ao seu menor custo, aquela que apresenta a maior salinidade (1,9 dS.m<sup>-1</sup> por grama de adubo por litro de solução) e essa característica ficou bastante evidente neste trabalho (Figura 8).

Villas Bôas (2001) trabalhando com doses de N, para o pimentão, aplicadas na forma convencional e fertirrigada obteve diferença significativa e superior para CE na aplicação convencional. Segundo o autor a maior produtividade alcançada se deu na faixa de CE de 1,9 e 2,69 dS.m<sup>-1</sup>, valores estes acima do recomendado para a cultura (1,5 dS.m<sup>-1</sup>), no manejo fertirrigado provavelmente devido a diluição dos sais no bulbo úmido graças à frequência da fertirrigação (a cada três dias).

## **6.2. Matéria fresca aérea total**

A análise de variância dos dados relativos à matéria fresca aérea total (MFAT) podem ser observados no Quadro 5. Observa-se que não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas, bem como para a interação entre a fonte e o sistema de manejo. No entanto, houve diferença significativa a 5% de probabilidade para o manejo utilizado, sendo a média obtida no manejo fertirrigado (872,4 g) significativamente superior ao obtido no manejo convencional (821,3 g).

Thompson e Best (1991), citados por Yuri (2000), realizaram nas condições de verão do Canadá, um estudo sobre competição de cultivares sob sistema de manejo convencional, 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 com alface americana em cultivo fertirrigado. Ainda, na mesma citação, Thompson e Best (1992), entre maio e julho, avaliando sete cultivares de alface do Grupo da Alface americana sob manejo de adubação convencional, apresentaram a cultivar Gemini, com 770 gramas em média por planta, como a melhor.

**Quadro 5.** Análise de Variância da matéria fresca aérea total (MFAT) na alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>	<b>Teste Tukey MFAT (g)</b>
<b>Fonte</b>	2	5699,051	1,412	
<b>Manejo</b>	1	19609,633	4,857*	
Convencional				821,2 <sup>a***</sup>
Fertirrigação				872,4 <sup>b</sup>
<b>Fonte x Manejo</b>	5	8091,700	2,004	
Erro	24	4037,509		
CV (%)	7,50			
Média Geral (g)	846,811			

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

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, sob manejo fertirrigado, um peso total médio por planta de 801 gramas e Antunes (2001) que obteve com a aplicação sob fertirrigação de nitrogênio, na forma de nitrato de cálcio, para a cultivar Lucy Brown 815 gramas em média por planta, e

inferiores aos obtidos por Mota (1999), que verificou, para a cultivar Lorca, peso médio próximo a 1000 gramas para a dose máxima de cloreto de potássio, aplicado via fertirrigação, estimada pela curva de regressão.

Alvarenga (1999) trabalhando com doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação 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  $1.011 \text{ g.planta}^{-1}$ . Yuri (2000) trabalhando com avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em manejo fertirrigado por gotejamento, 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 obtidos neste experimento podem se dever ao fato da ocorrência de outros fatores de variação que não a época de plantio, como condições de cultivo em vaso, disponibilidade de água, fatores edafoclimatológicos, entre outros.

Em experimentos de vaso o cloreto de potássio (KCl) aumentou a produção de matéria fresca da alface, mas o sulfato de potássio aumentou o teor de vitamina C e de açúcar da tal modo que o ideal parece ser uma mistura das duas formas.(NURZYNSKI, 1978, citado por ZEHLER et al., 1986).

No desdobramento da análise dentro das fontes de fertilizante, houve diferença significativa para o manejo fertirrigado (914,8 g) para a fonte cloreto de potássio que mostrou média superior ao manejo convencional (803,3 g) a 1% de probabilidade, como pode ser observado no Quadro 6 e Figura 9. Na Figura 10 podem ser observadas fotos ilustrativas dos tratamentos quanto a MFAT.

Em iguais concentrações, o KCl produz íons osmoticamente mais ativos do que o  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Como o Cl fica ionizado ele fica sempre osmoticamente ativo sendo, portanto, responsável pelo rápido ajustamento do plasma celular. Ambos Cl e  $\text{SO}_4$  são íons coloidamente ativos e regulam o teor de água da planta, mas o Cl, mais fortemente hidratado, tem maior efeito na intumescência do que o  $\text{SO}_4$  e é, portanto, mais eficiente na redução da transpiração e no aumento da absorção de água.

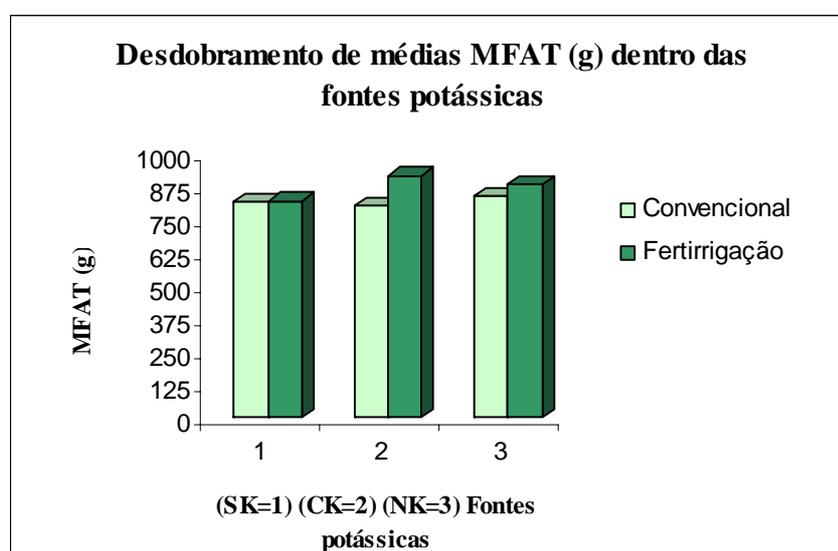
**Quadro 6.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para a matéria fresca aérea total (MFAT) na alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey MFAT (g)
Manejo / SK	1	5,898	0,001	
Manejo / CK	1	31063,902	7,694**	
CK3-Convencional				803,3 <sup>a***</sup>
CK4-Fertirrigado				914,8 <sup>b</sup>
Manejo / NK	1	4723,233	1,170	
Erro	24	4037,509		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 9.** Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade para o parâmetro MFAT (g) - matéria fresca aérea total, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

Embora a quantidade de sal aplicado ao final do ciclo ser a mesma tanto no manejo convencional quanto no manejo fertirrigado, e portanto, a salinidade gerada deveria ser semelhante, a distribuição deste sal ao longo do tempo no manejo convencional se deu de forma concentrada (aplicado em quatro vezes) enquanto na fertirrigação a aplicação foi parcelada (em dezesseis aplicações) o que minimiza os efeitos gerados pela excessiva salinidade.

O potássio atinge as raízes das plantas por transporte em solução e a sua concentração na solução do solo determina quanto K pode atingir as raízes em um determinado tempo. Deve ser reconhecido que os níveis de K solúvel na solução do solo são apenas indicadores de disponibilidade momentânea. Para a produção bem sucedida de uma cultura é mais importante que a concentração da solução do solo seja mantida a um nível satisfatório durante o período de crescimento (Associação...,1990).

Como já discutido anteriormente, a característica salina da fonte cloreto de potássio pode ter sido responsável pela diferença significativa obtida para a fonte entre os manejos utilizados.



**Figura 10.** Fotos representativas das parcelas para o parâmetro matéria aérea fresca total onde: (SKC = sulfato de potássio convencional), (SKF = sulfato de potássio fertirrigado), (CKC = cloreto de potássio convencional), (CKF = cloreto de potássio fertirrigado), (NKC = nitrato de potássio convencional) e (NKF = nitrato de potássio fertirrigado).

### 6.3. Matéria fresca aérea comercial

Tal parâmetro foi avaliado buscando-se propor referência para a produção da alface americana comercializada sem processamento industrial. Ou seja, a planta de alface americana, retiradas as folhas externas sem condição de aproveitamento até o ponto em que as demais folhas externas e a cabeça, propriamente dita, podem ser consideradas um conjunto comercializável. Trata-se do padrão de comercialização para a venda em supermercados e “verdurões” onde o descarte é o mínimo possível, e neste experimento denominado como matéria fresca aérea comercial (MFAC).

No Quadro 7 são apresentados os resultados da análise de variância para o parâmetro matéria fresca aérea comercializável (MFAC) e a média geral obtida de 754,8 g. Não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizantes potássico utilizadas e nem para a interação entre as fontes e o manejo de adubação empregado.

**Quadro 7.** Análise de variância do parâmetro matéria fresca aérea comercializável (MFAC) da alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	3220,696	0,825
<b>Manejo</b>	1	8403,815	2,152
<b>Fonte x Manejo</b>	5	7375,109	1,888
Erro	24	3905,860	
<b>CV (%)</b>	8,28		
<b>Média Geral (g)</b>	754,8		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

Alves (1996), estudando o efeito da adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação convencional em alface, cv Regina 440, em cultivo protegido, verificou que onde usou a fertirrigação todas as características estudadas foram superiores. A

produção encontrada foi de 18,8 t.ha<sup>-1</sup> nos tratamentos com fertirrigação, enquanto que na adubação convencional foi de 13,5 t.ha<sup>-1</sup> e na testemunha de 11,3 t.ha<sup>-1</sup>.

Mesmo sem efeito principal significativo procedeu-se a análise das médias pelo Teste de Tukey para o desdobramento das mesmas para a fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado, o qual pode ser observado no Quadro 8 e na Figura 11. Tal medida foi realizada para se verificar se havia coerência entre o resultado obtido para a matéria fresca aérea total em relação ao desempenho da fonte cloreto de potássio.

Nota-se que o cloreto de potássio apresentou média para o parâmetro significativamente superior quando aplicado via fertirrigação em relação à aplicação na forma convencional, ratificando as suposições já realizadas sobre a influência da salinidade no manejo convencional, a qual levou a um maior descarte de folhas externas que ficaram mais secas e apresentando, inclusive, queimaduras nas bordas, uma característica de excesso de sal.

