

# Evapotranspiração da alface em função de água e nitrogênio

Omar Cléo Neves Pereira, Altair Bertonha\*, Paulo Sérgio Lourenço Freitas, Antônio Carlos Andrade Gonçalves, Roberto Rezende e Frederico Fonseca da Silva

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020900, Maringá, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail abertonha@uem.br

**RESUMO.** Neste trabalho, foi avaliada a evapotranspiração da alface *Lactuca sativa* cv. Verônica em função de níveis de água e de nitrogênio, cultivada sob ambiente protegido. O trabalho foi conduzido no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná, no período de 16 de março a 25 de abril de 2001. Montou-se o experimento segundo um delineamento inteiramente casualizado, com dezesseis tratamentos, composto da combinação de quatro níveis de água e quatro níveis de nitrogênio, constituindo um fatorial 4 x 4. Cada unidade experimental foi composta de um vaso com 2kg de solo e uma planta de alface. A reposição de água acontecia quando a massa de água evapotranspirada em cada tratamento atingia 50% da capacidade de retenção do solo, elevando o nível de água no solo para 62,5%; 75%; 87,5% e 100% dessa capacidade, respectivamente, para os tratamentos W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, W<sub>3</sub> e W<sub>4</sub>. Os níveis de nitrogênio N<sub>1</sub> = 75, N<sub>2</sub> = 150, N<sub>3</sub> = 225 e N<sub>4</sub> = 300mg dm<sup>3</sup> de solo foram subdivididos em 5 aplicações iguais ao longo do período estudado do ciclo da planta. A quantidade de água evapotranspirada de cada vaso foi medida com uma balança com capacidade de 8kg e precisão de 0,1g. Dentro da casa de vegetação, foi medida, também, a evaporação diária em um tanque de evaporação com dimensões de 0,60m de diâmetro e 0,25m de altura. O ajuste de um modelo polinomial para os valores obtidos mostrou um efeito quadrático para os níveis de água e linear para os níveis de nitrogênio. Porém os níveis ótimos de água no solo, estimados para os níveis de nitrogênio, mostraram que o aumento do conteúdo de nitrogênio no solo foi associado à redução da evapotranspiração da alface.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, irrigação, nutrição mineral, evapotranspiração.

**ABSTRACT.** Water and nitrogen effects on lettuce evapotranspiration. The purpose of this work was to evaluate the evapotranspiration of lettuce (*Lactuca sativa*) cv "Verônica" to water and nitrogen levels. The experiment was conducted on the greenhouse of Centro Técnico de Irrigação, at Universidade Estadual de Maringá campus (state of Paraná, South of Brazil), from March 16 to April 25, 2001. It was conducted in a 4 x 4 factorial scheme, with 16 treatments. The experimental design was completely randomized with four levels of water (W<sub>1</sub> = 62.5; W<sub>2</sub> = 75.0; W<sub>3</sub> = 87.5 and W<sub>4</sub> = 100% of the water retention capacity of the soil) and four levels of nitrogen (N<sub>1</sub> = 75; N<sub>2</sub> = 150; N<sub>3</sub> = 225 and N<sub>4</sub> = 300mg dm<sup>3</sup>) subdivided in five identical applications during the studied period in the plant cycle. Experimental unity was a vase with 2kg of soil and one plant of lettuce. The replacement of water occurred when the mass of water evapotranspiration of each treatment reached 50% of the water retention capacity. Within the greenhouse was also measured the evaporation by a pan (evaporimeter) with 60cm diameter and 25cm height. The lettuce evapotranspiration was influenced by water and nitrogen treatment. Lettuce evapotranspiration was linearly affected by nitrogen and quadratic affected by water levels. If soil water is no limiting, lettuce evapotranspiration decreases when nitrogen level increases.

**Key words:** *Lactuca sativa*, irrigation, mineral nutrition, evapotranspiration.

## Introdução

Neste trabalho, procurou-se equacionar a evapotranspiração da alface submetida a níveis de água e de nitrogênio com o propósito de estimar o

efeito complementar desses fatores de produção no consumo de água dessa planta cultivada em ambiente protegido.

Dentre os fatores físicos que afetam a evapotranspiração, podem-se destacar a radiação

solar, a temperatura do ar e da água, a umidade relativa do ar, o vento e a disponibilidade de água no solo. O tipo de vegetação e o estágio de desenvolvimento também afetam a taxa de evapotranspiração, sendo que o consumo de água pela planta pode implicar aumento de produtividade (Klar, 1984; Sutcliffe, 1980; Ometto, 1981).

