

AVALIAÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA ALFACE (*Lactuca sativa* L.) AMERICANA EM ESTUFA**Leandro Manoel Alves de Sousa***Dep. de Eng. Rural- Faculdade de Ciências Agrônômicas -UNESP - Botucatu - SP**Fone: (14) 6820 - 7165 - Fax: (14) 6820 - 7194 CEP: 18603-970**leandromas@zipmail.com.br***Hélio Grassi Filho***Dep. de Recursos Naturais Área de Ciência do Solo - Faculdade de Ciências Agrônômicas -UNESP - Botucatu - SP Fone:**(14) 6820 - 7100 CEP: 18603-970**heliograssi@fca.unesp.br***1 RESUMO**

O ensaio foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural FCA/UNESP, Campus de Botucatu - SP, Brasil, no período de junho à agosto, e teve por objetivo avaliar níveis de adubação potássica em cobertura, aplicadas via água de irrigação (fertirrigação), na cultura da alface tipo americana.

Utilizou-se uma estufa de arcos com 192 m² e altura de 4,0 m, onde foram instaladas 24 parcelas (6 tratamentos x 4 repetições) de 3,0 x 1,10 m, nas quais foram transplantadas as mudas de alface com espaçamento de 0,30 m entre plantas e que receberam os seguintes tratamentos: K0-sem potássio, K30-com 30kg ha⁻¹ de K₂O, K60-com 60kg ha⁻¹ de K₂O, K90-com 90kg ha⁻¹ de K₂O, K120-com 120kg ha⁻¹ de K₂O, e Padrão do produtor, que teve os mesmos níveis de adubação de cobertura, usada por produtores da região de Lavras - MG (200 kg de K₂O + 70 kg de CaO).

Os tratamentos receberam dosagens fixas de 90kg ha⁻¹ de N e foram divididos em 4 aplicações de cobertura (8, 18, 26 e 34 dias, após o transplante). O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento e o manejo foi realizado em função de tensiômetros com turno de rega variado, o qual foi comparado com o método de tanque Classe A para 100% da evaporação do tanque.

O experimento mostrou que a aplicação de doses crescentes de potássio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) via fertirrigação não proporcionaram diferença significativa e nem correlação entre elas, para a produção e qualidade da alface americana. O manejo da fertirrigação proposto pelos produtores não diferenciou dos demais tratamentos.

O uso de tensiômetros no monitoramento da umidade do solo, mostrou-se mais eficiente do que o método do tanque Classe A, para 100% da evaporação, alcançando uma economia de 54% do volume de água utilizado, sem afetar o desenvolvimento da cultura.

UNITERMOS: fertirrigação, potássio, alface, estufa, irrigação localizada

SOUSA, L. M. A. de, GRASSI FILHO, H. EVALUATION OF POTASSIUM FERTIGATION ON THE PRODUCTION AND QUALITY OF CRISPHEAD LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN GREENHOUSE**2 ABSTRACT**

The present work was accomplished at the experimental area of the Department of Rural Engineering FCA/UNESP, Botucatu - SP, Brazil, and the objective was to evaluate levels of potassium fertilizer in covering, applied by irrigation water (fertigation), in crisphead lettuce.

A greenhouse of metallic arches was used with 4,0 m tall and 192 m² of area, where 24 portions were installed (6 treatments x 4 repetitions) of 3,0 x 1,10 m, in which the lettuce seedlings were transplanted with spacing of 0,30 m between plants and that received the following treatments: K0 (without potassium), K30 (using 30kg ha⁻¹ of K₂O), K60 (using 60kg ha⁻¹ of K₂O), K90 (using 90kg ha⁻¹ of K₂O), K120 (using 120kg ha⁻¹ of K₂O), and T-control, with the same levels of covering fertilizer, used for farmers of Lavras - MG (200 kg of K₂O + 70 kg of CaO).

The treatments received fixed levels of 90kg ha⁻¹ of N and that were divided in 4 covering applications (8, 18, 26 and 34 days, after the transplant). The system used was drip irrigation and the setting of the quantity of water to be applied was made through the tensiometers, which was compared with the 100% Class A Pan evaporation method.

The experiment verified that the application of growing doses of potassium (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) by fertigation, didn't provide significant difference nor correlation between them, for the production and quality of the crisphead lettuce. The handling of the fertigation proposed by the farmers didn't differentiate of the other treatments.

The tensiometers use in the monitoring of the humidity of the soil, has shown more efficient than the 100% Class A Pan evaporation method, reaching an economy of 54% of the water volume used, without affecting the culture development.

KEYWORDS: fertigation, potassium, lettuce, plastic tunnel, drip irrigation

3 INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, onde se concentra a maior produção de alface do território nacional, são explorados cultivares de inverno e de verão, durante todo o ano, com inúmeros sistemas de produção, na maioria das vezes pouco tecnificados e que estão procurando se profissionalizar para sobreviver no mercado, que é cada vez mais exigente e competitivo, principalmente para as do tipo americana, que na sua maior parte são processadas industrialmente para atender as cadeias de "fast food" e, portanto, necessitam de um melhor padrão de qualidade.

Técnicas de manejo de ambiente, irrigação e fertirrigação, são práticas importantes na cultura da alface.

Segundo Sganzerla (1995), a umidade relativa do ar ótima, varia de 60 a 80% e as temperaturas críticas de interferência no desenvolvimento da cultura são abaixo de 10-12°C e acima de 30°C, necessitando de variações de amplitude térmica entre dia e noite, para formação de cabeça, sendo que em locais onde a temperatura no verão ultrapassa os 32°C, recomenda-se a instalação de sistema de nebulização na parte mais alta da estufa, a fim de refrigerar o ambiente e evitar a desidratação das folhas.

A disponibilidade no solo e a troca de água entre a planta e o ambiente é um fator determinante no desenvolvimento da cultura.

Hamada (1993) cita que diversos autores (Howell & Hanson, 1976; Diaz, 1977; Demattê et al., 1981), descrevem a comparação entre vários métodos de irrigação para a cultura da alface e todos confirmam que, os melhores resultados foram obtidos com o sistema de gotejamento e irrigações mais frequentes. A alta frequência na irrigação permite que o solo seja mantido com alto teor de umidade e portanto, com baixas tensões, em torno de -20 kPa a 15 cm de profundidade.