**Quadro 8.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro matéria fresca aérea comercial (MFAC) na alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey MFAC (g)
<b>Manejo / SK</b>	1	270,504	0,069	
<b>Manejo / CK</b>	1	22194,46	5,682*	
CK3-Convencional		3		716,1 <sup>a***</sup>
CK4-Fertirrigado				810,3 <sup>b</sup>
<b>Manejo / NK</b>	1	689,066	0,176	
Resíduo	24	3905,860		

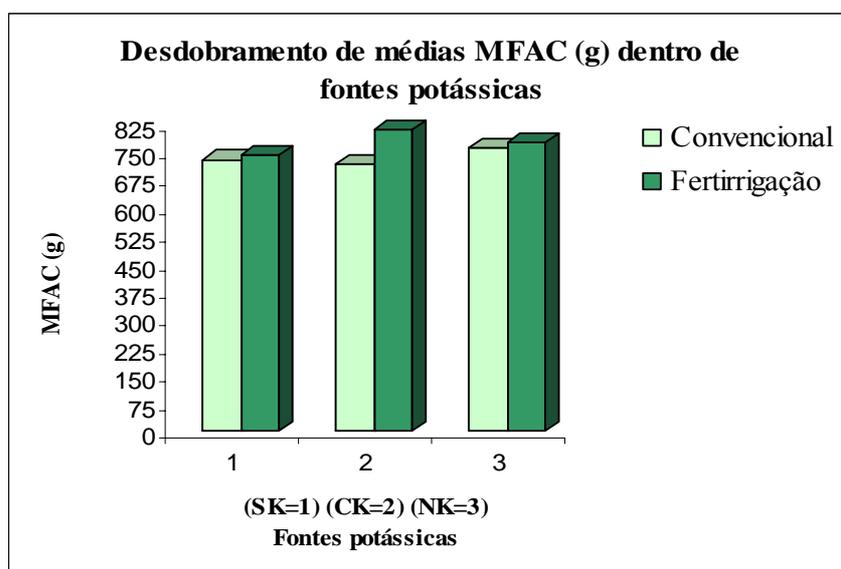
\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Segundo Yuri et al. (2002), a alface americana, destinada aos supermercados e verdurões, é colhida alguns dias antes de atingir o ponto máximo de desenvolvimento. Para este tipo de mercado a alface é colhida com as folhas externas, não sendo tão importante o rendimento em peso, uma vez que a comercialização é efetuada por unidade. Basta apresentar-se com aspecto visual agradável, sem ter sintomas de doenças ou danos por pragas.

Na Figura 12 pode-se observar foto ilustrativa do aspecto de uma planta pronta para a comercialização no padrão dos verdurões e supermercados, ou seja, com todas as folhas externas em condições de consumo.



**Figura 11.** Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro MFAC (g) – matéria fresca aérea comercial, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado na alface americana.



**Figura 12.** Detalhe do aspecto de uma planta de alface americana cv. 'Lucy Brown' pronta para a comercialização.

#### **6.4. Matéria seca aérea total**

A análise de variância dos dados relativos à matéria seca aérea total em gramas (g) se encontram resumidos no Quadro 9.

Houve diferença significativa para a interação entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas e o manejo de adubação empregado a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fernandes et al. (1971), citado por Alvarenga (1999), 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.

**Quadro 9.** Análise de variância do parâmetro matéria seca (MS) em gramas na alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	6,052	1,522
<b>Manejo</b>	1	12,936	3,253
<b>Fonte x Manejo</b>	2	15,314	3,851*
Erro	24	3,977	
<b>CV (%)</b>	6,46		
<b>Média Geral (g)</b>	30,87		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Furlani (1997) determinou o acúmulo de matéria seca e de nutrientes em plantas de alface americana cv. Lorca: matéria seca [27900 g.(1000 plantas<sup>-1</sup>)], N [1126g.(1000 plantas<sup>-1</sup>)], P [163 g.(1000 plantas<sup>-1</sup>)], K [1623g.(1000 plantas<sup>-1</sup>)], Ca [276g.(1000 plantas<sup>-1</sup>)]. No presente trabalho com a cv. ‘Lucy Brown’ (Quadro 9) obteve-se valor médio de matéria seca por planta superior. 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 .

Houve diferença significativa para o desdobramento das médias obtidas para cada fonte dentro da variação manejo, sendo que o cloreto de potássio quando aplicado via fertirrigação apresentou resultados superiores de acúmulo de matéria seca quando se compara a mesma fonte aplicada de forma convencional (Quadro 10 e Figura 13) . O aumento da condutividade elétrica gerada pelo aumento da salinidade causada pelo cloreto de potássio de forma concentrada na forma convencional reduziu o acúmulo de matéria seca na planta.

**Quadro 10.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para a matéria seca (MS) na alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey MS (g)
<b>Manejo / SK</b>	1	3,364	0,846	
<b>Manejo / CK</b>	1	35,910	9,029**	
CK-Convencional				28,444 <sup>a***</sup>
CK-Fertirrigado				32,234 <sup>b</sup>
<b>Manejo / NK</b>	1	4,290	1,079	
Resíduo	24	3,977		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

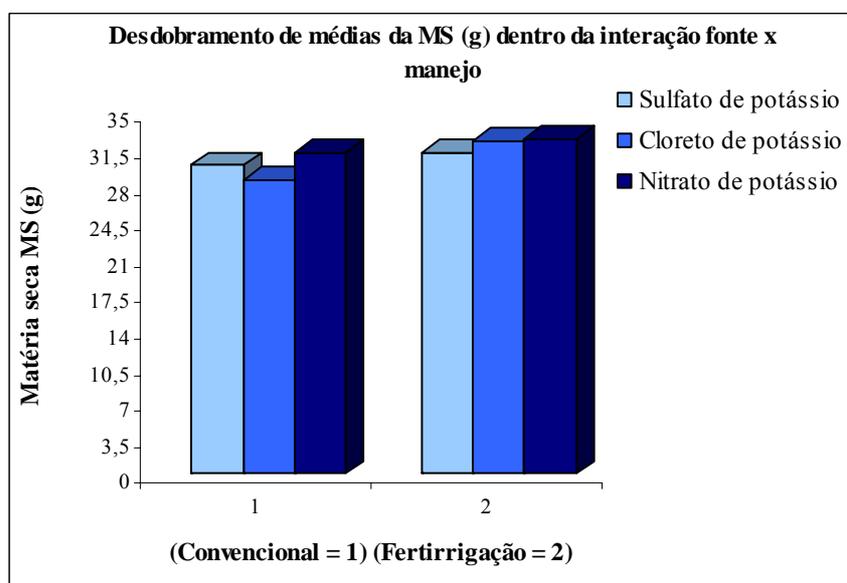
\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Mais altas produções de peso fresco são obtidas com cloreto de potássio por causa do aumento do teor de água nas folhas (SCHMALFUSS & REINICKE, 1960, citado por ZEHLER et al., 1986), mas as mais altas produções de matéria seca são obtidas com o sulfato de potássio de acordo com trabalhos franceses segundo Loué (1978) citado por ZEHLER et al. (1986).

Experimentos com diferentes formas de N e K deram as mais altas produções de matéria seca e a combinação KCl + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> teores mais altos de caroteno e vitamina C (SCHUPHAN (1940), citado por ZEHLER et al., 1986). A combinação de KCl + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> parece ter sido benéfica com respeito à produção de matéria seca e teores de carboidratos, minerais e vitamina C (NURZYNSKI,(1978), citado por ZEHLER et al., 1986).

O comportamento apresentado pelo cloreto de potássio aplicado na forma convencional, ratifica os efeitos prejudiciais do aumento da concentração dos sais na solução do solo. Padilha (1997), citado por Villas Bôas (2001) afirma que também a escolha da fonte, a freqüência e dosagem de fertilizantes, que influem no potencial salino da solução

aplicada, podem interferir negativamente na produtividade a medida que a CE ultrapassa o limite crítico para a cultura.



**Figura 13.** Análise de variância do desdobramento da interação fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) x manejo utilizado para o parâmetro matéria seca aérea total (MS) em gramas na alface americana.

### 6.5. Número de Folhas Externas

Os resultados da análise de variância para o parâmetro número de folhas externas podem ser observados no Quadro 11.

Não houve diferenças significativas entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas para o número de folhas externas, assim como não houve interação significativa entre as fontes e o manejo de adubação empregado.

O manejo de adubação, aqui denominado como convencional, apresentou diferença significativamente superior quando comparada à aplicação via fertirrigação quanto ao parâmetro avaliado o que é um resultado indesejável para a cultura.

**Quadro 11.** Análise de variância do parâmetro número de folhas externas (NFE).

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>	<b>Teste Tukey NFE</b>
<b>Fonte</b>	2	0,390	0,386	
<b>Manejo</b>	1	4,370	4,324*	
Convencional				11,47 <sup>b***</sup>
Fertirrigado				10,71 <sup>a</sup>
<b>Fonte x Manejo</b>	5	0,614	0,607	
Erro	24	1,011		
<b>CV (%)</b>	9,06			
<b>Média Geral (g)</b>	11,092			

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Segundo Mota (1999), o aumento no número de folhas externas da alface americana é uma característica indesejável, pois, em geral, faz com que as cabeças se apresentem menos compactas, dificultando o transporte e o beneficiamento.

Alvarenga (1999) trabalhando com doses de nitrogênio aplicadas através da fertirrigação e aplicação foliar de cálcio em alface americana, não obteve diferenças significativas entre as doses de fertilizante usadas e o número de folhas externas.

Silva Júnior (1991) e Bueno (1998), concordam e afirmam que aplicações excessivas de nitrogênio na alface promovem a formação de plantas pouco compactas, com excesso de folhas para descarte, 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.

O desdobramento das médias do número de folhas externas para o manejo dentro de cada fonte de fertilizante potássico utilizada são apresentados no Quadro 12 e Figura 14, onde se observa que houve diferença significativa para fonte sulfato de potássio que apresentou número médio de folhas externas superior no manejo convencional.

**Quadro 12.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro número de folhas externas (NFE).

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey NFE
<b>Manejo / SK</b>	1	4,435	4,389*	
SK1-Convencional				11,79 <sup>b***</sup>
SK2-Fertirrigado				10,47 <sup>a</sup>
<b>Manejo / CK</b>	1	0,449	0,445	
<b>Manejo / NK</b>	1	0,713	0,705	
Resíduo	24	1,011		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

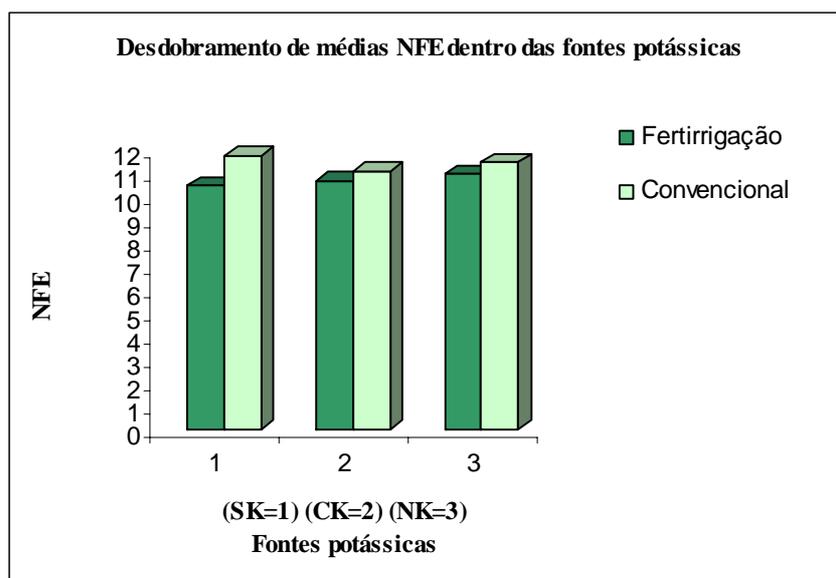
\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

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.

Antunes (2001), trabalhando com doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, com potássio aplicado na forma de sulfato de potássio e épocas de aplicação de giberelina na alface americana cultivar Lucy Brown, observou que houve uma aumento contínuo no número de folhas ao longo do ciclo sem influência da doses de fertilizante aplicadas e um aumento no número de folhas externas com a aplicação de giberelina aos 40 dias após a semeadura.