A correlação entre a evaporação da água de um tanque com superfície livre e a evapotranspiração das culturas é uma prática largamente empregada para se estimar a segunda como função da primeira. O Tanque Classe A é o evaporímetro mais comum utilizado no Brasil para esse fim. Com a disseminação de cultivos em ambientes protegidos com cobertura de filmes de plásticos, tanto para elevar a temperatura interna quanto para promover uma proteção contra as intempéries, vários trabalhos foram desenvolvidos com o propósito de ajustar a evaporação medida no Tanque Classe A com a evapotranspiração da alface conduzidas nesses ambientes (Alves e Klar, 1996; Andrade Jr. e Klar, 1997; Dantas e Escobedo, 1998).

Alves e Klar (1996) afirmam que a redução da evaporação da superfície livre de água em ambiente protegido ocorre devido à ausência de vento e à redução da radiação global e difusa, encontrando valores de 0,5523 para a relação entre a radiação global interna pela externa e de 0,5215 para a relação entre a radiação difusa interna pela externa. Andrade Jr. e Klar (1997), cultivando alface em ambiente protegido, encontraram valores 30% menores que os estimados também por Tanque Classe A em ambiente aberto. Dantas e Escobedo (1998) encontraram estimativas de evapotranspiração com o uso do Tanque Classe A, dentro de ambiente protegido, 57% menor no verão e 59% no inverno em relação ao ambiente externo.

Devido à limitação de espaço, Medeiros *et al.* (1997) propuseram o uso de tanques de evaporação com dimensões reduzidas, com 0,60m de diâmetro e 0,25m de altura, e observaram que as leituras são 15% maiores que as obtidas com o Tanque Classe A e que a evaporação medida nos tanques de evaporação em ambiente protegido com lâminas de polietileno é 47% menor que a medida em ambiente externo.

O nitrogênio é o macronutriente encontrado em maior quantidade nas folhas da alface (Tavares e Junqueira, 1999). Sua deficiência retarda o crescimento da planta e induz ausência ou má formação de cabeça, as folhas mais velhas tornam-se amareladas e desprendem-se com facilidade. No entanto, se aplicado em excesso e não for lixiviado, principalmente no último terço do ciclo, as

cultivares que formam cabeças não são suficientemente rígidas para o transporte (Garcia, 1982).

A evapotranspiração da alface varia com a época do ano (Shih e Rahi, 1984), com o déficit hídrico do solo e com o nível de água aplicada por irrigação (Andrade Jr. *et al.*, 1992).

As combinações do efeito da água no solo e da adubação nitrogenada sobre as plantas foram apresentadas por Frizzone (1986) e por Bertonha *et al.* (1999), afirmando que água e nitrogênio são fatores de produção substitutos.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido entre os dias 16 de março a 25 de abril de 2001, no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, localizado geograficamente a 23°25' de latitude sul, 51°57' de longitude oeste e altitude de 542m, em um abrigo coberto com lâmina de polietileno transparente de 0,075mm de espessura, com 5 m de largura, 12m de comprimento, 3m de altura no centro do abrigo e 1,80m no perímetro. O manejo de cortinas laterais, com 1,80m de altura em todo o perímetro permitia manter a temperatura do ambiente, no máximo, a 3°C acima da temperatura externa.

O delineamento experimental foi constituído por dezesseis tratamentos, inteiramente casualizados, compostos pela combinação de quatro níveis de água e de quatro níveis de nitrogênio. Cada unidade experimental foi composta de um vaso de polietileno preto, sem dreno, com 2000g de material obtido a partir de um Latossolo Vermelho, comumente encontrado na região Noroeste do Estado do Paraná, no qual foi colocada uma planta de alface, cultivar Verônica. A densidade do material nos vasos foi padronizada em 1,33mg m<sup>-3</sup>. O material utilizado nos vasos foi coletado em uma camada de 20cm de profundidade do solo, passado em peneira de 4mm e seco ao ar. A composição granulométrica desse material foi de 25%; 44%; 1% e 30%, respectivamente, de areia grossa, areia fina, silte e argila. Ao substrato foram adicionados 337,5mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 435mg de K<sub>2</sub>O e 1875mg de calcário PRNT 91% por decímetro cúbico.