Muitos trabalhos descrevem a relação direta entre o nível de umidade do solo, o crescimento e o rendimento da cultura da alface.

Pereira & Leal (1989) afirmaram que a alface é uma das hortaliças mais exigentes em água, devendo-se manter o teor de água no solo superior a 80% da capacidade de água disponível, durante todo o ciclo da cultura.

Singh & Alderfer (1966), citado por Hamada (1993), constataram que houve uma redução na produtividade e desarranjo na formação da "cabeça", quando as tensões de umidade do solo atingem valores acima de -100 kPa, à 13 cm de profundidade, em qualquer fase de desenvolvimento da cultura, sendo a fase de formação da "cabeça" a mais sensível ao estresse hídrico.

Araki & Goto (1983) conduziram um experimento em casa de vegetação, demonstrando que faixas de tensão de água no solo em torno de -20 e -30 kPa, que corresponderam a uma lâmina aplicada de 140mm, apresentaram melhores resultados na produção de alface tipo americana, com a obtenção de "cabeças" com peso de matéria fresca de até 1430 g/planta.

Segundo Hamada (1993) que estudou a aplicação de diferentes lâminas de água (60, 80, 100, e 120 % da evaporação diária, obtida do tanque Classe A) na cultura da alface tipo lisa, pelo método de gotejo, verificou que a taxa de ganho de matéria seca é menor no início da cultura e vai crescendo com o tempo atingindo o máximo nos últimos 20 dias que antecedem a colheita. O maior valor de matéria seca total acumulada foi de 13 g/planta, conseguida com os tratamento de 100 % da evaporação. No caso da matéria fresca total, no ponto de colheita, o maior valor encontrado foi de 224 g/planta com o tratamento de 120 % da evaporação, perfazendo um total aplicado de 226 mm de água, sendo que 80 % da matéria fresca total foi produzida nos 15 dias anteriores a colheita.

Andrade Júnior & Klar (1996) analisaram o efeito do potencial matricial sobre a matéria fresca e a produtividade na cultura da alface (tipo americana), variando a lâmina de água aplicada em 25; 50; 75 e 100 % da evaporação do tanque Classe A, que culminou no fornecimento de lâminas de 61; 102; 142 e 183 mm de água, o que correspondeu a um potencial matricial no solo de -75,32; -46,32; -38,22 e -24,87 kPa respectivamente, verificando que os menores resultados de matéria fresca (508,8 g/planta) e produtividade (56,5 t ha⁻¹) foram obtidos com o menor potencial matricial do solo e os maiores pesos de matéria fresca (818,7 g/planta) e produtividade (91,0 t ha⁻¹) foram obtidos com o potencial matricial de -38,2 kPa (aplicação de 75 % da evaporação do tanque Classe A). Os dados mostraram que com a aplicação de 100 % da evaporação ocorreu um decréscimo de 12 % na produção (80 t ha⁻¹) em relação ao máximo produzido. Isto, segundo o autor, devido um excesso de água no solo, diminuindo a aeração na região das raízes (Klar, 1991).

No que diz respeito à distribuição de fertilizantes via água de irrigação, também existem vantagens no sistema de irrigação por gotejo, em comparação com os outros sistemas, pois neste caso a água e os nutrientes nela dissolvidos são aplicados na zona onde se encontram as raízes, ocorrendo uma menor perda por lixiviação e uma maior eficiência no uso dos fertilizantes.

Para se obter uma boa uniformidade de aplicação de fertilizante, estes devem ser solúveis em água e não reagir entre si, formando precipitados, o que levaria a obstruções no sistema. Para evitar estes problemas, a concentração dos fertilizantes usados na água de irrigação não deve ultrapassar 700 mg dm⁻³, sendo o intervalo recomendado entre 200 e 400 mg dm⁻³, principalmente em sistema de gotejamento, que devido à reduzida velocidade da água na tubulação, poderá ocorrer precipitação dos nutrientes da solução, resultando em obstruções nos emissores (Pizarro, 1996).

Segundo Haynes (1985), a fertirrigação tem provado ser o meio mais eficiente de aplicação de fertilizantes de fácil lixiviação como o nitrogênio e o potássio, contudo o uso de adubos fosfatados não tem sido recomendado, em função da sua pouca mobilidade nos solos e pela fácil formação de precipitados com cálcio e magnésio.

Alves & Klar (1997) testaram o efeito da adubação nitrogenada aplicados convencionalmente e por fertirrigação através de gotejadores na cultura da alface, usando a uréia e o sulfato de amônio como fontes de nitrogênio, verificaram que não houve diferença significativa entre a fertirrigação e a adubação convencional, apesar de que o maior peso fresco total foi

conseguido com a fertirrigação, 160 g/planta com o sulfato e 169 g/planta com a uréia, contra 120 g/planta com o sulfato e 102 g/planta com a uréia na adubação convencional

Kalil (1992), comparando adubação nitrogenada convencional e fertirrigada por gotejo, verificou que a fertirrigação teve melhores resultados em todas características analisadas, inclusive com níveis inferiores de nitrogênio, demonstrando maior eficiência do sistema, com economia de 80% do adubo utilizado.

Bueno (1998) comparou 5 dosagens de nitrogênio em cobertura (de 0 à 105,6 kg ha⁻¹) via fertirrigação por gotejamento em alface americana, divididas em 22 aplicações e verificou, através da análise de regressão, que a dosagem de 80 kg de N ha⁻¹ foi a que proporcionou maior produtividade total (48 t ha⁻¹) para 60.000 plantas por hectare. Quando comparou a produtividade comercial ("cabeça") verificou que o maior valor (27,6 t ha⁻¹) foi obtido com a dosagem máxima de nitrogênio (105,6 kg ha⁻¹), porém as diferenças encontradas com as variações na dosagem de nitrogênio, não foram significativas à 5% no teste F.

