

## FONTES DE ESTERCO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM ALFACE CULTIVADA EM SOLO

*Maria do Carmo Silva*

Eng. Agro. pela Universidade Federal de Campina Grande - Campus Pombal, CEP: 58840-000, Pombal- PB,  
e-mail: m.carmen.silva@hotmail.com

*Francisco Hevilásio Freire Pereira*

Eng. Agr. Dr. Professor da UFCG/CCTA/UATA, CEP: 58840-000, Pombal - PB, e-mail: fhfpereira@ccta.ufcg.edu.br

*Ana Laura Rocha Sarmiento*

Eng. Agro. pela Universidade Federal de Campina Grande - Campus Pombal, CEP: 58840-000, Pombal- PB,  
e-mail: ana.laurars@hotmail.com

*Joyce Emanuele de Medeiros*

Licenciatura em Ciências – Técnica de Laboratório da UFCG/CCTA/UATA - Campus Pombal, CEP: 58840-000, Pombal- PB,  
e-mail: joycemanuely@hotmail.com

*Francisco Hélio Dantas Lacerda*

Aluno do curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande - Campus Pombal, CEP: 58840-000, Pombal- PB,  
e-mail: hellyo\_07@hotmail.com

**RESUMO** – O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de esterco e concentrações de nutrientes na solução nutritiva em alface cultivada em solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG) – Pombal - PB, no período de 13/03 a 19/04/2010, utilizando a cultivar de alface ‘Babá de Verão’. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de esterco (bovino e caprino) na dose de 80 t ha<sup>-1</sup>, quatro níveis de concentração de nutrientes na solução nutritiva (12,5, 25, 50 e 100%) e uma testemunha adicional. A solução nutritiva utilizada como base foi a de Hoagland & Arnon na concentração de 100%. A partir desta solução obteve-se por diluição as demais concentrações. Como testemunha adicional utilizou-se zero de esterco e solução nutritiva na concentração de 100%. Os maiores valores de área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produção foram verificados na alface adubada com esterco caprino em relação ao bovino. Os maiores valores de fotossíntese líquida, área foliar, número de folhas por planta, massa seca de folha, caule e total e produção foram obtidos no intervalo de 75 a 100% na concentração de nutrientes na solução nutritiva aplicada na alface. A aplicação do esterco caprino e solução nutritiva com concentração dos nutrientes acima de 50% proporcionaram melhor performance no crescimento, acúmulo de massa seca e produção da alface.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., adubação orgânica, nutrição mineral, fotossíntese, produção.

## SOURCES OF MANURES AND NUTRIENTS CONCENTRATION ON NUTRIENT SOLUTION IN LETTUCE CULTIVED IN SOIL

**ABSTRACT** - This work aimed to evaluate the effect of the sources and nutrients concentration on nutritive solution in lettuce grown in soil. The experiment was carried out in greenhouse at the Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG), Pombal-PB, from 03/03 to 19/04/2010, using the lettuce ‘Babá de verão’. The treatments were done by means of the use of two sources of manures (cattle and goats) in the rates of 80 t ha<sup>-1</sup>, four levels of nutrients concentration in nutritive solution (12,5, 25, 50 and 100%) and additional control. The nutritive solution used as base it was Hoagland & Arnon in concentration of 100%. Using this solution it was obtained by dilution the other concentrations. The additional witness use rate zero manure and concentration of the nutritive solution of 100%. The highest values of leaf area, number of leaves for plant, dry mass total, leaf and stem and yield was observed in lettuce fertilized with goat manure in relation to the cattle. The highest values of liquid photosynthesis, leaf area, number of leaves for plant, dry mass of leaf, stem and total and yiedl was obtained in the interval from 75 to 100% on nutrients concentration in nutritive solution in the lettuce. The application of the goat manure and nutritive solution with nutrients concentration above 50% improved best performance in growth, dry mass accumulation and yield in lettuce.

**Key-words:** *Lactuca sativa* L., organic fertilizer, photosynthesis, mineral nutrition, yield.

## INTRODUÇÃO

A Alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas de maior consumo em todo o mundo. No Brasil está entre as principais hortaliças tanto no que se refere a volume produzido como em valor comercializado. É consumida na forma de saladas sendo considerada uma excelente fonte de vitaminas A, B1, B2, B5 e C, fibras e sais minerais (SEDIYAMA et al., 2007).

O plantio da alface, geralmente ocorre em pequenas áreas, cujo elevado requerimento nutricional e cultivo intensivo, tem proporcionado desequilíbrios na fertilidade do solo causando deficiências minerais e baixa produtividade (PORTO et al., 1999). A adubação da alface tem sido considerada uma prática cara, no entanto, de maior retorno econômico, visto que permite o aumento da produtividade e a obtenção de produto de melhor qualidade comercial (RICCI et al., 1994).