Observou-se que a aplicação de sulfato de potássio, embora não tenha havido diferença significativa, promoveu um estágio vegetativo mais longo nas plantas que

ficaram com folhas extremamente verdes e que não se fecharam em cabeça, aumentando por isso o número de folhas para descarte no processamento industrial, sem contudo afetar o padrão verdurões e supermercados.



**Figura 14.** Desdobramento das médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro NFE - número de folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

## 6.6. Comprimento e Largura Médios da Folha Externa

Os resultados obtidos pela análise de variância para os parâmetros comprimento e largura médios de folha externa podem ser observados nos Quadros 13 e 14.

Não ocorreram diferenças significativas para as características avaliadas quanto às fontes de fertilizantes aplicadas, nem quanto ao manejo de adubação empregado, tendo sido o comprimento médio geral de folha externa alcançado de 25,3 cm e a largura média de folha externa de 31,7 cm.

**Quadro 13.** Análise de variância do parâmetro comprimento médio de folha externa (cm).

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	1,889	2,108
<b>Manejo</b>	1	0,374	0,417
<b>Fonte x Manejo</b>	5	0,903	1,007
Erro	24	0,896	
<b>CV (%)</b>	3,74		
<b>Média Geral (cm)</b>	25,29		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

**Quadro 14.** Análise de variância do parâmetro largura média de folha externa (cm).

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	0,349	0,158
<b>Manejo</b>	1	2,599	1,178
<b>Fonte x Manejo</b>	5	1,343	0,609
Erro	24	2,206	
<b>CV (%)</b>	4,69		
<b>Média Geral (cm)</b>	31,68		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

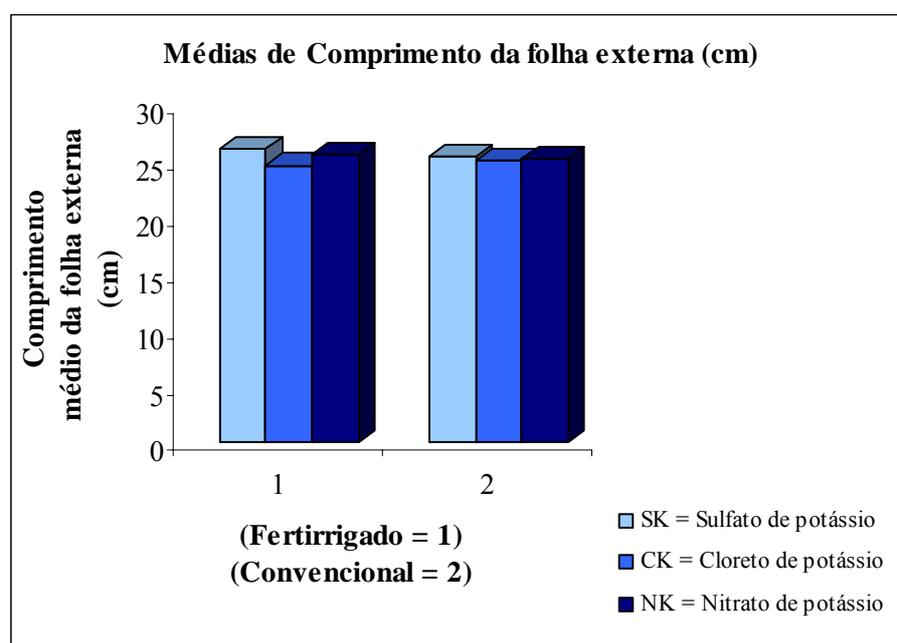
\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

Antunes (2001) obteve resposta quadrática para comprimento e largura médios de folhas externas entre doses de nitrogênio aplicadas (60, 120, 180 e 240 kg de N. ha<sup>-1</sup>), tendo sido os melhores resultados (comprimento médio 21,3 cm e largura média 22,2 cm) obtidos com a dosagem de 180 kg de N.ha<sup>-1</sup> na forma de nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

Os resultados obtidos neste experimento são superiores aos obtidos por Antunes (2001), o que se torna uma característica indesejável para o processamento industrial uma vez que se aumenta o peso do material de descarte.

Entretanto, se a mesma característica for avaliada para a produção de alface americana para a venda em verdurões e supermercados, onde as folhas externas com bom aspecto tornam o produto mais atrativo pelo tamanho e apreciação visual o referido parâmetro passa a ser desejável e significativo.

As médias obtidas nos tratamentos para o comprimento e largura médios da folha externa em centímetros estão representadas nas Figuras 15 e 16.

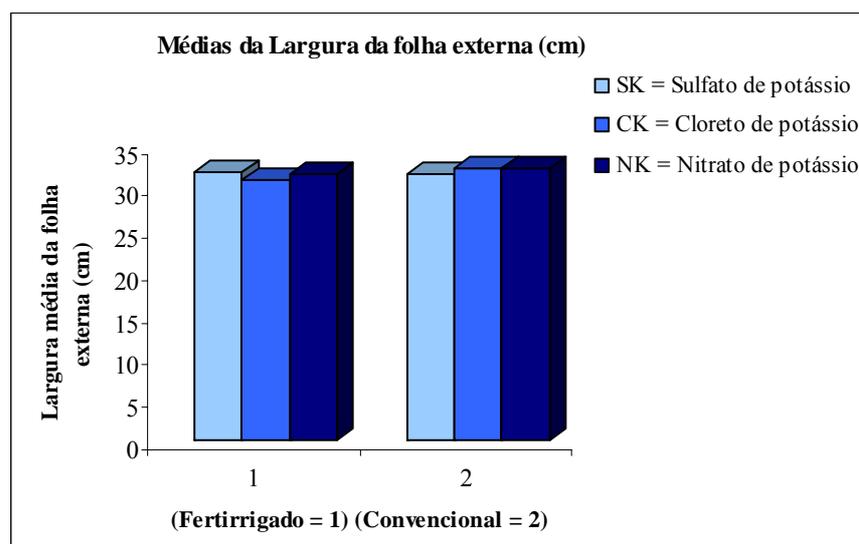


**Figura 15.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro comprimento médio das folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

O excessivo crescimento das folhas externas, notado neste experimento, promoveu um excelente aspecto visual às plantas, que além de muito viçosas e grandes, se mostraram sem nenhuma depreciação por manchas ou doenças foliares. Contudo, essas dimensões fazem com que a folha mostre-se com menor curvatura e, conseqüentemente, mais difícil fechamento de cabeça.

Embora não significativo, porém bastante coerente com o parâmetro número de folhas externas, na comparação entre as fontes, em observação no campo, induzem a uma discreta superioridade da fonte sulfato de potássio. Talvez o efeito de uma menor

salinidade gerada pelo sulfato de potássio tenha favorecido o estágio vegetativo, sem que houvesse drenagem de solutos para a formação de folhas internas novas e conseqüente fechamento da cabeça.



**Figura 16.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro largura média das folhas externas, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

### 6.7. Características da “Cabeça”

Não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas, bem como para a interação fontes e manejo de adubação para o parâmetro matéria fresca aérea pós processamento, aqui denominado como parte comercial “cabeça”, como pode ser observado no Quadro 15. Sendo o peso da cabeça comercial médio obtido neste experimento de 618,8 g .

Sousa (2000) trabalhando com doses de potássio em cobertura via fertirrigação na alface americana cultivar Tainá não encontrou diferença significativa entre as dosagens estudadas (0, 60, 90, 120 kg de  $K_2O$ .ha<sup>-1</sup> e padrão equivalente a 200 kg de  $K_2O$  + 70

kg de CaO.ha<sup>-1</sup>) para a matéria fresca da parte aérea comercial (“cabeça”), tendo alcançado valor médio de 637,3 g.planta<sup>-1</sup>.

**Quadro 15.** Análise de variância da cabeça comercial (g) da alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	3696,373	0,957
<b>Manejo</b>	1	6004,977	1,555
<b>Fonte x Manejo</b>	5	6552,284	1,697
Erro	24	3860,660	
<b>CV (%)</b>	10,04		
<b>Média Geral (g)</b>	618,8		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

Kalil (1992), comparando adubação nitrogenada via fertirrigação e manejo convencional em alface, observou uma maior eficiência na absorção de N pelas plantas que apresentaram maior número de folhas, maior diâmetro de cabeça e caule.

Alvarenga (1999), não observou influência de doses de nitrogênio aplicadas no solo através da fertirrigação 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<sup>-1</sup> de N) o equivalente a 461,08 gramas por cabeça. Antunes (2001) trabalhando com doses de nitrogênio e épocas de aplicação de giberelina, encontrou valores coerentes aos obtidos por esses autores (média geral de 567 g).

No desdobramento das médias pelo Teste Tukey cujos resultados podem ser observados no Quadro 16 e Figura 17, houve diferença significativa para o manejo dentro de cada fonte, tendo sido o cloreto de potássio aplicado via fertirrigação significativamente superior à média obtida pela mesma fonte no manejo convencional. Na Figura 18 estão representadas as parcelas para o parâmetro “cabeça”.

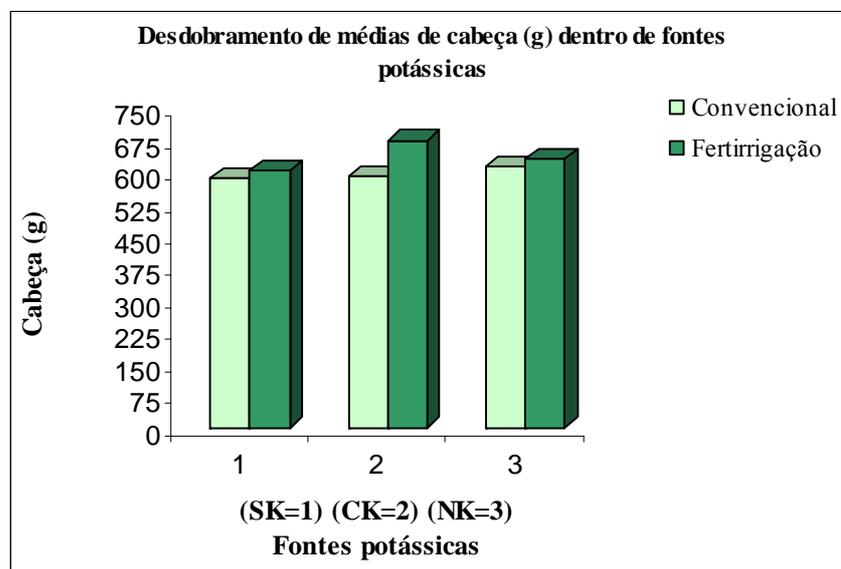
**Quadro 16.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro “cabeça”.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey “Cabeça” (g)
Manejo / SK	1	756,900	0,196	
Manejo / CK	1	17481,597	4,528*	
CK-Convencional				593,1 <sup>****</sup>
CK-Fertirrigado				676,7 <sup>b</sup>
Manejo / NK	1	4723,233	0,226	
Resíduo	24	4037,509		