Gomes (1998) usou 3 dosagens de nitrogênio (0, 30 e 60 kg ha⁻¹) em fertirrigação por gotejamento, divididas em 3 aplicações e verificou que as dosagens de 30 e 60 tiveram uma maior produtividade em relação a testemunha (0), contudo não tiveram diferença significativa entre si, o que indica que a dose de 30 kg de N ha⁻¹ foi melhor aproveitada pela cultura da alface em relação a dose de 60 kg de N ha⁻¹.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista (FCA-UNESP), Câmpus de Botucatu, com latitude de 22° 51' S, longitude 48° 26' W e altitude média de 786m.

A implantação do experimento foi em uma estufa de arcos com dimensões de 8 x 24 m e altura de 4 m, já existente no local, coberta com plástico de 0,075 mm de espessura. Nas laterais foram colocadas telas para proteger contra entrada de insetos e pássaros. A época de condução do experimento foi de 14 de junho à 10 de agosto de 1999.

Dentro da estufa foram instalados 16 tensiômetros, distribuídos aleatoriamente 2 a 2 nas profundidades de 15 e 25 cm, onde se concentram a maior parte do sistema radicular das alfaces, segundo Filgueira (1982), e cuja suas leituras foram usadas para calcular o potencial matricial do solo e monitorar a necessidade de irrigação. Foi instalado também um tanque Classe A, com a finalidade de coletar dados da evaporação dentro da estufa e comparar a lâmina aplicada com a evapotranspiração da cultura calculada em 100% da água evaporada no método do tanque Classe A, como fez Alves (1996), em condições semelhantes.

A cultura usada foi a alface (*Lactuca sativa* L.), cultivar Tainá, do grupo repolhuda (americana), largamente utilizada por cadeias de restaurantes e "fast food". A semeadura foi realizada em 14 de maio e o transplante para os canteiros em 17 de junho.

O delineamento experimental implantado foi inteiramente casualizados, com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo um total de 24 parcelas. As parcelas foram formadas por canteiros de 1,10 x 3,00 m. Os canteiros foram espaçados de 0,7 m na linha e entre linhas, que receberam mudas transplantadas no espaçamento de 0,30 x 0,30 m entre plantas, em disposição triangular como fazem os produtores. Cada parcela teve 16 plantas úteis para as análises experimentais e 24 plantas de bordadura, num total de 40 plantas por parcela

Os tratamentos foram compostos por uma adubação de cobertura via água de irrigação (fertirrigação), onde manteve-se a dosagem de N (90 kg ha⁻¹) e variou-se as dosagens de K₂O, sendo elas:

1. Somente N (K0)
2. N + 30 kg ha⁻¹ de K₂O (K30)
3. N + 60 kg ha⁻¹ de K₂O (K60)
4. N + 90 kg ha⁻¹ de K₂O (K90)
5. N + 120 kg ha⁻¹ de K₂O (K120)
6. Fertirrigação usada pelos produtores de Lavras-MG, com 110 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de K₂O e 70 kg ha⁻¹ de CaO (Padrão do produtor).

Os resultados obtidos para avaliação da produção foram analisados estatisticamente através de análise de variância simples, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Banzatto & Kronka, 1989). Para os parâmetros de avaliação da produção, foram realizadas análises de regressão polinomial de segundo grau, com a determinação das respectivas linhas de tendência, equações e coeficientes de correlação (r²).

O solo local foi classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distrófico latossólico A moderado textura média/argilosa, segundo Unidade de Mapeamento Experimental (Carvalho et. al., 1983), e cujas características físicas (Embrapa, 1999) e químicas (Raij & Quaggio, 1983) estão apresentadas no Quadro 1, e sua curva característica de retenção de água para profundidades de 0-20 e 20-40 cm estão representadas pelas Figuras 1 e 2 (Andrade Júnior & Klar, 1996).

Quadro 1. Análise química e física do solo, de 0 à 20 cm

Análise química (macronutrientes)									
PH	M.O.	P (resina)	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol dm ⁻³ -----						%
6,5	17	344	15	4,3	65	32	101	116	87

Análise química (micronutrientes)				
Boro	Cobre	Ferro	Man-ganês	Zinco
mg dm ⁻³				
0,54	4,0	16	11,4	5,1

Análise física			
Areia	Silte	Argila	Densidade
g kg ⁻¹			kg dm ⁻¹
380	110	510	1,28

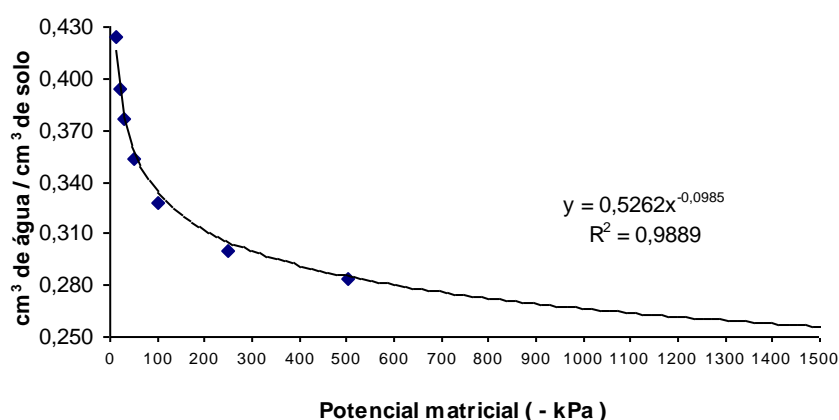


Figura 1. Curva característica de retenção de água no solo para camada de 0-20 cm

A adubação de plantio foi baseada na recomendação do Instituto Agronômico de Campinas, segundo Raij et al. (1996), para a elevação da saturação de bases à 80 %, realizada 40 dias antes do transplante das mudas.

