

FUNÇÃO DE RESPOSTA DA ALFACE AMERICANA À APLICAÇÃO DE ÁGUA E NITROGÊNIO.

PATRÍCIA A. M. SILVA¹, GERALDO M. PEREIRA², RICARDO P. REIS³, LUÍS A. LIMA⁴, JOSÉ, H. da S. TAVEIRA⁵

¹ Eng^o Agrícola, D.Sc, Depto de Engenharia, Caixa Postal 3037, CEP 37200.000, Lavras, MG. Fone: (35)3829-1384. email patsilva@ufla.br.

² Professor Adjunto, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras, MG

³ Professor Titular, Depto de Administração e Economia, UFLA, Lavras, MG.

⁴ Professor Adjunto, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras, MG

⁵ Graduando, Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras, MG.

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB**

RESUMO: Com o objetivo de estudar o efeito da água e do nitrogênio sobre os rendimentos produtivo e econômico da alface americana foi conduzido um experimento em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, de setembro a novembro de 2004. O delineamento experimental foi fatorial 4 x 4 em blocos casualizados, sendo que os tratamentos constituíram-se da combinação de quatro lâminas de irrigação ($W_1=91,99$; $W_2=142,79$; $W_3=186,34$; $W_4=237,14$ mm) com quatro níveis de adubação nitrogenada ($N_0=0$; $N_1=80$; $N_2=160$; $N_3=320$ kg ha⁻¹) e três repetições. Utilizou-se a alface americana, cultivar Raider no espaçamento de 0,3 x 0,3 m, irrigada por gotejamento, com gotejadores autocompensantes de 1,6 L h⁻¹ espaçados de 0,3 m, com irrigações diárias baseadas na evaporação de um minitanque (EVM). Após análise dos resultados concluiu-se que a aplicação de 205,26 mm de água e de 257,14 kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou estimar uma produtividade máxima de 26.959,93 kg ha⁻¹ que correspondeu à obtenção do lucro máximo, considerando os preços dos fatores água (R\$ 0,44 mm⁻¹), nitrogênio (R\$ 2,09 kg⁻¹) e da alface americana (R\$ 0,80 kg⁻¹).

PALAVRAS-CHAVE: Superfície de resposta, Irrigação, Casa de vegetação.

PRODUCTION FUNCTION OF CRISPHEAD LETTUCE TO WATER AND NITROGEN USE.

ABSTRACT: The main objective of this experiment, carried out, from September to December/2004, inside a greenhouse at the Federal University of Lavras, in Minas Gerais, was to study the effect of water and nitrogen applications, and interaction between these factors, on economic yield and on yield characteristics of crisphead lettuce. A 4 x 4 factorial experimental design with randomized blocks and three replications was used. Treatments were determined by combinations of four water depths ($W_1=91.99$; $W_2=142.79$; $W_3=186.34$; $W_4=237.14$ mm) and four nitrogen levels ($N_0=0$; $N_1=80$; $N_2=160$; $N_3=320$ kg ha⁻¹). Crisphead lettuce (cv. raider) was grown under daily irrigations applications computed based on the evaporation measured on a reduced pan (EVM). Treatments W_1 , W_2 , W_3 e W_4 , corresponded to, respectively, 0.35EVM, 0.70EVM, 1.0EVM, and 1.35EVM. A 0.30m x 0.30 m plant spacing was observed and irrigation water was applied through a drip irrigation system with 1.6 L h⁻¹ emitters spaced 0.30 m apart. Under the price scenario considered, water at R\$ 0.44 mm⁻¹, nitrogen at R\$ 2.09 kg⁻¹ and crisphead lettuce at R\$ 0.80 kg⁻¹, the maxim profit, and the maxim economical productivity, estimated at 26,959.93 kg ha⁻¹, was achieved with the application of 205.26 mm of water and 257.14 kg ha⁻¹ of nitrogen.

KEYWORDS: Response surface, Irrigation, Greenhouse.