As doses de adubação orgânica recomendadas para a cultura da alface situam-se, geralmente, entre 20 e 50 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de esterco ou composto orgânico e de 12 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de esterco de aves (FONTES, 1999). Contudo, estas doses podem variar de acordo com a qualidade dos materiais empregados, com as características do solo e com o tempo de manejo orgânico. A variação é saudável, pois indica que os sistemas de produção devem ser gerados para cada situação específica, dentro de seus limites ecológicos, agrônômicos e econômicos (SANTOS, 2005).

Atenção especial deve ser dispensada à qualidade do material orgânico empregado nas adubações. Santos et al. (2001) verificaram que o esterco bovino apresentou maior teor de N e relação C/N quando comparado ao esterco caprino que apresentou maiores teores de P, K e matéria orgânica. Por apresentar baixa relação C/N o esterco caprino apresenta fermentação mais rápida do que o esterco bovino, podendo ser utilizado com sucesso na agricultura após um menor período de decomposição (TIBAU, 1993).

Outro ponto importante a se considerar para a cultura da alface é a adubação mineral. Muitas são as recomendações para o cultivo da alface tanto em solo como em hidroponia. No entanto, as prescrições de adubação na alface cultivada em solo, em geral não são tão completas em termos de composição e equilíbrio nutricional quando comparada a solução nutritiva utilizada no cultivo hidropônico. Muitas fórmulas de

soluções nutritivas têm sido usadas e avaliadas quanto a produtividade da cultura da alface em hidroponia (COMETTI et al., 2008). No entanto, não há trabalhos que atestem a eficiência do uso de solução nutritiva bem como variações em sua composição nutricional nos mesmos moldes no cultivo da alface em solo.

Santos (1998) observou em cultivo hidropônico que não há grande diferença na produtividade da alface entre as diversas soluções nutritivas comumente utilizadas. Em geral, as soluções nutritivas propostas tem como base comum a solução formulada por Hoagland & Arnon (1950), cujos níveis de macro e micronutrientes muito se assemelham aos atualmente preconizados.

O uso de soluções nutritivas muito concentradas no cultivo hidropônico sob condições ambientais de altas temperaturas tem provocado o aparecimento de distúrbios fisiológicos nas plantas de alface como murcha excessiva nas horas mais quentes do dia, queima das bordas de folhas e perda de produtividade (HUETT, 1994). Trabalhos de Siddiqi et al. (1998) e Chen et al. (1997) mostram ser possível reduzir a concentração da solução nutritiva a níveis tão baixos quanto 10% da força iônica original das soluções comumente usadas em cultivos hidropônicos em sistema recirculantes de alface e tomate, sem que se incorra em riscos de perda da produtividade.

Objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de esterco e concentrações de nutrientes na solução nutritiva em alface cultivada em solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus Pombal – Pombal/PB, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG), no período de 03/03 a 19/04/2010. Utilizou-se a cultivar de alface “babá de verão”, pertencente ao grupo lisa. O solo utilizado foi classificado como Neossolo flúvico, textura areia franca (areia grossa = 817; silte = 133 e argila = 50 g kg<sup>-1</sup>), cujos resultados médios das análises químicas, antes da instalação do experimento, foram: pH em H<sub>2</sub>O = 7,2; P = 245 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,14; Na = 0,12; Ca = 2,8; Mg = 1,1; Al = 0,0; H + Al = 0,8; SB = 4,2 e CTC = 5,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MO = 1,00 g kg<sup>-1</sup>. As características climáticas registradas durante a condução do experimento encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Média dos dados climáticos coletados durante a condução do experimento. Pombal, UFCG, 2010.

| Variáveis climáticas                                     |        | Média diária |
|--|--------|--------------|
| Temperatura do ar (°C)                                   | Mínima | 32,6°C       |
|  | Máxima | 40,5°C       |
| Umidade relativa do ar (%)                               | Mínima | 25%          |
|  | Máxima | 72%          |
| RFA <sup>1</sup> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) |        | 780          |

<sup>1</sup>RFA – Radiação fotossinteticamente ativa.

A temperatura mínima e máxima e a umidade relativa do ar foram medidas diariamente, durante toda a condução do experimento, utilizando termohigrometro digital modelo HT-208 (ICEL-Manaus). A Radiação Fotossinteticamente Ativa foi medida ao longo do dia, em duas diferentes épocas durante a condução do experimento, utilizando IRGA – LCPro<sup>+</sup> (Analytical Development, Kings Lynn, UK).

Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de esterco (bovino e caprino), quatro níveis de concentração de nutrientes na solução nutritiva na alface (12,5, 25, 50 e 100%) e uma testemunha adicional. Os esterco foram previamente curtidos durante 30 dias e a dose aplicada correspondeu a 80 t ha<sup>-1</sup>. A solução nutritiva utilizada como base foi a de Hoagland & Arnon na concentração de 100%. A partir dessa solução obteve-se por diluição as demais concentrações. Os resultados das análises químicas da água utilizada no preparo das soluções nutritivas foram: pH = 7,8 mmol<sub>c</sub>; K = 0,22 mmol<sub>c</sub>; Na = 0,71 mmol<sub>c</sub>; Ca = 0,6 mmol<sub>c</sub>; Mg = 1,2 mmol<sub>c</sub>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 0,0 mmol<sub>c</sub>; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> = 0,0; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 2,36 mmol<sub>c</sub>; Cl<sup>-</sup> = 1,8 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Ras = 0,75 mmol<sub>c</sub>; NaCl =

113 mmol<sub>c</sub> e CaCO<sub>3</sub> = 99,2 mg L<sup>-1</sup>. Como testemunha adicional utilizou-se dose zero de esterco e solução nutritiva na concentração de 100%.

O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 4 + 1, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas. As plantas foram dispostas no espaçamento de 0,4 x 0,2 m.

A sementeira foi realizada em 03/03/2010, em bandejas de isopor de 128 células, a uma profundidade aproximada de 1,0 cm, colocando-se seis sementes por célula. A emergência, acima de 80% das plantas, foi observada cinco dias após da sementeira. Dez dias após a sementeira realizou-se o transplantio de quatro mudas por vaso com capacidade de 8 L preenchido com solo peneirado (peneira n° 2). Cinco dias após o transplante foi realizado o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por vaso. Durante os 10 primeiros dias após o transplantio das mudas os vasos foram irrigados apenas com água normal. As quantidades de macro e micronutrientes aplicados durante a condução do experimento encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidade de macro e micronutriente aplicados durante a condução do experimento. Pombal, UFCG, 2010.

| Fertilizantes       | Fórmula   | Quantidade (g vaso <sup>-1</sup> ) |
|---------------------|---|------------------------------------|
| Fosfato de potássio | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>   | 1,16*                              |
| Nitrato de potássio | KNO <sub>3</sub>  | 4,32                               |
| Nitrato de cálcio   | Ca(NO <sub>3</sub> ) 4H <sub>2</sub> O  | 10,10                              |
| Sulfato de magnésio | MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O   | 4,21                               |
| Ácido bórico        | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>  | 0,027                              |
| Sulfato de manganês | MnSO <sub>4</sub> 4H <sub>2</sub> O   | 0,015                              |
| Sulfato de zinco    | ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O   | 0,0019                             |
| Sulfato de cobre    | CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O   | 0,0064                             |
| Sulfato de ferro    | FeSO <sub>4</sub>   | 0,12                               |
| Molibdato de amônio | (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> 4H <sub>2</sub> O | 0,011                              |

\* Valores correspondentes a concentração de 100% de nutrientes na solução nutritiva.

A quantidade de água aplicada por vaso variou no transcorrer do experimento de 0,3 a 0,5 L, com um total durante o ciclo de 12,5 L por vaso. Não houve necessidade de controle fitossanitário.

As trocas gasosas foram avaliadas aos 37 dias após o transplantio (DAT) das mudas de alface para os vasos. Nesta ocasião foram determinadas a fotossíntese (A), a condutância estomática (g<sub>s</sub>), a transpiração (E) e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), medido com analisador de gás no infravermelho (IRGA) LCpro<sup>+</sup>

(Analytical Development, Kings Lynn, UK) com fonte de luz constante de 1.200 µmol de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

O crescimento e acúmulo de massa seca das plantas foram avaliados aos 37 dias após o transplantio (DAT) nas duas plantas da unidade experimental, cortando-as rente ao solo. Nessas plantas foram avaliadas: a área foliar e o número de folhas por planta e a massa seca de folha, de caule e total. A massa seca total foi determinada pela soma da massa seca das folhas e caule obtidas após secagem em estufa, com circulação de ar

forçada a 70°C, por 96 horas. Os valores foram expressos em g por planta.

Para avaliação da produtividade foram colhidas duas plantas por vaso aos 37 DAT, as quais foram pesadas e os valores foram expressos em g por planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo realizado o ajuste de equações em relação às concentrações de nutrientes na solução nutritiva e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos fatoriais versus testemunha adicional e entre fontes de esterco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeito dos esterco *versus* concentração de nutrientes na solução nutritiva sobre as trocas gasosas

Houve efeito significativo para tratamentos fatoriais versus testemunha adicional para fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Tabela 3). Verificou-se efeito significativo para a interação entre fontes de esterco

e concentração de nutrientes na solução nutritiva para fotossíntese líquida (Figura 1A a C) e efeito significativo individual para concentração de nutrientes na solução nutritiva com relação a condutância estomática (Figura 1E). Não houve efeito significativo para a transpiração e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> em relação a concentração de nutrientes na solução nutritiva (Figura 1D e F) e para a transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> em relação a fontes de esterco (Tabela 4).