O equipamento de irrigação utilizado foi composto por 2 reservatórios de 1000 L, com cota superior à 12m em relação a estufa, com linha principal de PVC de 25 mm de diâmetro externo, registro de gaveta de 1/2", hidrômetro, filtro de tela de 120 mesh, regulador de pressão e manômetro para monitorar a pressão do sistema em 60 kPa. O tubogotejador utilizado, da marca "Quengil", possuía diâmetro interno de 16,5 mm, espessura da parede de 0,2 mm, pressão de serviço de 30 a 100 kPa (sendo recomendadas as pressões de 50 a 70 kPa), pressão de ruptura acima de 400 kPa, espaçamento entre gotejadores de 0,3 m e vazão nominal a 50 kPa de 4,0 L h⁻¹ m⁻¹, (Alves, 1996).

O turno de irrigação foi variado em função da umidade existente no solo, determinada pela curva de retenção de água e o potencial matricial do solo (Quadro 2), cuja leitura foi realizada com a utilização dos tensiômetros, pela seguinte equação (Klar, 1984):

$$\psi M = (-12,6H + hc + Z) 0,0981 ,$$

onde:

ψM = potencial matricial do solo (kPa)

H = coluna de mercúrio do manômetro (cm de Hg)

hc = altura do nível de Hg em relação ao solo (cm)

Z = profundidade de medida (cm)

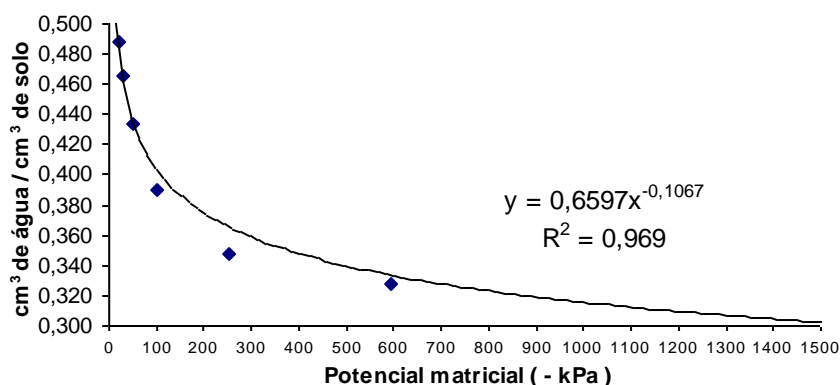


Figura 2. Curva característica de retenção de água no solo para camada de 20-40 cm

Quadro 2. Valores do potencial matricial do solo durante a condução do ensaio

Profundidade	DIAS											
	5/7	14/7	20/7	21/7	22/7	23/7	27/7	28/7	3/8	5/8	6/8	11/8
(cm)	Potencial matricial (-) kPa											
15	3,9	12,7	27,3	32,1	27,5	17,2	12,9	16,2	13,9	15,5	11,7	6,9
25	10,4	15,5	24,8	30,2	24,3	16,4	13,1	18,7	27,3	31,5	25,9	16,2

*Até o dia 5/7 os tensiômetros estavam entrando em equilíbrio com a umidade do solo e até esta data a irrigação foi realizada em função do tanque Classe A.

Nesse experimento, onde a capacidade de campo (CC) do solo é em torno de -10 kPa (com 22 % de água), determinou-se que a irrigação fosse realizada quando o solo apresentasse potencial matricial próximo de -30 kPa, situação esta em que o solo estaria com capacidade de armazenamento de água acima de 80 % e portanto não afetaria o desenvolvimento da cultura. Pew (1958) afirma que tensões de -40 kPa são adequadas a um ótimo desenvolvimento na cultura da alfaca.

A lâmina aplicada em função do monitoramento dos tensiômetros foi comparada com o método do tanque de Classe A, para cálculo da evapotranspiração da cultura, utilizando-se 100 % do valor evaporado no tanque (Kp) e eficiência de 90 % para o sistema de irrigação (Ea), segundo Klar (1991). O coeficiente de correlação da cultura (Kc) da alfaca foi considerado como sendo 1, conforme Reis (1990).

As fertirrigações foram divididas em 4 aplicações, sendo que a primeira com 8 dias após o transplante, a segunda com 18 dias, a terceira com 26 dias e a quarta com 34 dias, para um ciclo total de 54 dias, do transplante até a colheita.

Tomando-se por base a quantia de 110.000 plantas por hectare (espaçamento de 30 cm entre plantas), o cálculo das dosagens foi realizado em função do número de plantas usadas por tratamento (160 plantas por tratamento). Os fertilizantes utilizados na fertirrigação foram uréia (72g para cada aplicação dos tratamentos de K0 à K120) e cloreto de potássio (0g, 18g, 36g, 54g e 72g para os tratamentos K0, K30, K60, K90 e K120 respectivamente). No caso do tratamento chamado de Padrão do produtor, cuja a adubação foi baseada nos produtores de Minas Gerais, as fertirrigações foram parcelada em 3 vezes, aos 18, 26 e 34 dias após o transplante e os fertilizantes usados foram: nitrato de potássio (140g) + nitrato de amônio (60g) na primeira aplicação; nitrato de potássio (220g) + sulfato de magnésio (170g), seguido de uma fertirrigação com nitrato de cálcio (170g) na segunda aplicação e nitrato de potássio (280g) + sulfato de magnésio (170g), seguido de uma fertirrigação com nitrato de cálcio (220g) na terceira aplicação. O nitrato de cálcio foi aplicado separadamente para evitar formação de precipitados com o sulfato de magnésio.

Foram preparados 40 litros de solução fertilizante para cada 4 parcelas (repetições) de cada tratamento. O tempo médio para escoamento total dos 40 litros de solução era de 15 minutos, com pressão entre 0,5 e 0,6 atm, medidos na entrada da linha principal da estufa, pressão esta conseguida apenas com a força da gravidade.

Considerando que se deve molhar o solo antes de aplicar os fertilizantes e depois lavar a tubulação e levar o fertilizante a profundidade do sistema radicular da cultura (Frizzone & Botrel, 1993), as fertirrigações eram precedidas por irrigações de 5 minutos, e ao término destas, deixava-se irrigar por mais 10 minutos. Isto ocorria toda vez que se iniciava a fertirrigação de um tratamento.