As mudas foram transplantadas 25 dias após a germinação, no dia 16 de março de 2001 e os tratamentos iniciados 15 dias após. A suplementação de água ocorria quando a umidade do substrato atingia 50% de sua capacidade máxima de retenção, elevando essa umidade para W<sub>1</sub> = 62,5; W<sub>2</sub> = 75,0; W<sub>3</sub> = 87,5 e W<sub>4</sub> = 100,0%. Dessa forma, os tratamentos foram mantidos, respectivamente, com

déficit entre 50% e 37,5%; 50% e 25%; 50% e 12,5% e 50% e 0%. A evapotranspiração de cada vaso foi determinada com uma balança com capacidade para 8kg e precisão de 0,1g (0,001%).

Os níveis de nitrogênio foram  $N_1 = 75$ ,  $N_2 = 150$ ,  $N_3 = 225$  e  $N_4 = 300$  mg  $dm^{-3}$  de solo (Lédo *et al.*, 2000). O nível de cada tratamento de nitrogênio foi subdividido em 5 partes iguais, sendo aplicadas nos dias 15, 23, 28, 30 e 33 após o transplante.

Para corrigir o peso dos vasos devido ao aumento de matéria fresca, foi acrescentado ao peso de cada vaso o peso médio de cinco plantas retiradas de cada tratamento aos 25 e 34 dias após o transplante das mudas.

Analisou-se o efeito dos níveis de água e de nitrogênio no solo sobre o total de água evapotranspirada durante o experimento, a partir de um modelo polinomial quadrático:

$$ET_t(W,N) = \beta_0 + \beta_1 \cdot W + \beta_{11} \cdot W^2 + \beta_2 \cdot N + \beta_{22} \cdot N^2 + \beta_{12} \cdot W \cdot N \quad (1)$$

em que:

$ET_t(W,N)$  - evapotranspiração total da cultura da alface em função dos níveis de água e de nitrogênio no solo (L de água evapotranspirada por planta);

$W$  - nível de irrigação (% capacidade de retenção do substrato);

$N$  - nível de nitrogênio (mg  $dm^{-3}$  de solo);

$\beta_0, \beta_1, \beta_{11}, \beta_2, \beta_{22}$  e  $\beta_{12}$  - coeficientes do modelo.

Relacionou-se a evaporação ocorrida no Minitanque descrito por Medeiros *et al.* (1997) com a evapotranspiração ocorrida nos vasos. Esse Minitanque estava localizado no centro do ambiente protegido, imediatamente ao lado das plantas de alface. Dividiu-se o período do ciclo da planta em 3 fases, compreendidas, respectivamente, entre os dias 33 a 40 para a fase 1 (F1), 41 a 53 para a fase 2 (F2) e 54 a 63 para a fase 3 (F3) após a germinação, sendo que os tratamentos de água e de nitrogênio iniciaram-se simultaneamente com a fase 2.

Estudou-se, em cada nível de água no solo ( $W_1, W_2, W_3$  e  $W_4$ ) nas fases 2 e 3, o efeito do nitrogênio na evapotranspiração da alface, comparando-a com a evaporação medida no Minitanque. Para a fase 1, foi ajustada uma única equação, pois, nessa fase, não houve distinção dos tratamentos. Para cada uma das fases 2 e 3, foram ajustadas as equações que apresentaram diferença significativa para os níveis de nitrogênio em cada nível de água:

$$ET_d(M, N) = \beta_0 + \beta_1 \cdot M + \beta_2 \cdot N + \beta_{12} \cdot M \cdot N \quad (2)$$

em que:

$ET_d(M,N)$  - evapotranspiração diária em função da evaporação medida no Minitanque e dos níveis de nitrogênio no solo (L de água/planta);

$M$  - evaporação do Minitanque (mm/dia);

$N$  - nível de nitrogênio (mg  $dm^{-3}$  de solo);

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  e  $\beta_{12}$  - coeficientes do modelo.

### Resultados e discussão

Determinou-se a evapotranspiração acumulada no ciclo da planta em função dos níveis de água e de nitrogênio no solo, conforme Bertonha *et al.* (1999) e Frizzone (1986). As isolinhas de evapotranspiração acumulada das plantas de alface mostraram um efeito quadrático para os níveis de água e linear para os níveis de nitrogênio estudados (Figura 1).