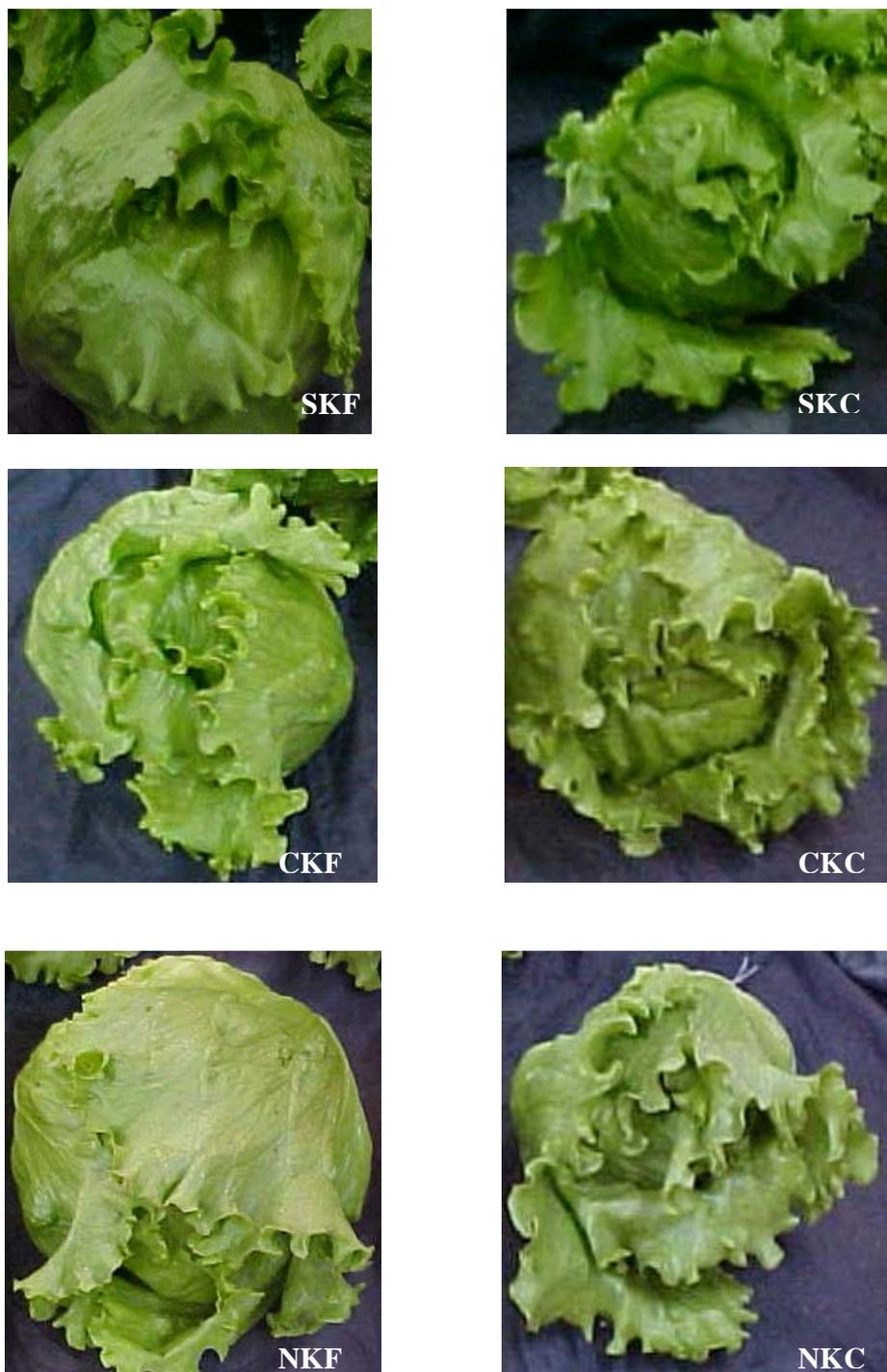
\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 17.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro cabeça (g), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.



**Figura 18.** Fotos representativas das parcelas para o parâmetro cabeça onde: (SKC = sulfato de potássio convencional), (SKF = sulfato de potássio fertirrigado), (CKC = cloreto de potássio convencional), (CKF = cloreto de potássio fertirrigado), (NKC = nitrato de potássio convencional) e (NKF = nitrato de potássio fertirrigado).

Mota (1999) alcançou peso de cabeça comercial aproximado de 695 g para melhor dosagem de  $113,77 \text{ kg.ha}^{-1}$  de KCl aplicado em fertirrigação, obtida pela equação de regressão linear quadrática  $y=38,81 + 0,05074x - 0,000223x^2$ .

É relatado que o potássio promove a síntese de assimilados na planta, interferindo na divisão celular, o que possibilita o aumento de peso na alface quando os demais nutrientes estão em equilíbrio. Esta observação foi confirmada por Mengel et al (1978), citado por Silva Júnior, (1991), na cultura do repolho, onde o fornecimento de potássio proporcionou um espessamento das paredes celulares externas da epiderme.

## **6.8. Diâmetro longitudinal e Diâmetro transversal da “cabeça”**

### **6.8.1. Diâmetro longitudinal da “cabeça”**

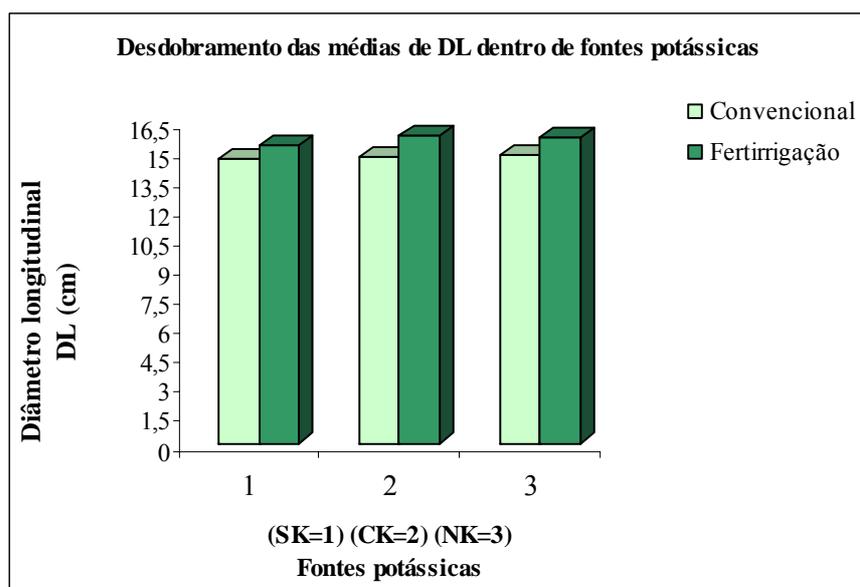
A análise de variância do parâmetro diâmetro longitudinal se encontra resumida no Quadro 17. Observa-se que não houve diferenças significativas para os efeitos estudados, seja na fonte de fertilizante potássico utilizada, no manejo da adubação ou na interação entre as fontes de variação. A média geral alcançada foi de 14,1 cm aproximadamente.

Bueno (1998) cita que uma das características em que se baseia o consumidor para a aquisição de alface é seu tamanho, tanto no comprimento como na altura. Uma das formas de aumentar o diâmetro da cabeça segundo Mondin (1988), é com o aumento do espaço entre as plantas. Este aumento se deve à menor competição por água e por nutrientes.

A representação do desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro longitudinal da “cabeça” (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado, pode ser observada na Figura 19.

**Quadro 17.** Análise de variância do parâmetro diâmetro longitudinal (DL) da “cabeça” da alfaca americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F
Fonte	2	1,881	2,437
Manejo	1	0,001	0,001
Fonte x Manejo	5	0,678	0,078
Erro	24	0,772	
CV (%)	6,25		
Média Geral (cm)	14,05		



**Figura 19.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro longitudinal da “cabeça” (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

### 6.8.2. Diâmetro transversal da “cabeça”

O parâmetro diâmetro transversal (DT), cujo resumo da análise de variância pode ser observado no Quadro 18, apresentou diferenças significativas entre os manejos de adubação utilizados. Não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante utilizadas assim como na interação entre as fontes e o manejo, sendo a média geral alcançada de 15,1 cm.

Silva Júnior (1989), em um experimento com aplicações de potássio observou que tanto nos estádios iniciais quanto nos estádios finais, na cultura do repolho, ocorreu a formação de cabeças mais firmes e bem fechadas, com maior compacidade. E quanto maior for a circunferência desta, maior será a produtividade. Esta característica é desejável tanto para o repolho quanto para a alface americana.

**Quadro 18.** Análise de variância do parâmetro diâmetro transversal (DT) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey DT (cm)
<b>Fonte</b>	2	0,234	0,700	
<b>Manejo</b>	1	5,932	17,746**	
Convencional				14,67 <sup>a****</sup>
Fertirrigado				15,58 <sup>b</sup>
<b>Fonte x Manejo</b>	5	0,092	0,275	
Erro	24	0,334		
<b>CV (%)</b>	3,82			
<b>Média Geral (cm)</b>	15,13			

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

No desdobramento das fontes de variação realizado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o parâmetro vegetativo em referência pode-se observar a

diferença significativa apresentada para as fontes potássicas aplicadas dentro de cada manejo de adubação empregado conforme o Quadro 19 e a Figura 20.

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<sup>-1</sup> a que promoveu o maior perímetro (46,51cm). Convertendo-se tal dado para diâmetro estimado ( $2\pi R$ ) tem-se 14,82 cm aproximadamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Bueno (1998) com a cultivar Lorca (perímetro aproximado de 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. Neste trabalho, se o diâmetro transversal for convertido em perímetro aproximado ( $2\pi R$ ) ter-se-á como média geral 47,53 cm, resultado esse bastante coerente com os apresentados pelos citados autores.

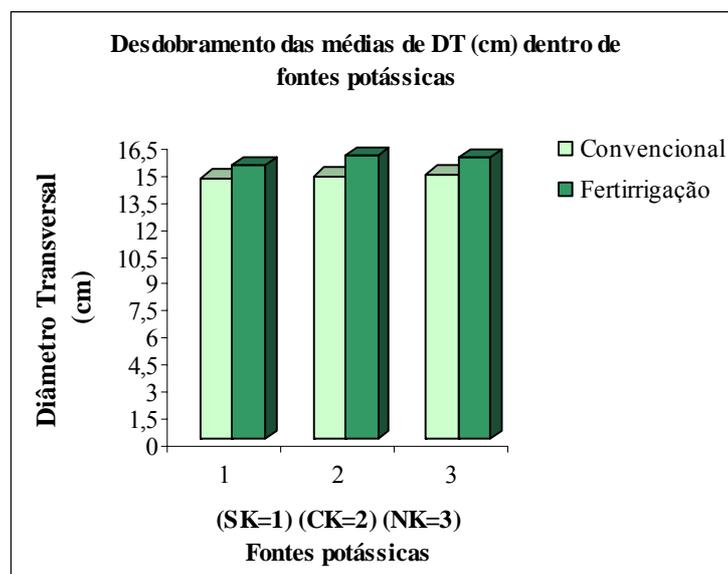
**Quadro 19.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro diâmetro transversal (DT).