Como a solubilidade da uréia é de 1000 g L⁻¹ a 20°C, a do cloreto de potássio de 326 g L⁻¹ a 15°C, a do nitrato de potássio de 257 g L⁻¹ a 15°C, a do nitrato de cálcio de 1130 g L⁻¹ a 15°C e a do nitrato de amônio de 1630 g L⁻¹ a 15°C (Pizarro, 1996 e Frizzone & Botrel, 1993), a dissolução dos fertilizantes foi completa nos 40 L de água do reservatório.

A produtividade foi analisada através do peso fresco e seco totais da parte aérea e da "cabeça", coletadas no fim do ciclo. Com relação a qualidade de "cabeça" foram analisados o peso fresco, o volume, a formação e a consistência da parte que compõe o material comerciável. A formação e a consistência foram analisados em função da densidade da "cabeça", ou seja, o seu peso fresco dividido pelo seu volume. O volume de "cabeça" foi calculado, abrindo-se a planta ao meio e fazendo as leituras dos seus diâmetros vertical e horizontal, com fita métrica. A partir destes valores, determinou-se o volume através da equação usada para cálculo de volumes em objetos esféricos. O número de amostras, por parcela, para essas determinações foram de 8 plantas.

As coletas foram realizadas cortando-se as plantas bem rente ao solo e levando-as imediatamente para pesagem e determinação das dimensões da "cabeça". Em seguida foram colocadas em estufa para secagem, foram pesadas e analisadas quimicamente para determinação da concentração de nutrientes, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais, Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrômicas - Unesp - Câmpus de Botucatu, segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de água aplicada durante o ciclo da cultura da alface, dentro de "estufa", em função do potencial matricial do solo, foi 46% do valor encontrado pelo método do tanque Classe A, utilizando-se um K_p de 1 (coef. do tanque para 100% de sua evaporação) (Klar, 1991), e coeficiente da cultura (K_c) também de 1 (Reis, 1990). Esta comparação demonstrou uma economia de 54% do volume de água utilizado durante o ciclo da cultura da alface, sem prejudicar a produtividade. Valores semelhantes foram descritos por Andrade Júnior & Klar (1996), quando testaram 4 frações (0,25; 0,5; 0,75 e 1,00) de evaporação do tanque Classe A e encontraram a fração de 0,75 da evaporação do tanque como sendo a que possibilitou maior produção na cultura da alface. A diferença entre a fração encontrada por esses autores (0,75) e a descrita nesse trabalho (0,46) pode estar vinculada ao uso de "mulching" (filme de plástico preto) sobre os canteiros, com a finalidade de controle de plantas invasoras, pois o uso do plástico diminui a perda de água por evaporação do solo (Araújo et al., 2000).

As quantidades de água aplicada em função do potencial matricial do solo e a comparação com os valores calculados para 100% da evaporação do tanque Classe A, estão apresentados no Quadro 3 e Figura 3.

Quadro 3. Lâmina aplicada em função do potencial matricial do solo, comparada com a requerida pelo tanque Classe A, para 100% de evaporação

Período condução (jun/ago)	Lâmina requerida pelo método do t. Classe A para 100% da evap.	Lâmina realmente aplicada (medida por hidrômetro) Para cada tratamento (em mm).						média
		Kg de K_2O ha ⁻¹						
Dias	Mm	0	30	60	90	120	Padrão produtor	
54*	128	58	59	59	58	58	62	59

*primeiros 5 dias foram desconsiderados, devido ao excesso de molhamento para o pegamento das mudas

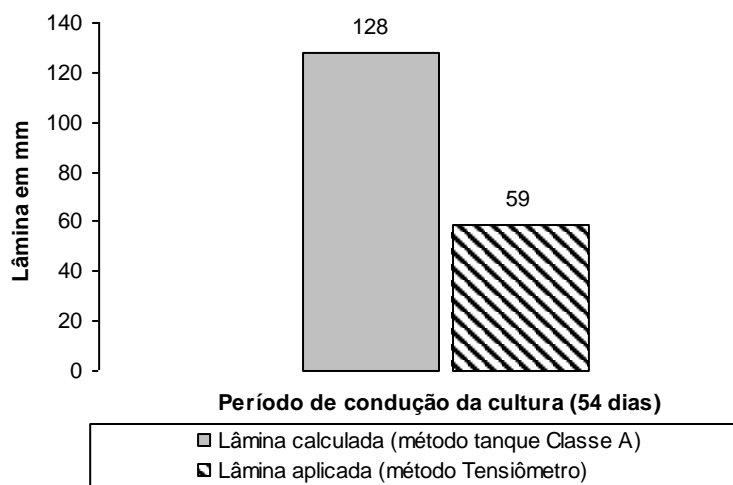


Figura 3. Lâmina aplicada em função do potencial matricial do solo, comparada com a requerida pelo tanque Classe A, para 100% de evaporação

Os valores encontrados para o peso da matéria seca da parte aérea total e da "cabeça" (parte comercial), produzida pela alface americana cultivar Tainá, em função das dosagens de potássio, não apresentaram diferença significativa. Os valores são apresentados no Quadro 4 e Figuras 4 e 5.

Quadro 4. Peso da matéria seca produzida em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

Tratamentos	Peso da matéria seca	
	parte aérea total	"cabeça"
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	gramas / planta	gramas / planta
0	31,59	19,38
30	30,90	18,16
60	32,84	19,68
90	30,26	18,17
120	30,13	18,00
Padrão produtor*	31,35	18,74
Significância	NS	NS
Média geral	31,18	18,69
C. V. (%)	7,08	10,8

* Dosagem usada por produtores de Minas (equivalente a 200 kg de K₂O + 70 kg de CaO por ha)