INTRODUÇÃO: A alface é a hortaliça folhosa mais difundida atualmente, sendo cultivada em quase todos os países e dentre todos os tipos existentes, a alface-americana vem adquirindo importância crescente no Brasil. O desenvolvimento da agricultura irrigada, a intensificação dos cultivos e os aspectos técnico-econômicos requerem maior eficiência concernente à aplicação de água e nutrientes, visando à manutenção da capacidade produtiva dos solos, a obtenção de hortaliças e de frutos de boa qualidade, que atendam às exigências dos mercados consumidores (Pinto et al., 1996). A produção agrícola tem como fatores complementares na rentabilidade econômica, a água e os nutrientes, e o uso eficiente desses recursos permite a sustentabilidade hídrica e edáfica de uma região, fator preponderante para o êxito da agricultura. Portanto, ao utilizar os procedimentos das funções de resposta permite-se encontrar soluções na otimização do uso da água e dos fertilizantes, obtendo-se o máximo do produto com determinado custo de produção (Soares et al., 2002). A técnica da fertirrigação na cultura da alface americana é relativamente recente no Brasil, têm-se poucos trabalhos nesta área. Madeira et al. (2000) recomendam a aplicação de cerca de 40 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Dentro deste aspecto, percebe-se a necessidade de realizar estudos que visem a correta utilização destes fatores de produção no cultivo da alface-americana irrigada. Portanto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o efeito da água, do nitrogênio, e da interação destes fatores sobre os rendimentos produtivo e econômico da cultura da alface-americana irrigada por gotejamento, nas condições edafoclimáticas de Lavras, sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), durante os meses de setembro a novembro de 2004. A UFLA situa-se no município de Lavras, sul de Minas Gerais, numa altitude média de 910 metros, 21°14'S, Latitude Sul e 45°00'W, Longitude Oeste. Utilizou-se neste experimento a alface americana, cultivar *Raider*. O transplântio foi realizado manualmente em covas espaçadas de 0,30 x 0,30 m. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, com tubogotejadores NAAN PC vazão de 1,60 L h⁻¹, DN 16mm e espaçados entre si de 0,30 m. Cada parcela experimental possuía duas linhas de gotejadores autocompensantes trabalhando com pressão de serviço de 20 mca, sendo que cada linha atendeu duas linhas de plantas. Os tratamentos constituíram-se de quatro lâminas de água com base na evaporação do minitanque correspondentes a 35% (91,99 mm), 70% (142,79 mm), 100% (186,34 mm) e 135% (237,14 mm) e quatro doses de nitrogênio com base na recomendação correspondentes a 0% (0 kg ha⁻¹), 50% (80 kg ha⁻¹), 100% (160 kg ha⁻¹) e 200% (320 kg ha⁻¹). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, com três repetições, perfazendo um total de 48 parcelas. Cada parcela experimental apresentava as dimensões de 1,20 m de largura e 2,40 m de comprimento (2,88 m²). Foram utilizadas quatro linhas de plantas espaçadas de 0,30 m entre si e 0,30 m entre plantas, perfazendo um total de 32 plantas por parcela. A área útil da parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais (1,08 m²), sendo descartadas a primeira e a última planta destas linhas, resultando num total de 12 plantas. A frequência de irrigação foi diária, sendo a lâmina de irrigação estabelecida de acordo com os tratamentos e baseada na evaporação do minitanque, instalado no centro da casa de vegetação. As adubações nitrogenadas foram feitas em 7 aplicações crescentes (9, 11, 13, 15, 16, 17 e 19%) sendo a primeira realizada aos 11 dias após o transplântio e a última 3 dias antes da colheita. A adubação com fósforo e potássio foi feita antes do transplântio das mudas para os canteiros. Desde o transplântio das mudas até o início da diferenciação dos tratamentos (7 dias após o transplântio) foram aplicados 41,18 mm de água em todos os tratamentos por meio de microaspersores com a finalidade de uniformizar a umidade do solo em todas as parcelas para favorecer o estabelecimento da cultura. A variável analisada foi a produtividade comercial que foi obtida a partir da pesagem da cabeça comercial. Após obtida a massa fresca comercial e com base nas dimensões das parcelas e considerando-se o espaço entre elas, estimou-se a população de plantas por hectare encontrando o valor de 78.667 plantas sendo a produtividade comercial expressa em kg ha⁻¹. No estudo da função de produção e das análises econômicas seguiu-se o procedimento adotado por Frizzone (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A síntese da análise de variância da produtividade comercial encontra-se na Tabela 1 e mostrou efeito significativo da lâmina de água (a 1% de probabilidade) e sua interação com doses de nitrogênio a 5% de probabilidade. Quanto ao efeito do nitrogênio, este não foi significativo, para a produtividade comercial.