Os maiores valores de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> foram verificados nos tratamentos fatoriais em relação a testemunha adicional (Tabela 3). Esses resultados demonstram que a combinação entre adubação orgânica e mineral proporciona o incremento na atividade fisiológica em plantas de alface quando comparado a apenas adubação mineral na concentração de 100%. Isso ocorre possivelmente devido o esterco proporcionar, além de melhorias na fertilidade do solo, também favorece melhorias nas características físicas e biológicas do solo. Sendo assim, esses resultados reforçam a importância da adubação orgânica em cultivos agrícolas, principalmente, em espécies olerícolas.

**Tabela 3.** Fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (g<sub>s</sub>) e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) em plantas de alface cultivadas com e sem a aplicação de esterco bovino ou caprino. UFCG, Pombal, 2010.

| Tratamentos | A<br>( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | E<br>( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | g <sub>s</sub><br>( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | C <sub>i</sub><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) |
|-------------|---|---|---|--|
| Fatorial    | 9,76 a  | 3,42 a                                      | 0,42 a  | 301,50 a                                 |
| Testemunha  | 4,75 b  | 2,43 b                                      | 0,20 b  | 289,69 b                                 |
| CV(%)       | 11,45   | 10,28                                       | 22,89   | 2,72                                     |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

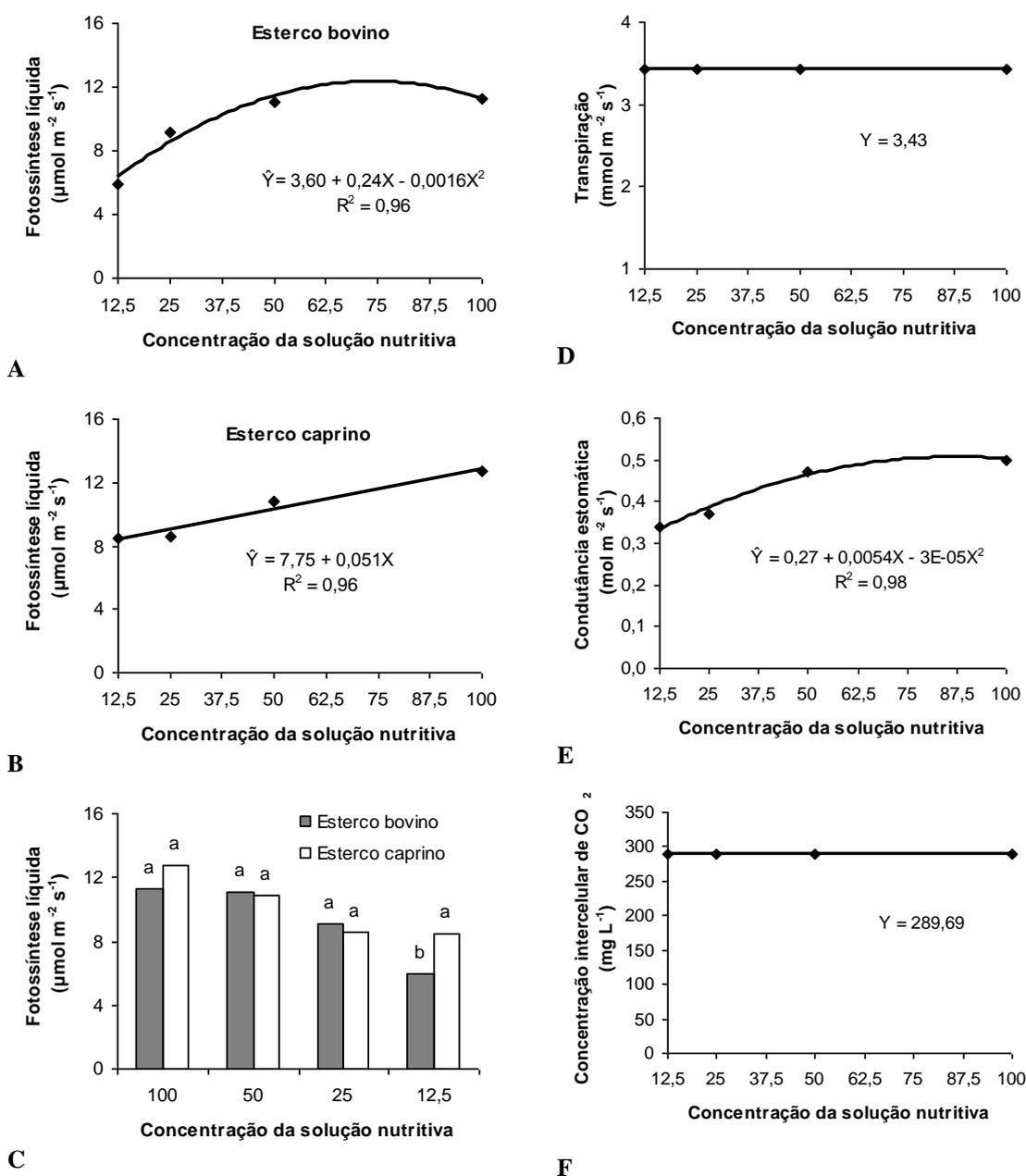
Os maiores valores de fotossíntese líquida foram de 12,60 e 12,85  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  nas concentrações de 75 e 100% de nutrientes na solução nutritiva quando se utilizou esterco bovino e caprino, respectivamente (Figura 1A e B). O incremento na taxa fotossintética proporcionados pelas concentrações de 75 e 100% em relação a concentração de 12,5% foi de 49,60% quando se utilizou o esterco bovino e 34,71% quando se utilizou o esterco caprino. Esses resultados demonstram que a alface responde ao aumento na concentração de nutrientes na solução nutritiva até 75% quando adubada com esterco bovino. Para o esterco caprino não se atingiu valor máximo de fotossíntese líquida em relação a concentração de nutrientes na solução nutritiva, havendo-se ainda, possibilidades de aumento com o acréscimo na concentração da mesma.