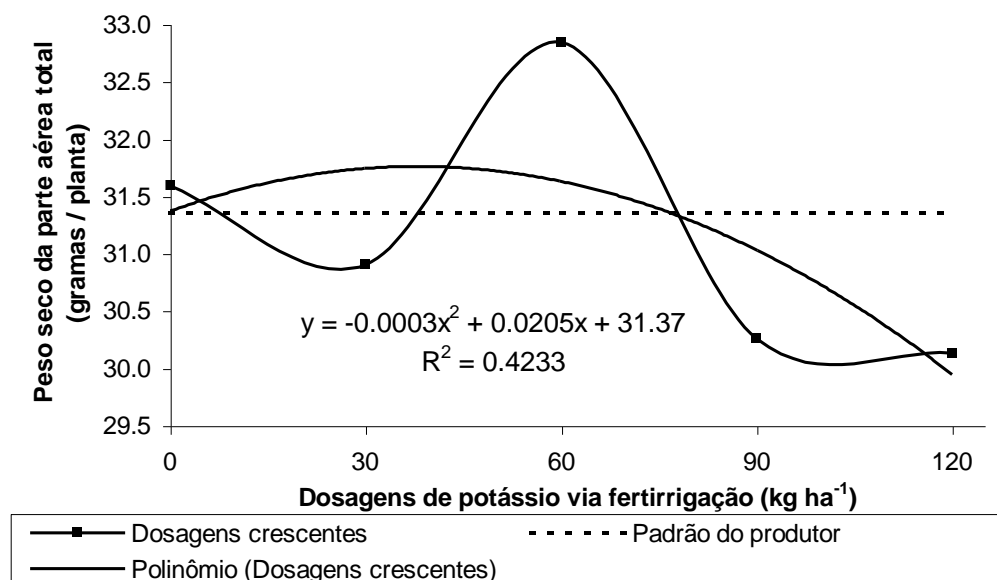


Figura 4. Peso da matéria seca da parte aérea total, produzida em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

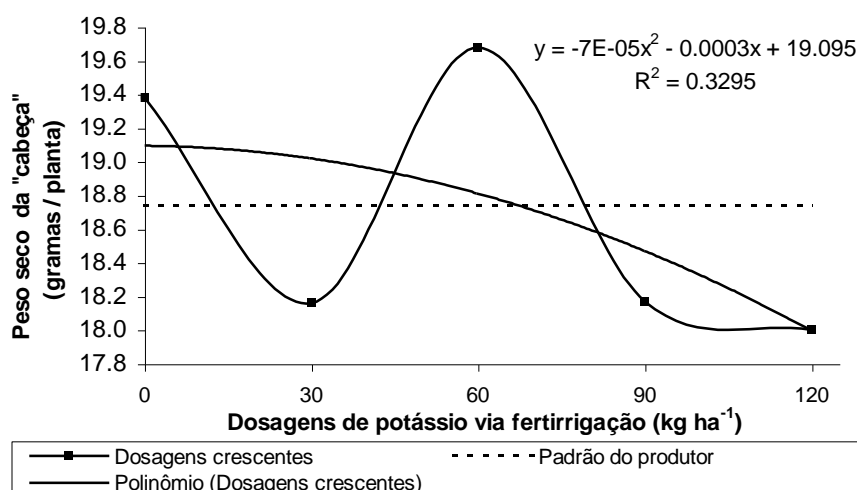


Figura 5. Peso da matéria seca da "cabeça", produzida em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

As análises de regressão apresentadas nas figuras 4 e 5 confirmam não haver uma equação que represente com confiabilidade ($r^2 = 0,42$ e $r^2 = 0,33$) uma linha de tendência para a produção de matéria seca, em função das dosagens de potássio em cobertura, para esse experimento. É válido lembrar que o nível de potássio no solo, antes da implantação da cultura era alto ($4,3 \text{ mmol dm}^{-3}$) conforme as normas de adubação do IAC (Raij et al., 1996), e que pode ter sido suficiente para suplementar as exigências da cultura, fazendo com que as fertirrigações potássicas não tivessem efeito no incremento da produção de matéria seca.

Os valores encontrados para o peso da matéria fresca da parte aérea total e da "cabeça" (parte comercial), produzida pela alface americana cultivar Tainá, em função das dosagens de potássio não apresentaram diferença significativa. Os valores são apresentados no Quadro 5 e Figuras 6 e 7.

Quadro 5. Peso da matéria fresca produzida em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

Tratamentos	Peso da matéria fresca	
	parte aérea total	"cabeça"
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	gramas / planta	gramas / planta
0	944,56	659,75
30	889,66	627,00
60	981,63	679,91
90	851,63	593,63
120	881,50	623,56
Padrão do produtor*	883,22	639,75
Significância	NS	NS
Média geral	905,37	637,27
C. V. (%)	9,95	10,57

* Dosagem usada por produtores de Minas (equivale a 200 kg de K₂O + 70 kg de CaO por ha)

Neste caso as Figuras 6 e 7 demonstraram com a análise de regressão, o mesmo ocorrido com a produção de matéria seca, ou seja, não existe uma linha de tendência na produção de matéria fresca em função das dosagens de potássio. O nível alto de potássio no solo, antes da implantação da cultura, foi suficiente para suprir as exigências nutricionais da cultura.

Ruschel (1998), variando a concentração de nitrogênio e potássio em conjunto (220 e 160, 240 e 220, 260 e 280, 280 e 340 mg l⁻¹ de N e K, respectivamente), na solução nutritiva para duas cultivares de alface (Vera e Marisa), encontrou interação significativa na produção da parte aérea entre as cultivares e as doses conjuntas de nitrogênio e potássio. Esta

resposta significativa pode ter sido encontrada devido ao nitrogênio e a ausência do solo como reserva de nutrientes, fazendo com que a suplementação potássica dependesse somente das dosagens aplicadas.