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey DT (cm)
<b>Manejo / SK</b>	1	1,183	3,540	
<b>Manejo / CK</b>	1	2,862	8,563**	
CK-Convencional				14,69 <sup>a***</sup>
CK-Fertirrigado				15,76 <sup>b</sup>
<b>Manejo / NK</b>	1	2,070	6,194*	
NK-Convencional				14,76 <sup>a***</sup>
NK-Fertirrigado				15,67 <sup>b</sup>
Resíduo	24	0,334		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 20.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro transversal da “cabeça” (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

## 6.9. Altura e diâmetro do caule

### 6.9.1. Altura do caule

Pelos resultados obtidos pela análise de variância para o parâmetro altura do caule os quais se encontram resumidos no Quadro 20 pode-se observar que não houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizados no experimento. A interação entre as fontes e o manejo de adubação aplicado também apresentou resultados não significativos.

Apenas houve diferença significativa para o manejo de adubação cujos resultados foram de médias superiores para o manejo convencional (7,5 cm em média) em detrimento da fertirrigação (6,78 cm).

**Quadro 20.** Análise de variância do parâmetro altura do caule (AC) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey AC (cm)
<b>Fonte</b>	2	0,774	0,833	
<b>Manejo</b>	1	4,204	4,520*	
Convencional				7,53 <sup>b***</sup>
Fertirrigado				6,78 <sup>a</sup>
<b>Fonte x Manejo</b>	5	3,033	3,621	
Erro	24	0,930		
<b>CV (%)</b>	13,47			
<b>Média Geral (cm)</b>	7,16			

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

Segundo Bueno (1998), o comprimento e o diâmetro do caule, são duas características de relativa importância para a cultura da alface americana, pois na indústria fatia-se toda a cabeça, sendo indesejável um caule que apresente grandes proporções.

Para 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 as folhas manualmente com o auxílio de uma faca própria. O mesmo autor, 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. Bueno (1998), obteve, com a cultivar Lorca, comprimento de caule de 6,8 cm .

Yuri (2000) e Bueno (1998) discordam entre si quanto ao comprimento do caule e sua importância para a produção comercial da alface americana. Segundo o primeiro autor o caule muito comprido implica no descarte de uma quantidade maior de material, enquanto o segundo 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.

Antunes (2001) trabalhando com doses de nitrogênio e épocas de aplicação de giberelina alcançou para a dose de 180 kg de N.ha<sup>-1</sup> e sem aplicação de giberelina comprimento médio de caule de 6,4 cm para a cultivar Lucy Brown. O mesmo autor observou que o crescimento do caule obtido pela aplicação da giberelina levou a um aspecto depreciativo da formação da cabeça que ficou pouco compacta e com excessivo número de folhas externas (descarte).

O desdobramento das médias realizado pelo teste de Tukey, cujos dados se encontram resumidos no Quadro 21 e representados na Figura 21, mostrou que os fertilizantes sulfato de potássio e o cloreto de potássio promoveram um aumento significativo do caule quando aplicado na forma convencional em relação à fertirrigação.

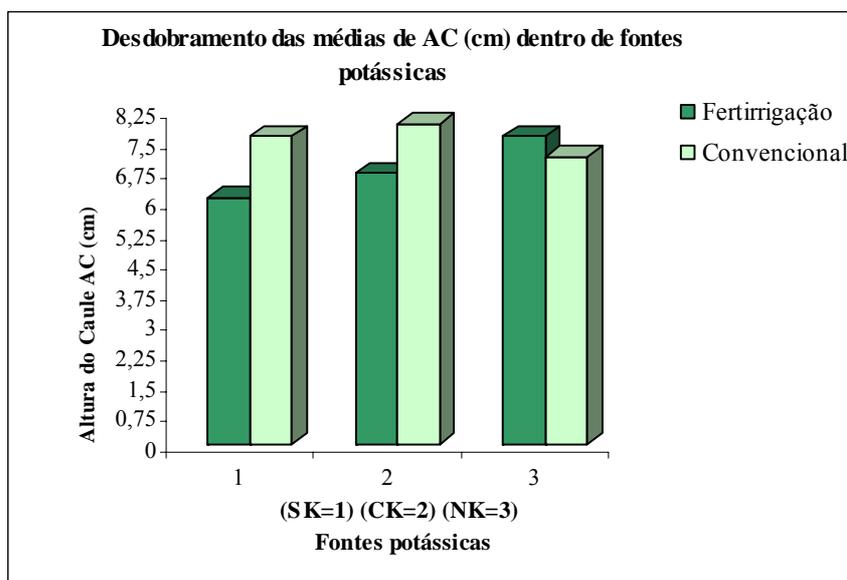
**Quadro 21.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro altura do caule (AC) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey AC (cm)
<b>Manejo / SK</b>	1	5,344	5,745**	
SK-Convencional				7,57 <sup>b***</sup>
SK-Fertirrigado				6,11 <sup>a</sup>
<b>Manejo / CK</b>	1	4,251	4,570*	
CK-Convencional				7,97 <sup>b***</sup>
CK-Fertirrigado				6,67 <sup>a</sup>
<b>Manejo / NK</b>	1	0,676	0,727	
Resíduo	24	0,930		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 21.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro altura do caule (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

Os resultados apontam para um efeito de aumento da expansão celular e drenagem de solutos para a formação do caule na aplicação convencional das fontes sulfato e cloreto de potássio, talvez gerada pelo aumento da salinidade proporcionada por tais fontes neste tipo de manejo. Com isso, as folhas se mostram mais soltas, com a largura da folha maior que seu comprimento dificultando o fechamento da cabeça e sua compactação.

### 6.9.2. Diâmetro do caule

Houve interação significativa a 5% de probabilidade entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas e o manejo de adubação empregado para o parâmetro diâmetro do caule (DC), sendo que os resultados resumidos obtidos na análise de variância se encontram no Quadro 22.

Os resultados dos desdobramentos dos testes de médias realizados podem ser observados nos Quadros 23 e 24, sendo que as médias se encontram representadas na Figura 22.

**Quadro 22.** Análise de variância do parâmetro diâmetro caule (DC) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F
Fonte	2	0,172	1,477
Manejo	1	0,169	1,450
Fonte x Manejo	5	0,380	3,267*
Erro	24	0,116	
CV (%)	12,69		
Média Geral (cm)	2,69		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

**Quadro 23.** Análise de variância do desdobramento de fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) dentro de cada manejo utilizado para o parâmetro diâmetro do caule (DC).

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey DC (cm)
Fonte / Convencional	2	0,056	0,485	
Fonte / Fertirrigação	2	0,496	4,259*	
				SK 2,27 <sup>a</sup> ***
				CK 2,69 <sup>ab</sup>
				NK 2,88 <sup>b</sup>
Resíduo	24	0,116		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

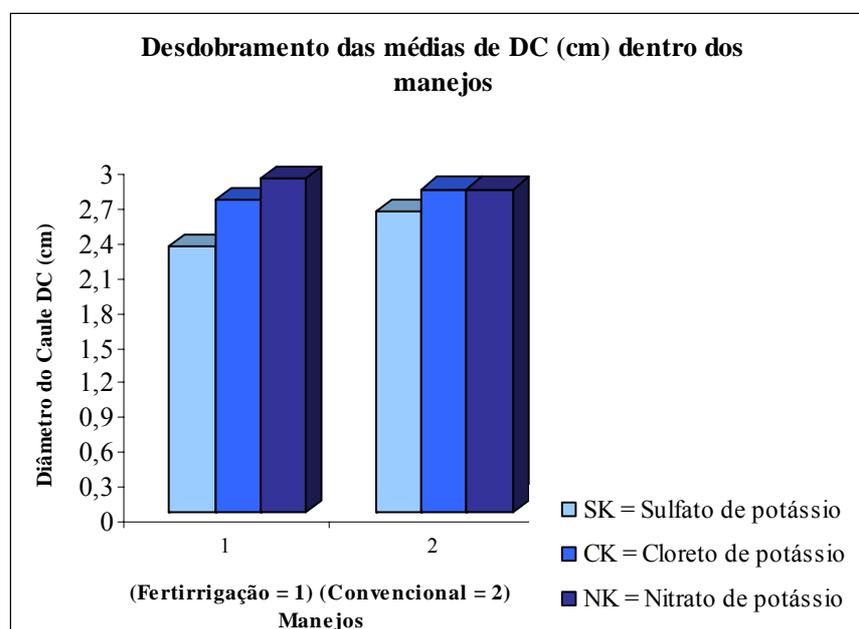
**Quadro 24.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro diâmetro do caule (DC).

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey AC (cm)
<b>Manejo / SK</b>	1	0,734	6,310**	
SK-Convencional				2,81 <sup>b***</sup>
SK-Fertirrigado				2,27 <sup>a</sup>
<b>Manejo / CK</b>	1	0,053	0,458	
<b>Manejo / NK</b>	1	0,142	1,217	
Resíduo	24	0,116		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 22.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro diâmetro do caule (cm), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

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. Antunes (2001) obteve para a cultivar Lucy Brown um diâmetro médio de caule de 2,85 cm na dose de 180 kg de N.ha<sup>-1</sup>.

Bueno (1998) 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.

Entretanto, 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 diferença significativa entre as doses de K para o diâmetro de caule, tendo alcançado o diâmetro de 2,90 cm com a melhor dose de cloreto de potássio (113,77 kg.ha<sup>-1</sup>), aplicado via fertirrigação.

Neste experimento observou-se que o caule com diâmetro maior e altura menor resulta em cabeças mais compactas (notas de 4 a 5) sendo qualificadas para o processamento industrial. Caso a finalidade da produção seja atender ao padrão destinado aos supermercados e verduras esta característica não se mostra relevante desde que as folhas externas possuam aspecto visual apreciável e tamanho desenvolvido, sendo nesse aspecto a fonte sulfato de potássio superior às demais fontes.

## **6.10. Volume e densidade da “cabeça”**

### **6.10.1. Volume da “cabeça”**

Houve diferença significativa para o parâmetro volume de “cabeça” entre os manejos de adubação empregados a 5% de probabilidade pelo teste F, como pode ser observado no Quadro 25.

**Quadro 25.** Análise de variância do parâmetro volume “cabeça” (cm<sup>3</sup>) da alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	61621,459	1,658
<b>Manejo</b>	1	157963,120	4,250*
<b>Fonte x Manejo</b>	2	30036,756	0,808
Erro	24	37164,217	
<b>CV (%)</b>	11,79		
<b>Média Geral (cm<sup>3</sup>)</b>	1635,57		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

O volume de cabeça foi obtido seguindo-se a metodologia descrita por Sousa (2000) o qual calculou o volume pela “equação do volume dos corpos esféricos”, portanto, como esfera perfeita, para o qual não obteve diferença significativa entre as doses de potássio aplicadas (0 a 120 kg.ha<sup>-1</sup>).

Analisando-se o Quadro 26 e a Figura 23, onde está resumida a análise de variância para o desdobramento das médias realizado pelo teste de Tukey da fonte de variação manejo dentro de cada fonte de fertilizante utilizada e as médias analisadas pelo teste, respectivamente, observa-se que o cloreto de potássio promoveu maior volume de cabeça quando aplicado via fertirrigação que ao ser aplicado na forma convencional.