O esterco bovino os valores de fotossíntese proporcionados por concentrações acima de 75% na

solução nutritiva reduziram ou estabilizaram, possivelmente, devido a diminuição no potencial osmótico da solução do solo abaixo do tolerado pela cultura o que pode ter interferido nas características fisiológicas da planta.

Considerando-se as fontes de esterco dentro de cada concentração de nutrientes na solução nutritiva verificou-se maior valor de fotossíntese quando se utilizou esterco caprino em relação ao esterco bovino apenas na concentração de 12,5%. Nas demais concentrações não houve diferença significativa entre os esterco (Figura 1C).

A transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> não apresentaram variações significativas independentemente da fonte de esterco utilizada (Tabela 4).



**Figura 1.** Fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  em plantas de alface cultivadas sob diferentes fontes de esterco e concentração de nutrientes na solução nutritiva. Pombal-PB, UFCG, 2010.

**Tabela 4.** Transpiração (E), condutância estomática ( $g_s$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) em plantas de alface cultivadas com aplicação de esterco bovino e caprino. UFCG, Pombal, 2010.

| Esterco | E<br>( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | $g_s$<br>( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | $C_i$<br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) |
|---------|---|--|---------------------------------|
| Bovino  | 3,47 a                                      | 0,41 a   | 292,50 a                        |
| Caprino | 3,38 a                                      | 0,42 a   | 286,88 a                        |
| CV(%)   | 10,28                                       | 22,89  | 2,72                            |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A transpiração (Figura 1D) e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (Figura 1E) não apresentaram variações significativas independentemente da concentração de nutrientes da solução nutritiva. O maior valor para condutância estomática foi de 0,51 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> obtido na concentração de 90%, desconsiderando a fonte de esterco utilizada. O incremento na condutância estomática proporcionado pela concentração de 90% em relação a concentração de 12,5% foi de 34,75%.

A fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> são parâmetros correlacionados e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando submetidas a condições adversas como a baixa e a elevada quantidade de nutrientes. De acordo com Taiz & Zeiger (2004) o suprimento inadequado dos elementos essenciais às plantas causam distúrbios nos processos metabólicos o que resulta em funcionamento anormal das plantas. Fontes & Guimarães (1999) afirmam que é pouco provável a obtenção de produtividade máxima de qualquer hortaliça (Tabela 6 e Figura 2).

sem a adição de matéria orgânica, principalmente em solos com baixo ou médio teor de matéria orgânica.

#### **Efeito dos esterco *versus* concentrações de nutrientes na solução nutritiva sobre o crescimento, acúmulo de massa seca e produção**

Houve efeito significativo para tratamentos fatoriais *versus* testemunha adicional para área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produtividade por planta. Não houve interação significativa entre fontes de esterco e concentração de nutrientes na solução nutritiva para nenhuma das características de crescimento e acúmulo de massa seca avaliadas. Verificou-se efeito significativo individual para fontes de esterco e concentração de nutrientes na solução nutritiva para a área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produtividade por planta

**Tabela 5.** Área foliar (AF), número de folhas (NF), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca total (MST) e produção por planta em alface cultivada com e sem a aplicação de esterco bovino ou caprino. UFCG, Pombal, 2010.