TABELA 1. Síntese da análise de variância para a produtividade comercial.

Fonte de variação	GL	Produtividade comercial (kg ha ⁻¹)		
		QM	F	R ²
Lâmina de água	3	311244940,28	31,415 ^{**}	
Efeito linear	1	620294606,76	62,608 ^{**}	0,6643
Efeito quadrático	1	299246174,14	30,204 ^{**}	0,9848
Dose nitrogênio	3	11606224,19	1,171 ^{NS}	
Efeito linear	1	14230580,55	1,436 ^{NS}	0,4087
Efeito quadrático	1	12867803,12	1,299 ^{NS}	0,7783
Lâmina x dose N	9	22706326,33	2,292 [*]	
Bloco	2	11439788,16	1,155 ^{NS}	
Resíduo	30	9907558,18		
Média	-		21401,52	
c.v (%)	-		14,71	

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

^{NS} não significativo

A análise de regressão para lâminas de água, de acordo com a Tabela 1, mostrou efeito altamente significativo, a 1% de probabilidade, tanto para o modelo linear e o quadrático, porém o segundo modelo apresentou maior coeficiente de determinação (R²). Isso mostrou que as lâminas de água aplicadas num intervalo bem amplo foram melhor representadas por uma relação polinomial de segundo grau. A equação ajustada (1) apresentou coeficiente de determinação de 0,9848, evidenciando que mais de 98% da variação da produção pode ser explicada pelo modelo. De acordo com esta equação, a máxima produtividade, 25.471,93 kg ha⁻¹, seria obtida com a aplicação de 196,76 mm de água.

$$PC = -1,0419W^2 + 410,01W - 14865 \quad R^2 = 0,9848 \quad (1)$$

As discussões da eficiência econômica para doses de água e de nitrogênio ocorreram em situações em que se fixaram os níveis de um dos fatores de produção, enquanto o nível do outro era maximizado.

A curva de resposta é apresentada pela equação (2), com coeficiente de determinação (R²) de 0,8311. Assim, 83,11% da variação da produtividade comercial da alface americana são explicados pela variação de água e dose de nitrogênio.

$$PC = -12490 + 388,1W - 6,02N - 1,042W^2 - 0,04563N^2 + 0,1564WN \quad (2)$$

em que: PC = produtividade comercial da alface americana, em kg ha⁻¹;

W = lâmina total de água, em mm;

N = dose de nitrogênio, em kg ha⁻¹.

Observa-se, na Figura 1, que a água foi um fator mais limitante na produtividade comercial da alface americana, fato este comprovado pela maior curvatura da linha do fator lâminas totais de água na superfície de resposta e que a resposta da produtividade às doses de nitrogênio foi menos pronunciada. Conhecendo-se a função de produção (equação 2), chega-se à derivada parcial em relação aos fatores estudados e iguala-se a relação entre preço do fator correspondente e preço da alface (equações 3 e 4).

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = (388,1 - 2,084W + 0,1564N) = \frac{P_W}{P_Y} \quad (3)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N} = (-6,02 - 0,09126N + 0,1564W) = \frac{P_N}{P_Y} \quad (4)$$