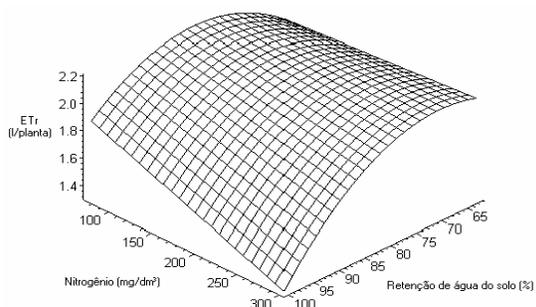


Figura 1. Evapotranspiração acumulada das plantas de alface no período estudado, em função dos níveis de água e de nitrogênio no solo

Observa-se, na Figura 1, o efeito dos níveis de nitrogênio aplicados sobre a evapotranspiração da alface, além de interagir com o efeito do nível de água no solo, conforme equação (3). A partir desse fato, conclui-se que a estimativa da evapotranspiração da alface deve ser ajustada com o conteúdo de nitrogênio no solo, conforme a equação (3), que é o polinômio que gerou a superfície de resposta apresentada na Figura 1. Essa regressão foi ajustada com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 35,84%, coeficiente de variação (CV) igual a 16,42% e F menor ou igual a 0,0000. O termo  $N_2$  da equação (3) não é significativo pelo teste t de Student em nível de 1% de probabilidade.

$$ET_t(W,N) = -3,617102 + 0,141077 W - 0,0008434 W^2 + 0,0053293 N - 0,000078178 W \cdot N \quad (3)$$

Observa-se, na Figura 1, que a evapotranspiração da alface varia linearmente com o nível de nitrogênio e de maneira quadrática com os níveis de água no solo. O nível de água no solo que maximiza a evapotranspiração da planta reduz com o aumento dos níveis de nitrogênio no solo, reduzindo também a evapotranspiração estimada, devido ao efeito negativo da interação desses fatores de produção (Tabela 1).

Buscando-se estimar a evapotranspiração da alface a partir da evaporação de água de um tanque com superfície livre dentro do ambiente protegido, conforme Alves e Klar (1996), Andrade Jr. e Klar (1997) e Dantas e Escobedo (1998), correlacionou-se

a evaporação de um Minitanque (Medeiros et al., 1997) com o volume de água evapotranspirada medido com uma balança, ajustando-se modelos lineares para as fases de crescimento da alface, como se pode observar na Tabela 2.

**Tabela 1.** Nível ótimo de água no solo para os níveis de nitrogênio e respectiva evapotranspiração maximizada

Nitrogênio (mg dm <sup>-3</sup> )	Nível ótimo de água no solo (% da capacidade de retenção)	Evapotranspiração estimada (L.planta <sup>-1</sup> )
75	80,15	2,202
150	76,67	2,142
225	73,20	2,102
300	69,72	2,083
Média	74,94	2,132

**Tabela 2.** Fases do ciclo da planta, tratamentos, equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), coeficiente de variação (CV) e probabilidade (P)

Nº	Fase	Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)	P
4	F1	*	ET <sub>d</sub> = 0,0093 + 0,0091.M	0,7276	16,66	0,0071
5	F2	W1W2	ET <sub>d</sub> = 0,0045 + 0,0194.M	0,6312	24,08	0,0000
6	F3	W1	ET <sub>d</sub> = 0,0323 + 0,0235.M	0,7071	20,45	0,0000
7	F3	W2	ET <sub>d</sub> = 0,0335 + 0,0179.M	0,6759	19,92	0,0000
8	F2	W3N1	ET <sub>d</sub> = -0,0126 + 0,0288.M	0,6854	27,58	0,0059
9	F2	W3N2N3N4	ET <sub>d</sub> = -0,0032 + 0,0219.M	0,7397	21,02	0,0000
10	F3	W3	ET <sub>d</sub> = 0,0478 + 0,0184.M	0,3996	31,03	0,0003
11	F2	W4N1	ET <sub>d</sub> = 0,0285 + 0,0140.M	0,3759	28,02	0,0792
12	F2	W4N2N3N4	ET <sub>d</sub> = 0,0208 + 0,0106.M	0,4894	21,71	0,0000
13	F3	W4N1	ET <sub>d</sub> = 0,0319 + 0,0188.M	0,6417	23,60	0,0304
14	F3	W4N2N3N4	ET <sub>d</sub> = 0,0129 + 0,0147.M	0,5941	29,46	0,0000

A equação (4) ajustada para a fase 1 independe dos níveis de água e de nitrogênio aplicados, por isto é comum a todos os tratamentos.

Na fase 2, os tratamentos W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub>, em todos os níveis de N, não apresentaram diferença significativa entre si, permitindo, assim, serem ajustados pela equação (5). Na fase 3, nos tratamentos W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub>, o efeito dos níveis de água apresentam diferenças entre si, mas o efeito de nitrogênio não, conforme observado nas equações (6) e (7).