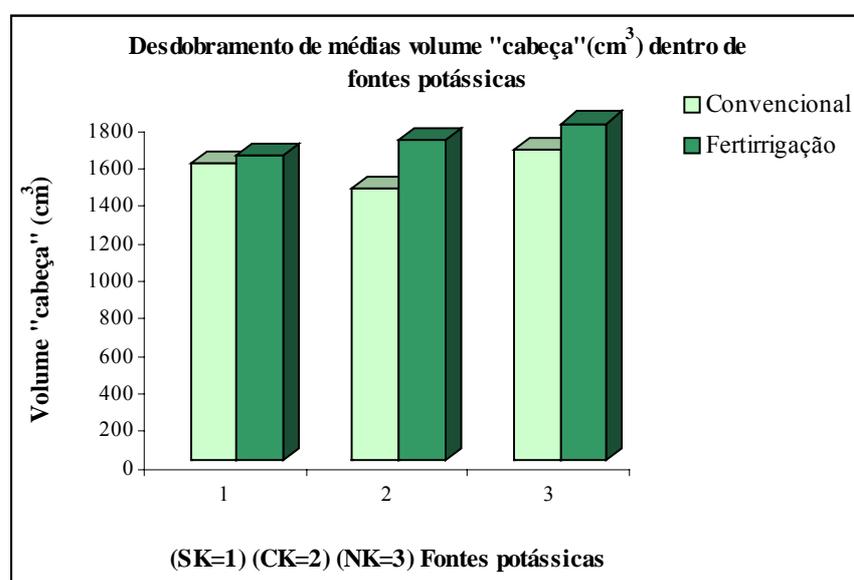
**Quadro 26.** Análise de variância do desdobramento de manejo em cada fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o volume “cabeça” ( $\text{cm}^3$ ) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey Volume ( $\text{cm}^3$ )
Manejo / SK	1	3478,225	0,094	
Manejo / CK	1	164403,684	4,424*	
CK-Convencional				1450,42 <sup>***</sup>
CK-Fertirrigado				1706,86 <sup>b</sup>
Manejo / NK	1	50154,724	1,350	
Resíduo	24	37164,217		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 23.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro volume da “cabeça” ( $\text{cm}^3$ ), na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado.

Como já discutido anteriormente, o aumento da salinidade tornou-se mais acentuado quando da aplicação convencional pela disponibilização em alta concentração do cloreto de potássio que possui elevada solubilidade. Tal parâmetro como se encontra diretamente relacionado ao diâmetro transversal mostrou comportamento semelhante àquela característica.

### 6.10.2. Densidade da “cabeça”

A densidade da cabeça foi obtida pela razão entre a matéria fresca aérea da “cabeça” e o seu volume, com base na metodologia proposta por Sousa (2000).

Os resultados da análise de variância para o parâmetro densidade de “cabeça” podem ser observados no Quadro 27. Não houve diferença significativa para nenhuma das fontes de variação avaliadas pelo teste F a 5% de probabilidade.

As médias submetidas ao teste após o desdobramento da fonte de variação manejo dentro de cada fonte de fertilizante potássico utilizada estão representadas na Figura 24.

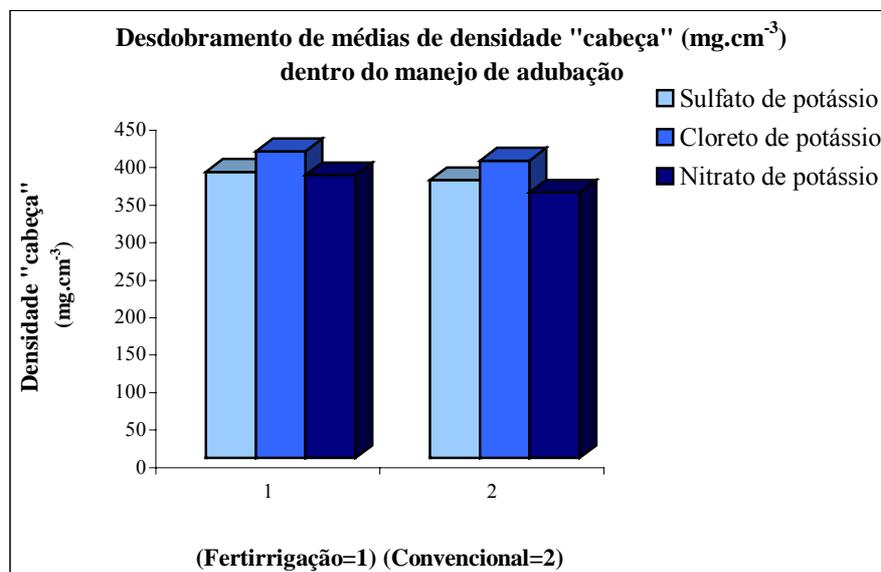
**Quadro 27.** Análise de variância do parâmetro densidade “cabeça” ( $\text{mg.cm}^{-3}$ ) da alface americana.

<b>Fontes de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Estatística F</b>
<b>Fonte</b>	2	3676,664	2,227
<b>Manejo</b>	1	1774,083	1,075
<b>Fonte x Manejo</b>	2	111,553	0,068
Erro	24	1651,021	
<b>CV (%)</b>	10,65		
<b>Média Geral (<math>\text{mg.cm}^{-3}</math>)</b>	381,436		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.



**Figura 24.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro densidade da “cabeça” ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), para cada fertilizante potássico utilizado dentro da fonte de variação manejo na alface americana.

Sousa (2000) não obteve diferença significativa para a densidade de cabeça sob diferentes doses de potássio em cobertura via fertirrigação e sugeriu uma tendência em reduzir a densidade com o incremento nas doses de potássio.

Neste experimento, as fontes de potássio aplicadas parecem não ter tido influência na densidade da cabeça quando avaliadas dentro do mesmo manejo de adubação. A observação visual, no entanto, permite supor que houve um atraso no fechamento da cabeça gerado pelo crescimento excessivo das folhas com o uso das fontes sulfato de potássio e cloreto de potássio. Tal fato é ratificado pelo comportamento dos parâmetros que envolvem as folhas (número de folhas externas, comprimento e largura médios de folha externa) que mostraram resultados superiores aos dos autores Alvarenga (1999); Bueno(1998) e Mota (1999) e que resultaram em aumento do material de descarte.

Sendo o volume e a densidade grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior o volume menor será a densidade obtida para a “cabeça”, explicam-se as melhores médias de densidade obtidas pelas fontes sulfato e cloreto, já que tiveram o volume reduzido pelo aumento do material de descarte.

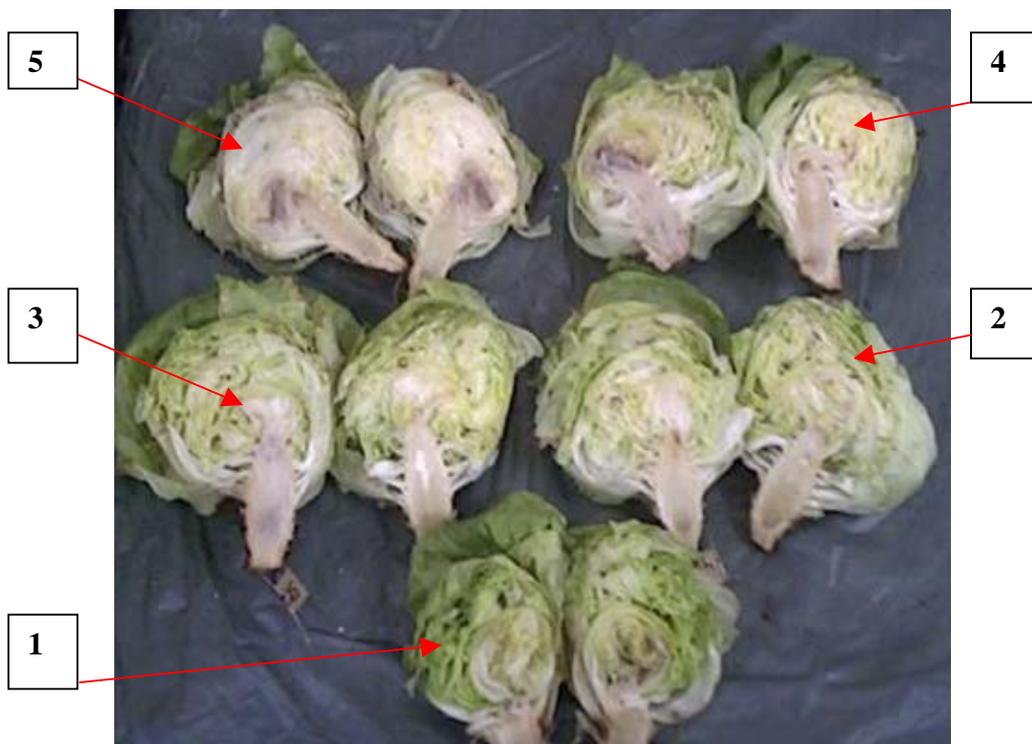
### **6.11. Qualificação da compacidade da “cabeça”**

A compacidade da “cabeça” é uma característica bastante desejada entretanto, dificilmente discutida de forma padronizada entre os diversos autores.

Sousa (2000) afirma que a boa formação de “cabeça” está vinculada ao fechamento compacto de suas folhas ao centro da planta, o que pode ser diretamente relacionado com a densidade, ou seja, quanto maior o peso e menor o volume, mais compactada será a cabeça e portanto, de melhor qualidade, e para tal estimativa o referido autor determinou o volume com base na equação do volume de objetos esféricos.

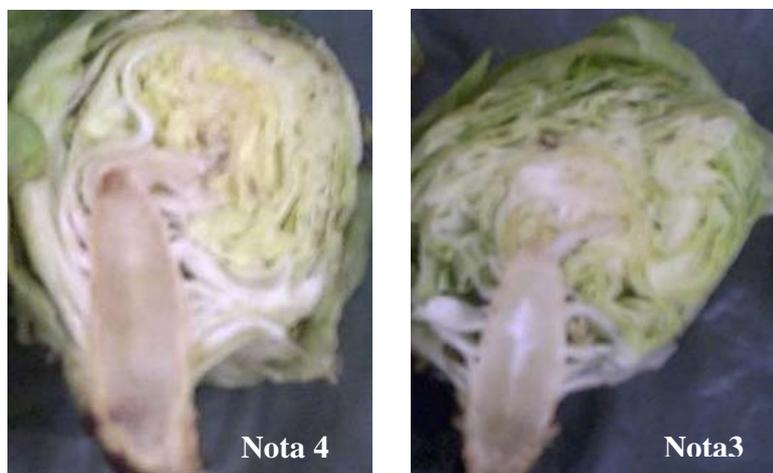
Autores, como Mota (1999), correlacionam a qualidade ou boa formação da cabeça pelo perímetro estimado de sua circunferência, tomada como medida real com o uso de fita métrica. Já Silva Júnior (1991), Kalil (1992) e Bueno (1998) correlacionam a compacidade de cabeça ao comprimento e diâmetro do caule e a inserção das folhas internas. A medida que se aumenta o número de folhas, aumenta-se o comprimento do caule em proporções maiores que o diâmetro.