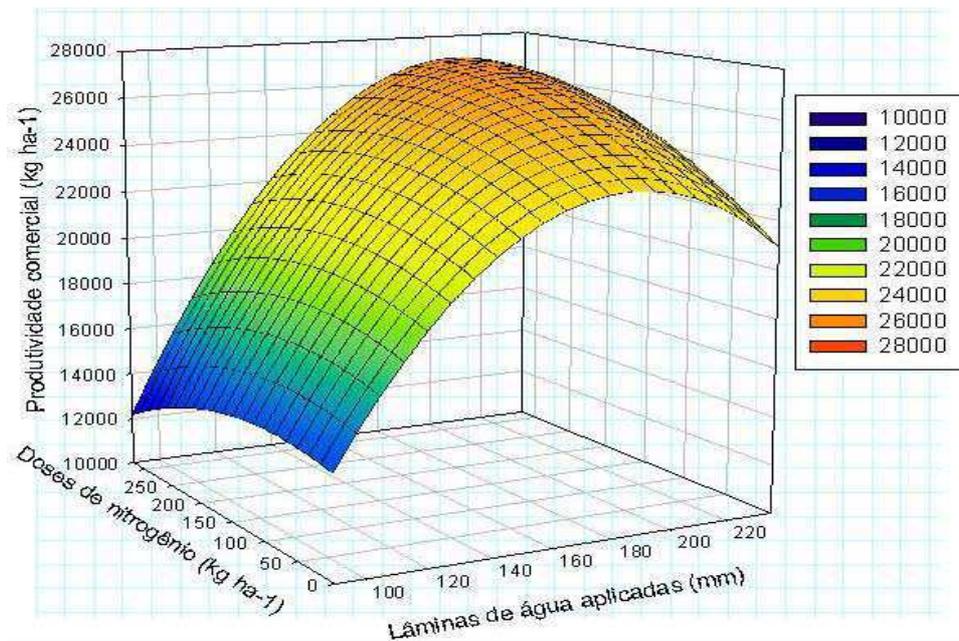


FIGURA 1. Produtividade comercial da alface americana, em função das lâminas totais de água e das doses de nitrogênio.

Com os valores conhecidos de P_Y , P_W e P_N , estimou-se o valor do fator N ($257,14 \text{ kg ha}^{-1}$) e do fator W ($205,26 \text{ mm}$), que correspondem às doses de nitrogênio e de água que proporcionaram a produtividade ótima econômica da alface americana, equivalente a $26.959,93 \text{ kg ha}^{-1}$, valores abaixo dos obtidos para a produtividade física máxima ($27.004,49 \text{ kg ha}^{-1}$), com uma lâmina total de água de $208,03 \text{ mm}$ e uma dosagem de $290,50 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio. Esta lâmina total de água ($208,03 \text{ mm}$) é muito próxima à estimada economicamente no cultivo da alface ($205,26 \text{ mm}$), isso porque os custos dos fatores de produção, principalmente a energia gasta para o bombeamento de água, ao longo do ciclo, foram relativamente baixos.

CONCLUSÕES: Com base nos resultados observados neste trabalho, conclui-se que: a aplicação de $205,26 \text{ mm}$ de água e de $257,14 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio proporcionou estimar uma produtividade máxima de $26.959,93 \text{ kg ha}^{-1}$ que correspondeu à obtenção do lucro máximo, considerando os preços dos fatores água (R\$ $0,44 \text{ mm}^{-1}$), nitrogênio (R\$ $2,09 \text{ kg}^{-1}$) e da alface americana (R\$ $0,80 \text{ kg}^{-1}$).

AGRADECIMENTOS: À FAPEMIG pelo apoio financeiro ao trabalho.

REFERÊNCIAS :

- FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação.** 1986. 133 p. Tese (Doutorado Solos e Nutrição de Plantas) – ESALQ.
- PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; PEREIRA, J. R.; BRITO, L. T. de L.; FARIAS, C. M. B. de; MACIEL, J. L. **Sistema de cultivo de melão com aplicação de fertilizantes via água de irrigação.** Brasília: Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1996. 24 p. (Circular Técnica 36)
- MADEIRA, N. R.; YURI, J.E.; MOTA, J.H.; FREITAS, A. C; RODRÍGUES JÚNIOR, J.C. Fornecimento de nitrogênio, potássio e cálcio para alface americana via fertirrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40, Águas de São Pedro. **Anais...** SOB, 2000. p. 841-842
- SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, L. A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 219-224, jul./ago. 2002.