| <b>Tratamentos</b> | <b>AF<br/>(cm<sup>2</sup>)</b> | <b>NF</b> | <b>MSF<br/>(g)</b> | <b>MSC<br/>(g)</b> | <b>MST<br/>(g)</b> | <b>Produção<br/>(g)</b> |
|--------------------|--------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Fatorial           | 3.655,51 a                     | 30,44 a   | 5,09 a             | 0,99 a             | 6,08 a             | 608,01 a                |
| Testemunha         | 2.312,79 b                     | 24,63 b   | 3,76 b             | 0,52 b             | 4,29 b             | 428,61 b                |
| CV(%)              | 29,08                          | 12,18     | 23,41              | 31,83              | 23,30              | 22,28                   |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

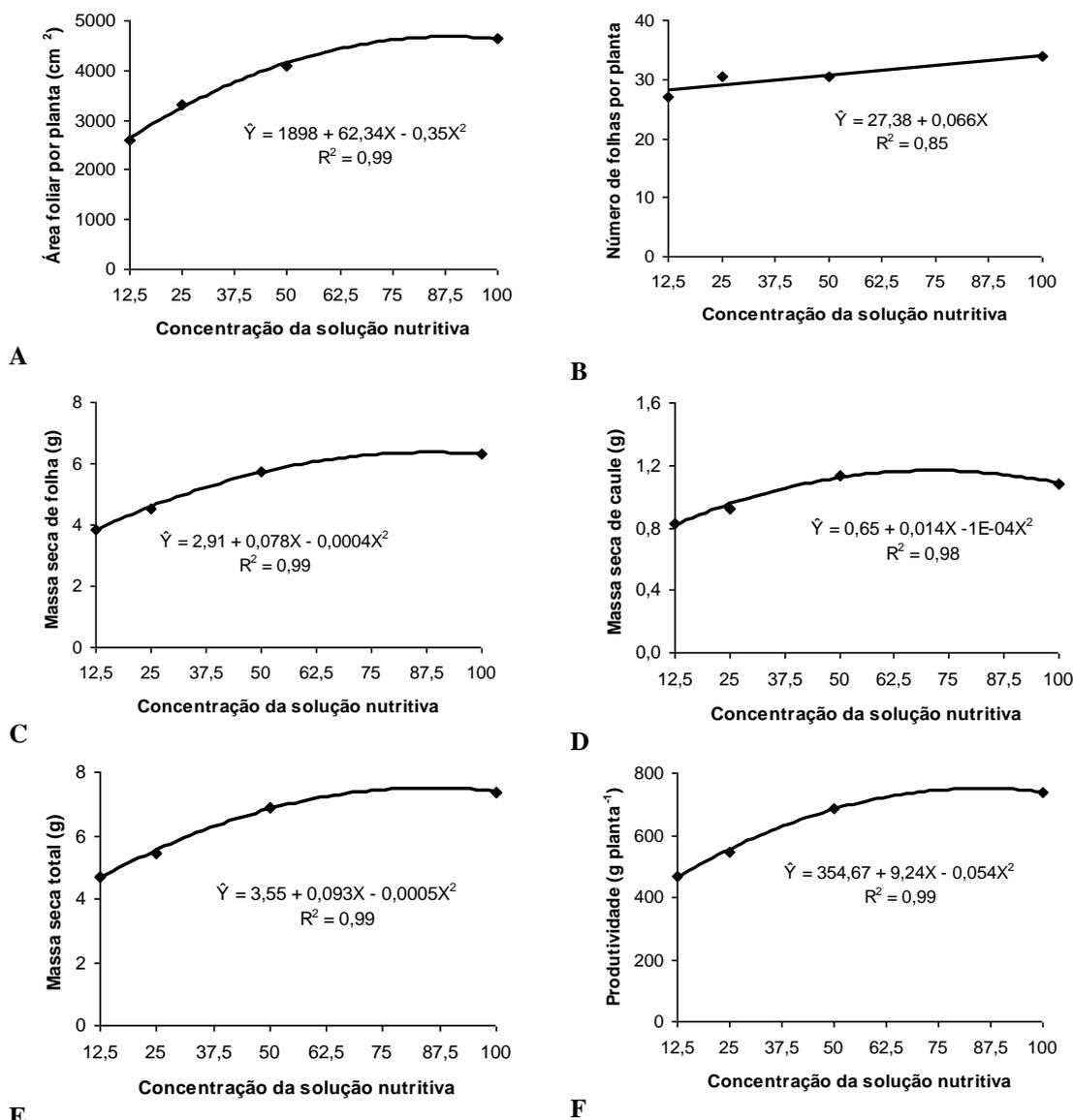
Os maiores valores de área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produção por planta foram verificados nos tratamentos fatoriais em relação a testemunha adicional (Tabela 5). Esses resultados demonstram que a combinação entre adubação orgânica e mineral proporciona maior acréscimo na atividade fisiológica e, conseqüentemente, no crescimento e acúmulo de massa seca do que quando se

utilizou apenas fonte mineral de nutrientes. Isso ocorre provavelmente devido o esterco proporcionar, além de melhorias na fertilidade do solo, incrementos nas características físicas e biológicas do solo. Sendo assim, esses resultados reforçam a importância da adubação orgânica nos cultivos agrícolas, principalmente, em espécies olerícolas.