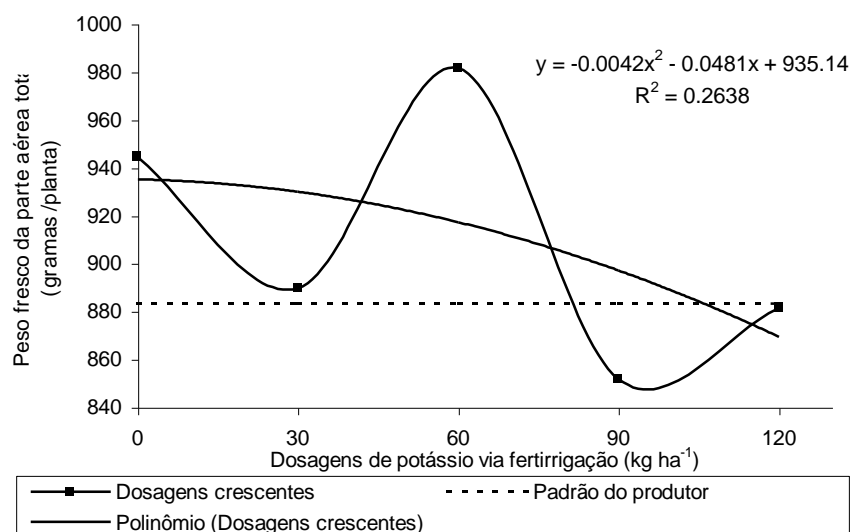


Figura 6. Peso da matéria fresca da parte aérea total, em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

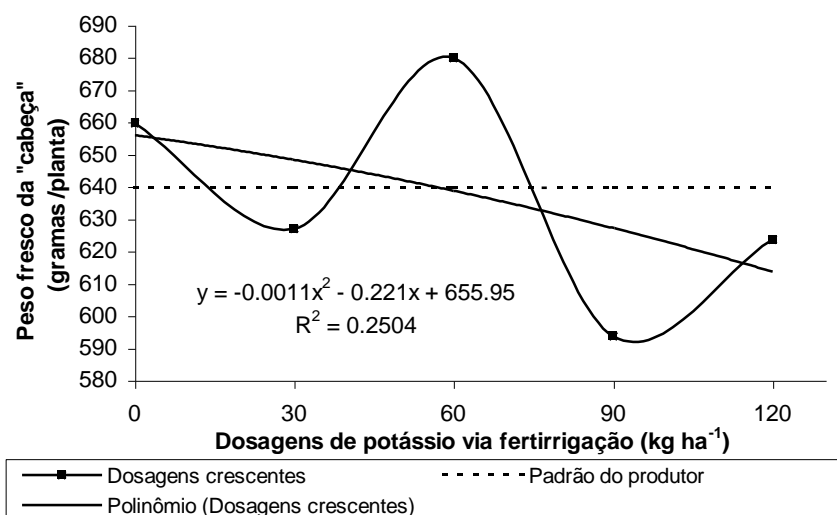


Figura 7. Peso da matéria fresca da "cabeça", em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

Bres & Weston (1992) avaliaram 2 concentrações de potássio (150 e 225 mg L⁻¹) e 4 níveis de pH (5,0; 5,5; 6,0 e 6,5) na solução nutritiva para 3 cultivares de alface ("Buttercrunch", "Grand Rapids" e "Summer Bibb") e não encontraram diferença significativa na produção.

Uma importante característica para a qualidade da alface americana é a boa formação de "cabeça", que é a parte comercial da planta. 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, melhor a qualidade.

Os valores encontrados para volume e densidade da parte comercial ("cabeça") não apresentaram diferença significativa entre as dose de potássio estudadas. Os valores são apresentados no Quadro 6 e Figuras 8 e 9.

Quadro 6. Densidade e volume de "cabeça", em função das dosagens de potássio em cobertura e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

Tratamentos	Volume de "cabeça"	Densidade de "cabeça"
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Cm ³	mg cm ⁻³
0	814	813
30	759	828
60	846	807
90	771	774
120	789	792
Padrão do produtor*	827	782
Significância	NS	NS
Média geral	800,79	799,37
C. V. (%)	13,27	7,95

* Dosagem usada por produtores de Minas (equivalente a 200 kg de K₂O + 70 kg de CaO por ha)

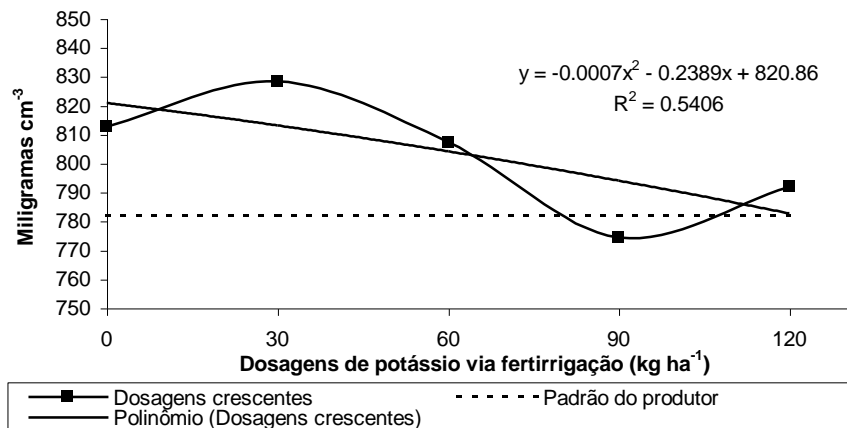


Figura 8. Densidade da "cabeça" em função das dosagens de potássio e comparadas com a dosagem padrão do produtor, via fertirrigação

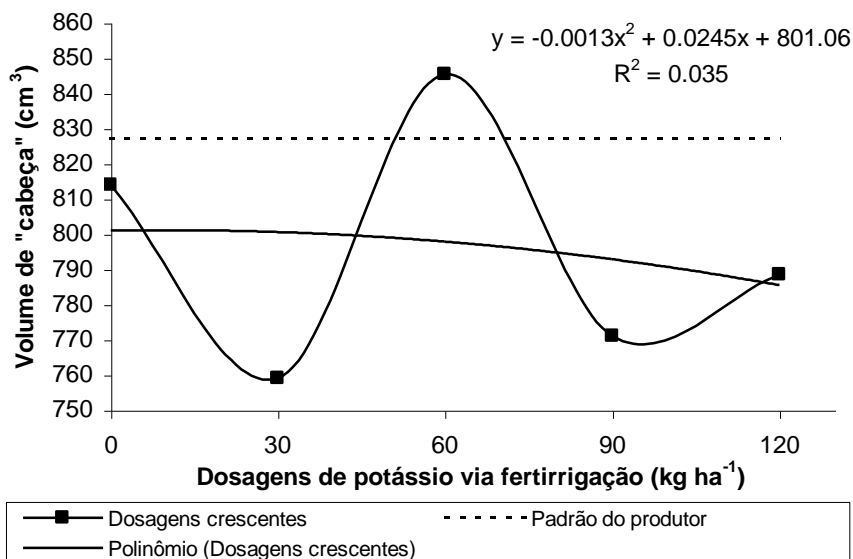


Figura 9. Volume da "cabeça" em função das dosagens de potássio e comparadas com a testemunha, via fertirrigação

A análise de regressão apresentada na Figura 8 demonstra haver uma baixa correlação entre o fechamento das folhas ao centro (formação de "cabeça") e as dosagens de potássio em cobertura via fertirrigação, apresentando uma tendência em reduzir a densidade com o incremento nas doses de potássio.