Neste trabalho, foram utilizadas todas essas medidas reais citadas por tais autores e já discutidas nos itens anteriores. Além dessas medidas procurou-se estabelecer uma classificação da qualidade da compacidade da “cabeça” através da adoção de uma escala de notas tomada a partir da observação visual do corte transversal da “cabeça” graduada de 0 a 5 (zero a cinco), onde : 0 (zero) - representa a ausência total de cabeça formada; 1 (um) - cabeça sem miolo definido; 2 (dois) - cabeça com miolo aparente e folhas periféricas soltas; 3 (três) - miolo definido e folhas iniciando compactação na periferia; 4 (quatro) - miolo definido e folhas da periferia compactadas mas permitindo individualização visual, 5 (cinco) - miolo compacto e sem individualização visual das folhas periféricas. A representação do padrão das notas adotado se encontra identificado pela Figura 25, 26 e 27.

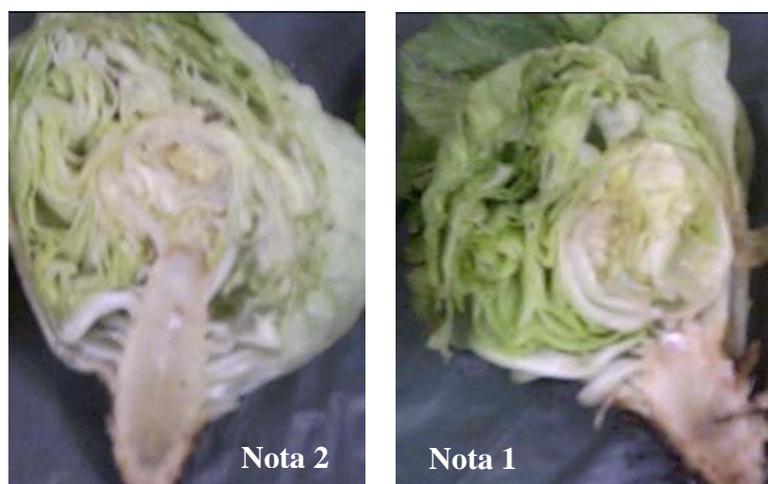


**Figura 25.** Notas atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown).

Fotos tiradas após a coleta dos dados de tempo de prateleira (168 horas)



**Figura 26.** Notas 4 e 3 atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown).



**Figura 27.** Notas 2 e 1 atribuídas à compacidade da cabeça da alface americana (Lucy Brown).

Houve diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas para o parâmetro denominado como qualificação da compacidade da “cabeça” a 5% de probabilidade pelo teste F. Entretanto, não houve diferença entre os manejos utilizados e nem para a interação entre as fontes e o manejo de adubação empregado. Os resultados da análise de variância para o parâmetro se encontram no Quadro 28.

**Quadro 28.** Análise de variância do parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça” (escala de notas atribuídas de 0 a 5).

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F
<b>Fonte</b>	2	0,946	3,517*
<b>Manejo</b>	1	0,010	0,039
<b>Fonte x Manejo</b>	5	0,640	2,380
Erro	24	0,269	
<b>CV (%)</b>	13,13		
<b>Média Geral</b>	3,95		

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey.

O desdobramento das médias obtido pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para as fontes de fertilizante potássico utilizadas dentro de cada manejo de adubação empregado, para o parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça”, podem ser verificadas no Quadro 29 e na Figura 28.

O tratamento em que a fonte de potássio utilizada foi o sulfato de potássio mostrou resultado inferior na escala de notas atribuída no experimento para a qualificação da compacidade da “cabeça”, e, portanto, coerência em relação aos parâmetros discutidos anteriormente (número de folhas externas, volume e densidade de cabeça). Ou seja, provavelmente o menor efeito salino da fonte, quando aplicado via fertirrigação, levou as plantas a um prolongamento da fase vegetativa o que levou ao maior desenvolvimento das folhas e do caule, ficando, assim a cabeça menos compacta, sem miolo definido e, portanto, indesejável para o processamento industrial. Caso a finalidade da produção seja atingir o padrão verdurões e supermercados a diferença, embora significativa, mostrou-se irrelevante.

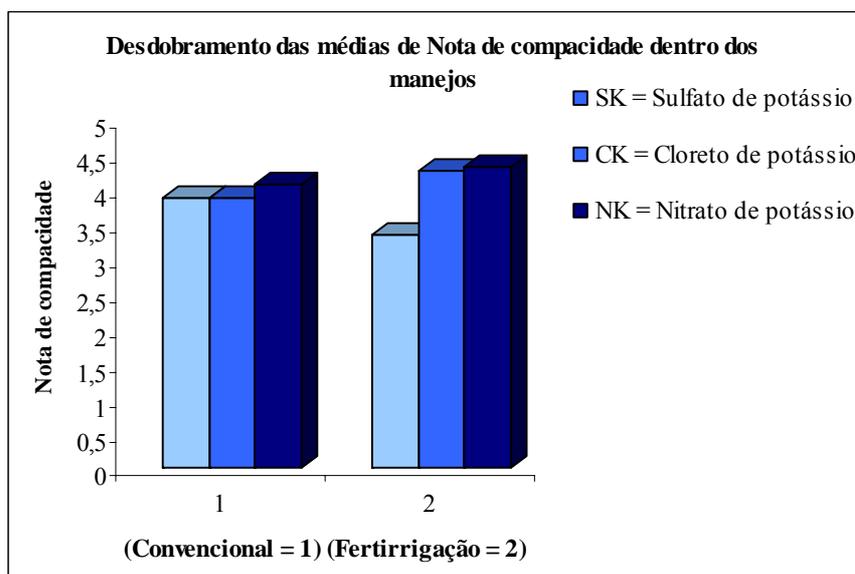
**Quadro 29.** Análise de variância do desdobramento de fonte de fertilizante potássico (SK - sulfato de potássio, CK – cloreto de potássio e NK – nitrato de potássio) utilizado para o parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça” (escala de notas atribuídas de 0 a 5) da alface americana.

Fontes de Variação	GL	QM	Estatística F	Teste Tukey	Nota
Fonte / Convencional	2	0,0667	0,248		
Fonte / Fertirrigação	2	1,5193	5,649**		
SK				3,33 <sup>a***</sup>	
CK				4,26 <sup>b</sup>	
NK				4,31 <sup>b</sup>	
Resíduo	24	0,2689			

\*significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

\*\*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade.

\*\*\*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



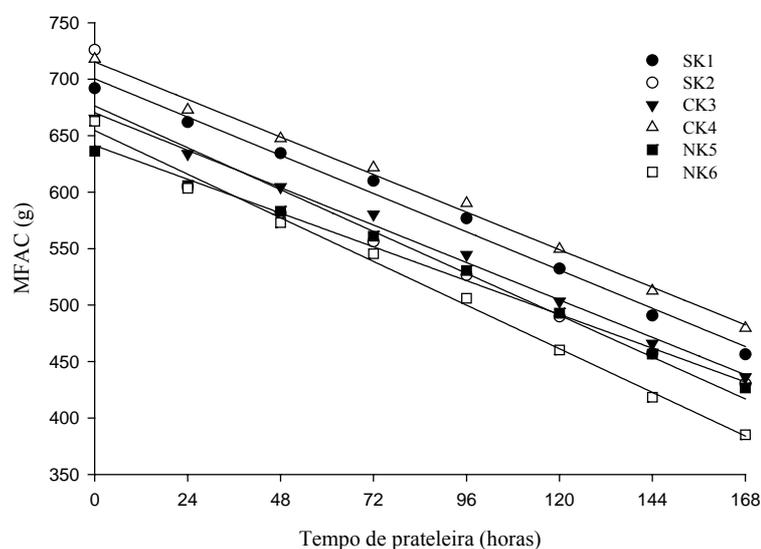
**Figura 28.** Desdobramento das médias, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o parâmetro qualificação da compacidade da “cabeça”, na fonte de variação manejo dentro de cada fertilizante potássico utilizado na alface americana.

Quando o parâmetro é avaliado para o manejo convencional a fonte sulfato de potássio se iguala ao cloreto provavelmente pela maior concentração salina gerada pelo sistema de aplicação do adubo.

### 6.12. Capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira

As plantas selecionadas por amostragem e submetidas ao acompanhamento da perda de peso ao longo do tempo (intervalos de 24 horas) geraram um parâmetro aqui denominado como tempo de prateleira e que tem por intuito inferir sobre o comportamento da perda de peso e possível interação com a fonte e o manejo de adubação.

O resumo da análise de variância à qual foram submetidas as curvas de regressão e seus parâmetros se encontram no Quadro 30, e as curvas de regressão obtidas para cada fonte de fertilizante potássico dentro de cada manejo de adubação ao longo do tempo estão representadas na Figura 29.



**Figura 29.** Curvas de regressão para a capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira (horas) da cultura da alface americana cv. ‘Lucy Brown’.

**Quadro 30.** Análise de regressão para a capacidade de conservação da “cabeça” – Tempo de prateleira (horas) medida após a colheita da cultura alface americana cv. ‘Lucy Brown’ no ponto comercial.

Fontes	Manejo	Parâmetros de ajuste			Probabilidade <sup>4</sup>
		a <sup>1</sup>	b <sup>2</sup>	(R <sup>2</sup> ) <sup>3</sup>	
<b>SK1</b>	Fertirrigação	700,36	-1,41	0,9998	P < 0,0001
<b>SK2</b>	Convencional	676,35	-1,54	0,9982	P < 0,0001
<b>CK3</b>	Fertirrigação	670,23	-1,38	0,9999	P < 0,0001
<b>CK4</b>	Convencional	715,33	-1,38	0,9999	P < 0,0001
<b>NK5</b>	Fertirrigação	641,30	-1,25	0,9999	P < 0,0001
<b>NK6</b>	Convencional	654,55	-1,61	0,9998	P < 0,0001

1 = Intercepto de coesão

2 = Coeficiente angular

3 = Coeficiente determinante

4 = Significância do ajuste

Houve resposta linear e significativa a 1% de probabilidade para a perda de peso. O tratamento onde a fonte de potássio aplicada foi o nitrato de potássio aplicado na água de irrigação apresentou tendência de uma menor perda de peso ao longo do tempo se comparado às demais fontes e seus respectivos manejos.

O potássio é um regulador da atividade celular promovendo a síntese de carboidratos e de proteína. Faz com que as células tenham paredes mais grossas e por isso tecidos mais firmes que entram em colapso mais dificilmente e a sua falta faz com que se acumulem produtos nitrogenados e açúcares solúveis (MALAVOLTA, 1982).

A utilização de sulfato de potássio resulta em maior teor de matéria seca (menos umidade) em muitas culturas. Quanto maior o teor de umidade do produto, mais suscetível ele é a danos mecânicos durante a comercialização e à deterioração durante o armazenamento. A maior firmeza de produtos como a alface, a cebola e o repolho, compensam o maior custo do sulfato de potássio (ZEHLER et al., 1986)

As folhas de plantas adubadas com fertilizantes sulfatados mostram a mais baixa perda de umidade (perda de peso depois de 4 dias de armazenamento: KCl 24%,  $K_2SO_4$  19,2%) e portanto, conservam melhor a qualidade (GRUTZ, 1953 e HAYWARD, 1955, ambos citados por ZEHLER et al., 1986).

## 7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As fontes de fertilizante potássico utilizadas (sulfato de potássio; cloreto de potássio e nitrato de potássio) não diferiram entre si para os parâmetros de produção da alface americana cv 'Lucy Brown' cultivada em vasos sob ambiente protegido, exceto para a característica denominada como qualificação da compacidade da "cabeça" tomada na escala de 0 a 5. Embora não significativas, as médias apontam para uma tendência de superioridade gerada pelo nitrato de potássio.