**Tabela 6.** Área foliar (AF), número de folhas (NF), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca total (MST) e produção por planta em alface cultivada com aplicação de esterco bovino e caprino. UFCG, Pombal, 2010.

| <b>Esterco</b> | <b>AF<br/>(cm<sup>2</sup>)</b> | <b>NF</b> | <b>MSF<br/>(g)</b> | <b>MSC<br/>(g)</b> | <b>MST<br/>(g)</b> | <b>Produção<br/>(g)</b> |
|----------------|--------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Bovino         | 3.115,99 b                     | 28,66 b   | 4,61 b             | 0,87 b             | 5,47 b             | 547,69 b                |
| Caprino        | 4.195,03 a                     | 32,22 a   | 5,58 a             | 1,11 a             | 6,68 a             | 668,33 a                |
| CV(%)          | 29,08                          | 12,18     | 23,41              | 31,83              | 23,30              | 22,28                   |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Área foliar, número de folhas, massa seca total, folha e caule e produtividade em alfaca submetida a diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva. Pombal, UFCG, 2010.

Os maiores valores de área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule foram verificados na alfaca adubada com esterco caprino em relação ao esterco bovino (Tabela 6). Esses resultados demonstram que o esterco caprino proporcionou maior eficiência no crescimento e acúmulo de massa seca na cultura da alfaca. O esterco caprino apresenta fermentação mais rápida do que o esterco bovino, podendo ser utilizado com sucesso na agricultura por apresentar um menor período de decomposição o que favorece a rápida liberação dos nutrientes às plantas (Tibau, 1993).

O maior valor de área foliar foi de 4.673,91 cm<sup>2</sup> por planta na concentração de 89,06% de nutrientes na solução nutritiva independentemente da fonte de esterco utilizada (Figura 2A). O incremento na área foliar proporcionada pela concentração de 89,06% em relação a concentração de 12,5% foi de 43,89%. Esses resultados

demonstram que o aumento na concentração dos nutrientes na solução nutritiva até 89,06% favorece o aumento da pressão de turgor e, conseqüentemente, a maior expansão do limbo foliar.

Outro fator que contribuiu para o aumento na área foliar, independentemente da fonte de esterco, foi o número de folhas por planta (Figura 2B). O maior número de folhas por planta foi de 33,98 obtido na concentração de nutrientes na solução nutritiva de 100%. O incremento no número de folhas proporcionado pela concentração de 100% em relação a concentração de 12,5% foi de 16,98%. O maior número de folhas e as maiores áreas foliares por planta foram observadas em valores semelhantes de concentração da solução nutritiva o que reforça a importância dessa variável no incremento da área foliar em plantas adubadas com esterco bovino ou caprino.

Os maiores valores de massa seca de folha, caule e total foram de 6,72, 1,14 e 7,88 g por planta nas concentrações de nutrientes na solução nutritiva de 97,5, 70 e 93%, respectivamente, independentemente da fonte de esterco utilizada (Figura 2C, D e E). O incremento na massa seca de folha, caule e total proporcionados pelas concentrações de 97,5, 70 e 93% em relação a concentração de 12,5% foi de 43,12, 29 e 41,24%. Esses resultados demonstram que o aumento na concentração da solução nutritiva até 93% contribui para o maior aporte de fotoassimilados pela alface. O maior acúmulo de massa seca na planta verificado nessas concentrações deve-se ao efeito combinado entre as maiores taxas de fotossíntese e de área foliar por planta em concentrações de nutrientes na solução nutritiva semelhantes.

Cometti et al. (2008) utilizando solução nutritiva proposta por Furlani (1997) em alface cultivar 'Vera' em cultivo hidropônico verificaram resultados semelhantes com os maiores teores de massa seca de folha, caule e raiz sendo obtidos nos tratamentos de 50 e 100% da concentração de nutrientes. Aos 45 e 52 dias após a semeadura (DAS) verificou-se valores máximos de massa seca total de 13,5 e 22,13 g na concentração da solução nutritiva de 75%. Garcia et al. (1998) trabalhando com alfaces cultivar 'Brasil 48' e 'Clauses Aurélia' cultivadas em solo obtiveram valores de 12,5 g de massa seca total por planta aos 72 DAS. Faquim et al. (1996) obtiveram plantas com 14,8 g de massa seca total em cultivo hidropônico aos 30 dias após o transplântio (DAT).