Na Figura 9, a análise de regressão demonstra não existir correlação entre o volume da "cabeça" e as doses de potássio, acompanhando assim os resultados encontrados com relação a produção de material seco e fresco.

Em função das análises é possível avaliar que em solos de alta fertilidade e condições de ambiente favoráveis, o uso de adubações potássicas em cobertura via fertirrigação, não interferiu na produtividade e na qualidade da alface americana, cultivar Tainá.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de potássio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) via fertirrigação não proporcionaram diferença significativa e nem correlação entre elas, para a produção de matéria fresca e matéria seca, tanto na parte aérea total, como na parte comercial ("cabeça").

A qualidade da parte comercial, avaliada em função do volume e da densidade da "cabeça", também não foi influenciada pelo incremento na adubação potássica via fertirrigação, sendo que em todos os tratamentos houve ótima formação da "cabeça".

O manejo da fertirrigação proposto pelos produtores não diferenciou dos demais tratamentos.

Teores elevados de potássio no solo (4,3 mmol dm⁻³) e condições favoráveis de fertilidade, umidade e ambiente à cultura, contribuíram para que não ocorresse resposta na produção e qualidade da alface americana, cultivar Tainá, em função das dosagens de potássio aplicadas via fertirrigação.

O uso de tensiômetros no monitoramento da umidade do solo, mostrou-se mais eficiente do que o método do tanque Classe A, para 100% da evaporação, alcançando uma economia de 54% do volume de água utilizado, sem afetar o desenvolvimento da cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, D.R.B. *Efeitos de adubações nitrogenadas via água de irrigação e convencional na produtividade da alface*. Botucatu, 1996. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- ALVES, D.R.B., KLAR, A.E. Efeito de adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação de forma convencional na produção de alface em estufa. *Irriga*, v.2, n.2, p. 76-89, 1997.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S., KLAR, A.E. Produtividade da alface em função do potencial matricial da água no solo e níveis de irrigação. *Hortic. Bras.*, v.14, n.1, p. 27-31, 1996.
- ARAKI, Y., GOTO, Y. Studies on soil moisture suction at the beginning of irrigation requirements of some vegetables grown under greenhouse conditions. III- Experiments with celery and lettuce. *Bull. Veg. Ornamental Crops R. Stn. Ser. A*, v.11, p.177-187, 1983.
- ARAÚJO, A. B.et al. Variação da temperatura de solo, sob diferentes coberturas, cultivado com meloeiro. *Hortic. Bras.*, v.18, suplemento julho, p. 234-5, 2000.
- BANZATTO, D.A., KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: FINEP, FCAV. 1989, 257p.
- BRES, W., WESTON, L.A. Nutrient accumulation and tipburn in NFT-grow lettuce at several potassium and pH levels. *HortScienc*, v.27, n.7, p.790-2, 1992.
- BUENO, C. R. *Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido*. Lavras, 1998. 54p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.
- CARVALHO, W. A., ESPÍNDOLA, C. R., PACCOLA, A. A. *Legenda atualizada do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médice"*. Bol. Cient. Fac. Ciênc. Agron. UNESP (Botucatu), n. 1, p. 1-95, 1983. (Legenda Complementar Atualizada, 2000).
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: CNPS - Embrapa, 1999. 212p.
- FILGUEIRA, F.A.R. Cichoriáceas: alface, chicórea e almeirão. In: FILGUEIRA, F.A.R., *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças* 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 338p.
- FRIZZONE, J.A., BOTREL, T.A. Métodos de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1993, p. 229-60.
- GOMES, T. M. *Fertirrigação com diferentes doses de uréia e seu efeito na cultura da alface*. Botucatu, 1998. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- HAMADA, E. *Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento*. Campinas, 1993. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas
- KALIL, A. J.B. *Comparação entre adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e aplicação convencional na produtividade da alface*. Viçosa, 1992. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- HAYNES, R.J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. *Fertil. Res.*, v.6, p.235-55, 1985.

- KLAR, A.E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.
- KLAR, A.E. Uso de tanques e fórmulas climáticas em irrigação. In: KLAR, A.E. *Irrigação: Frequência e quantidade de água*. São Paulo: Nobel, 1991. p.95-127.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- PEREIRA, N.N.C., LEAL, N.R., (Coord.) Recomendações para a cultura da alface. *Inf. Técn. PESAGRO-Rio*, v.21, p.1-12, 1989.
- PEW, W. D. Effects of soil moisture on cantaloupe growth, and production. *West. Grower Shipper*, v.29, p.22-24, 1958.
- PIZARRO, F. *Riegos localizados de alta frecuencia*. 3 ed. Madrid: Artes Gráficas Palermo, 1996. 513.
- RAIJ, B., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2ª ed. Boletim Técnico do Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, n.100, 1996. 285p.
- RAIJ, B., QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p.
- REIS, E. F. *Efeitos de quatro profundidades freáticas sobre o uso consuntivo e o crescimento da alface*. Viçosa, 1990. 53p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- RUSCHEL, J. *Acúmulo de nitrato, absorção de nutrientes e produção de duas cultivares de alface cultivadas em hidroponia, em função de doses conjuntas de nitrogênio e potássio*. Piracicaba, 1998. 73p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo.
- SGANZERLA, E. *Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos*. Guaíba: Agropecuária, 1995. 338p.