Os manejos de adubação adotados para o experimento diferiram entre si para os parâmetros mais relevantes de produção. O cloreto de potássio diferenciou-se com superioridade na aplicação via fertirrigação para a matéria fresca aérea total e comercial; matéria seca aérea total, diâmetro transversal; altura do caule, volume da "cabeça".

Ocorreu diferença significativa para a interação entre os fatores de variação (fontes e manejo) para a matéria seca e diâmetro do caule sendo que as fontes apresentaram tendência de superioridade decrescente, tendo sido o nitrato superior ao cloreto e este, por sua vez, superior ao sulfato.

A condutividade elétrica e o tempo de prateleira apresentaram resposta linear e significativa, a 1% de probabilidade, para todas as fontes e dentro de todos os manejos, sendo a fonte nitrato de potássio aquela que apresentou menor condutividade elétrica no extrato saturado, acumulada ao longo do ciclo e as menores perdas de peso ao longo do tempo.

## 8. CONCLUSÕES

A aplicação de potássio exclusivamente via fertirrigação não causou restrição alguma à planta.

O sulfato de potássio no manejo convencional gerou incrementos em parâmetros considerados indesejáveis para a produção comercial visando processamento industrial (número de folhas externas e altura do caule) levando ao aumento do material de descarte, sem afetar, contudo, a matéria fresca aérea comercial (padrão verdurões e supermercados).

Por não ter havido diferença significativa entre as fontes de fertilizante potássico utilizadas neste experimento sugere-se o emprego de rotatividade entre os adubos utilizados para que se evite acúmulo de sais indesejados após plantios sucessivos e para que se permita um melhor balanceamento de nutrientes aproveitando-se íons acompanhantes distintos, sempre buscando a melhor relação custo-benefício.

## 9. 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).

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. 117p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

ALVES, D.R.B.A. **Efeito de adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação de forma convencional na produção de alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa**. Botucatu: UNESP, 1996. 78p. (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).

ANTUNES, C.L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento e época de aplicação foliar de Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>) em alface americana (*Lactuca sativa* L.) cv. ‘Lucy Brown’**. Botucatu: FCA/UNESP, 2001, 120p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45p.

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.

BAR-YOSEF, B.; SAVIG, B.; MARKOVICH, T. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorous fertigation. **Agron. J.**, v.81, p.443-7, 1987.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1989. 488p.

BISCONER, I. Quemigation: How irrigation lines can 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)

CAIXETA, T.J. **Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulco e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão**. Viçosa: UFV, 1978. 60p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola).

CASALI, V.W.D.; SILVA, R.F. de; RODRIGUES, J.J.V.; SILVA, J.F. da; CAMPOS, J.P. de **Anotações de aula teórica sobre produção de alface**. Viçosa: UFV, 21p., 1979. (Mimeo.).

CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Tradução por Mário F. Bento Ripado. Portugal: Lixeta, s.d., 368p.

CLARK, G.A.; STANLEY, C.C.; MAYNARD, D.N.; HOUCHMUTH, G.H. Water and fertilizer management of micirrigated fresh market tomatoes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.2, p.429-435, Mar./Apr. 1991.

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.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; SOUZA, E.C.A. de. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS. Jaboticabal, 1990. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. Cap.3, p.85-132.

DEMATTÊ, J.B.I.; CASSIANO SOBRINHO, F.; MENDONÇA, J.R.; CASTELLANE,P.D.; PERECIN, D. Influência de irrigação por gotejamento e aspersão sobre o desenvolvimento e produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil-48. **Científica**, São Paulo, v.9, n.2, p.207-213, 1981.

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.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras/FAEPE, 1994, p.118-125. Apostila do curso de especialização - Pós-Graduação “Lato Sensu”. Solos e Meio Ambiente.

FEITOSA, J.C.F. **Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão, com injetores tipo Venturi e tanque de derivação**. Viçosa: UFV, 1990. 53p. (Dissertação – Mestrado).

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças**. 2 ed. São Paulo: Ceres, 1981. v.1, 338p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças**. 2 ed. São Paulo: Ceres, 1982. v.2. 357p.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. (Coord.) **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

FRIZZONE, J.A.; et al. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico 2).

FURLANI, P.R. **Introduções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agronômico. 1997. 30p. (Boletim Técnico 168).

FURTADO, D. **SISVAR** Versão 4.2 (Build 39). Lavras: UFLA, 1999-2003.

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.

GASTALDI, C.R.; SUTTON, B.G. Optimizing nitrogen fertilization of vegetable crops by drip irrigation. **Acta Hort. Wageningen**, n.247, p.217-221. 1989.

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.; et al. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 319p, 1998.

GROBBELLAR, H.L.; LOURENS, F. Fertilizer applications with drip irrigation. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. **Proceedings ...**, Riverside: s.n., 1974. p. 411-415 .

HAMADA, W.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.1201-1209,1995.

HAWTHORN, L.R. & POLLARD, L.H.; **Production of Lettuce Seed as affected by Soil Moisture and Fertility**. Bulletin 386, Utah State Agricultural College, Logan, Utah, USA, p.2-23, 1956.

HAYNES, R.J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. **Fertilizer Research**, v.6, p.235-255, 1985.

HERNANDEZ, F.B.T. Potencialidades da fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO,A.E. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994.p. 215-225.

HOLMAN, H. Fertilizer and chemical injection for irrigation systems citrus and vegetable. **Magazine**, Tampa, 41(7): 26-28, 1978.

HOWELL, T.A.; HILER, E.A. Desining trickle irrigation laterals for uniformity. **Journal of the irrigation and drainage division**, New York, v.100, n.4, p.443-454, Dec., 1974.

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).

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).

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. California: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133p. (Mimeo).

KLAR, A.E. **A influência do solo e do clima nas necessidades hídricas da cultura da cebola**. Botucatu: UNESP, 1974. 171p. (Teses – Livre Docência).

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 .

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos**. 2.ed.ver. e atual. São Paulo: ANDA. 1992. 64p. (Boletim Técnico,4).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: Institutos da Potassa (EUA- Suíça), 1982. 61p.

MALAVOLTA, E. Potássio, é uma realidade – o potássio é essencial para todas as plantas. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba: n.73, p.5-6, mar.1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed.ver.atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p. Funções, Cap.3, p.76-77.

MARQUELLI, 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.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Berne: International Potash Institute, 1987. 687p.

MOTA, J.H. **Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido**. Lavras: UFLA, 1999, 46p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).

NADAL, R.; GUIMARÃES, D.R.; BIASI, J. **Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos**. Florianópolis: EMPASC, 1986, 187p.

NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B. E GUIMARÃES, P. T. G. **Adubação potássica do cafeeiro: sulfato de potássio**. Washington, DC: SOPIB, 2001. 81p

NOGUEIRA, L.C.; GORNAT, B. Desempenho do gotejador autocompensante. **ÍTEM**, Brasília, n.22, p.22-28, Set. 1990.

OLLITA, A.F.L. **Os Métodos de irrigação**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981.267p.

PADILHA, W.A. **Curso internacional de fertirrigacion em cultivos protegidos**. Quito: Ecuador, 1998. 120p.

PAIR, C.H.; HINZ, W.W.; REID, C.; FROST, K.R. **Sprinckler irrigation**. Silver Spring: Sprinckler 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: UFV, 1992. 102p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

PERRENOUD, S. **Pottasium and plant health**. Bern: International Potash Institute, 1977. 218p.

PINTO, J.M.; SOARES, J.M. **Fertirrigação: a adubação via água de irrigação**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1990. 16p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos, 70).

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid, Espanha: Mundi-Prensa, 1987. 461p.

RAIJ, B. V.; et al. Boletim Técnico 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, IAC, 285p, 1997.

REIS, E.F. **Efeito de quatro profundidades freáticas sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.)** Viçosa: UFV, 1990. 216p. (Dissertação – Mestrado).

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.; Lettuce breeding. In: **Breeding Vegetables Crops**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing Company, p.433-474, 1986.

RYDER, E.J.; Lettuce, Endive and Chicory, **Crop Production Science in Horticulture**. CABI Publishing, Londres, 208p., 1999.

RYDER, E.J.; WHITAKER, T.N. Lettuce In: **Evolution of crop plants**. Ney 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.

SAMMIS, T.W.; WU, I.P. Effect of drip irrigation desing and management on crop yield. **Transactions of the ASAE** , v.28, p.832-838, 1985.

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.

SHANI, M. **La fertilizacion combinada com el riego**. Israel: Ministério da Agricultura, 1981.31p.

SILVA, E.C. de; LEAL, N.R. **Manejo de estufas**. Rio de Janeiro: UENF, 1997. 17p. (Boletim Técnico, 2).

SILVA JÚNIOR, A.A. **Repolho: Fitologia, Fitotecnia, Tecnologia Alimentar e Mercadologia**. Florianópolis: EMPASC, 1989. 257p.

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. Irrigação da alface. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.13, p.121-128, 1956.

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.

SONNEVELD, C. Fertigation in the Greenhouse Industry. In: DALHIA GREIDINGER INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERTIGATION, Haifa, 1995. **Proceedings...** Haifa: Technion – Israel Institute of Technology. 1995. p.121-140.

SOUSA, L.M.A. **Manejo da fertirrigação potássica na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) americana**. Botucatu: FCA/UNESP, 2000. 63p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

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.; ÇEVIK, B. Recent development in greenhouse crop irrigation in the Mediterranean Region. **Acta Horticulturae**, n.366, p. 353-364, 1994.

THOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Ed. Agropecuária. Guaíba, RS. 1997. 247p.

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.

VILLAS BÔAS, R.L. **Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação.** Botucatu: FCA/UNESP, 2001. 123p. (Tese – Livre Docência).

VITTI, G.C.; BOARETTO, 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.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. (Coord.). **Fertilizantes fluidos,** Piracicaba: Potafos, 1994. p. 261-281.

VOOREN, J.V.; WELLES, G.W.H.; HAYMAN, G. Glasshouse crop production. In: ATHERTON, J.C.; RUDICH, J. The tomato crop. London: Chapman and Hall, p. 581-623, 1986.

YAMADA, T. **Potássio:** funções na planta, dinâmica no solo, adubos e adubação potássica. Uberlândia: UFU, 1995. (Notas de aula).

YOSHIMURA, A.; YOSHIDA, A.; JAMPANI, M.G. **Plasticultura:** uma nova tecnologia. Biritiba Mirim: s.d., 79p.

YURI, J.E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2000.52p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).

YURI, J.E.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. et al. **Alface Americana – Cultivo Comercial**. Lavras: UFLA, 2002.51p. (Textos Acadêmicos, n.13).

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.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.do.; CHAVES, G.M. et al. **Curso de Proteção de Plantas**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS. Brasília, p.69-102. 1994. (Módulo 08).

ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MULLER, J.J.; CASALLI, V.W.D. (eds.) **Seminários de Olericultura**, 2.ed. 1982. v.2, p.316-348.

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.

ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio – Sua influência na produção e qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação CARGILL, 1986. 111p.