Esses resultados demonstram que a concentração da solução nutritiva pode variar no caso da alface entre 50 e 100% sem grandes prejuízos na produção de massa seca total. Entretanto, maiores diluições podem causar decréscimos substanciais no crescimento e acúmulo de fotoassimilados na planta de alface.

O maior valor de produção foi de 749,93 g por planta na concentração de nutrientes na solução nutritiva de 85,56%, independentemente da fonte de esterco utilizada (Figura 2F). O incremento na produção proporcionado pela concentração de 88,56% em relação a concentração de 12,5% foi 38,14%.

Os maiores valores de produção por planta foram verificados na alface adubada com esterco caprino em relação ao esterco bovino (Tabela 6). Esses resultados demonstram que o esterco caprino proporcionou maior eficiência no crescimento e acúmulo de massa seca e produção da alface. O esterco caprino apresenta fermentação mais rápida do que o esterco bovino, podendo ser utilizado com sucesso na agricultura por apresentar um menor período de decomposição o que favorece a rápida liberação dos nutrientes às plantas (Tibau, 1993). A maior produção por planta na alface é um reflexo dos maiores valores de fotossíntese e de área foliar por planta em concentrações semelhantes de nutrientes na solução nutritiva. Yuri et al. (2004) verificaram em alface americana cultivar 'Raider' produção de 914,2 g planta<sup>-1</sup> utilizando-se composto orgânico na dose de 60 t ha<sup>-1</sup>. Santos et al. (1994) obtiveram em alface cultivar 'Babá de Verão' produção de 321,69 g planta<sup>-1</sup> na dose de 65 t ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

Os maiores valores de fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática, concentração intercelular de CO<sub>2</sub>, área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produção por planta na alface ocorreram na combinação entre fontes de esterco e concentração de nutrientes minerais na água de irrigação em relação a testemunha adicional somente com nutrientes minerais na concentração de 100%;

Para área foliar, número de folhas por planta, massa seca total, de folha e caule e produção os maiores valores foram obtidos na alface adubada com esterco caprino;

Os maiores valores de fotossíntese líquida, área foliar, número de folhas por planta, massa seca de folha, caule e total e produção foram obtidos no intervalo de 75 a 100% da concentração de nutrientes para alface;

A aplicação do esterco caprino e a aumento da concentração dos nutrientes ação acima de 50% proporcionaram melhor desempenho no crescimento, acúmulo de massa seca e produção da alface.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, X. G.; GASTALDI, C.; SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Growth of a lettuce crop at low ambient nutrient concentrations: a strategy designed to limit the potential for eutrophication. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 1403-1407, 1997.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.

FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. Produção de alface em hidroponia. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

FONTES, P. C. R. Alface. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999, p. 177.

FONTES, P. C. R.; GUIMARÃES, T. G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. Informe Agropecuário, v. 20, n. 200/201, p. 36-44, 1999.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT. Campinas: Instituto Agrônomo, 52 p. 1997. (Boletim técnico, 180).

GARCIA, L. L.; HAAG, H. P.; MINAMI, K.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral de hortaliças XLIX. Concentração

- e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause' s Aurélia. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 39, p. 455-484, 1998.
- HOAGLAND D. R; ARNON D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station. 1950. 347p.
- HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 45, n. 1, p. 251-267, 1994.
- PORTO, V. C. N.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; NOGUEIRA, I. C. C. Fontes e doses de matéria orgânica na produção de alface. **Caatinga**, v. 12, n. 1/2, p. 7-11, 1999.
- RICCI, M. dos S. F.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Produção de alface adubadas com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 56-58, 1994.
- SANTOS, G. M.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. L.; ALVES, E. U.; COSTA, C. C. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 30-35, 2001.
- SANTOS, R. H. S. Olericultura orgânica. In: FONTES, P. C. R. (Ed.) Olericultura: teoria e prática. Viçosa, UFV, p. 249-276, 2005.
- SANTOS, O. S. Soluções nutritivas. In: SANTOS, S. S. (Ed.). Hidroponia da alface. Santa Maria, RS: UFSM. p. 72-85.
- SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.29-32, 1994.
- SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. Alface (*Lactuca sativa* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Eds.) 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007, p. 53-62.
- SIDDIQI, M. V.; KRONZUCKER, H. J.; BRITTO, D. T.; GLASS, D. M. Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 4, p. 1879-1895, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et. al. (3 ed.), Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TIBAU, A.O. Matéria orgânica e fertilidade do solo. São Paulo: Editora Nobel, 1983. 220 p.
- YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, 2004.

Recebido em 10/03/2011

Aceito em 19/08/2011