Para o tratamento W<sub>3</sub>, na fase 2, o nível de nitrogênio N<sub>1</sub> apresentou diferença significativa em relação aos demais níveis de N, sendo, portanto, ajustada a equação (8) para N<sub>1</sub> e a equação (9) para os demais. Como na fase 3 não houve diferença significativa dos níveis de N, ajustou-se a equação (10) para todos.

No tratamento W<sub>4</sub>, o nível de nitrogênio N<sub>1</sub> apresentou diferença significativa dos demais, ajustando as equações (11) e (13) para N<sub>1</sub> e as equações (12) e (14) para os demais níveis de N, respectivamente, para as fases 2 e 3.

Trabalhando-se com déficit de água entre 37,5% e 25% da capacidade de armazenamento do solo, onde estão contidos os tratamentos W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub>, pode-se estimar a evapotranspiração da alface com o uso do Minitanque para a fase 2 do ciclo da planta,

independente dos níveis de água e de nitrogênio no solo. Entretanto, para a fase 3, devem-se considerar os níveis de água no solo para a estimativa da evapotranspiração a partir do Minitanque, conforme observado por Shih e Rahi (1984) e Andrade Jr. et al. (1992).

Os tratamentos W<sub>3</sub> e W<sub>4</sub> apresentaram diferença significativa entre si e em relação aos tratamentos W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub> no ajuste linear entre a evapotranspiração da alface e a evaporação do Minitanque. Na fase 2, submetida ao tratamento W<sub>3</sub>, e nas fases 2 e 3 para o tratamento W<sub>4</sub>, o menor nível de nitrogênio aplicado ao solo (75mg N.dm<sup>-3</sup> de substrato) superestima a evapotranspiração da alface com o uso do Minitanque, quando comparado com os outros níveis de nitrogênio. Nesses casos, os níveis de nitrogênio N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> e N<sub>4</sub> aplicados ao solo não apresentaram diferença significativa para a estimativa da evapotranspiração da alface com o uso do Minitanque.

Aumentando o teor de água no solo, evidencia-se o efeito do nitrogênio sobre a evapotranspiração da alface. Observa-se que os efeitos do nitrogênio e do nível de água no solo interagem de forma distinta ao longo do crescimento da planta, o que foi destacado por Garcia (1982) como efeito distinto do déficit ou excesso de nitrogênio em cada terço do ciclo da alface. Portanto, o uso do tanque de evaporação, para estimar a evapotranspiração dessa planta, deve ser ajustado, levando-se em conta o nível de água e de nitrogênio no solo para cada fase da cultura, o que corrobora com as afirmações de Sutcliffe (1980), Ometto (1981), Klar (1984) e Tavares e Junqueira (1999).

## Referências

- ALVES, D.R.B.; KLAR, A.E. Comparação de métodos para estimar evapotranspiração de referência em túnel de plástico. *Irriga*, Botucatu, v.1, n.2, p.26-34, 1996.
- ANDRADE JUNIOR, A.S.; KLAR, A.E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do Tanque Classe A. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.54, n.1/2, p.31-38, 1997.
- ANDRADE JUNIOR, A.S. et al. Respostas de cultivares de alface a diferentes níveis de irrigação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.10, n.2, p.95-97, 1992.
- BERTONHA, A. et al. Irrigação e adubação nitrogenada na produção de laranja-pêra. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.21, n.3, p.537-542, 1999.
- DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Parâmetros agrometeorológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.13, n.3, p.10-15, 1998.
- FRIZZONE, J.A. *Funções de respostas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação*. 1986.

- Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.
- GARCIA, L.L.C. *Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (Lactuca sativa L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia*. 1982. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.
- KLAR, A.E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Livraria Nobel S. A., 1984.
- LÉDO, F.J.S. *et al.* Eficiência nutricional de nitrogênio em cultivares de alface. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.47, n.271, p.273-285, 2000.
- MEDEIROS, J.F. *et al.* Comparação entre a evaporação de tanque classe A padrão e em minitanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.228-230.
- OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ceres, 1981.
- SHIH, F.S.E.; RAHI, G.S. Evapotranspiration of lettuce in relation to water table depth. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v.27, p.1074-1080, 1984.
- SUTCLIFFE, J.F. *As plantas e a água*. São Paulo: Edusp, 1980.
- TAVARES, H.L.; JUNQUEIRA, A.M.R. Produção hidropônica de alface cv. Verônica em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.17, n.3, p.240-243, 1999.

*Received on April 24, 2003.*

*Accepted on August 26, 2003.*