

## Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento

Leonardo A de Aquino<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Maria EO Abaurre<sup>2</sup>; Paulo R Cecon<sup>3</sup>; Paulo RG Pereira<sup>1</sup>; Francisco HF Pereira<sup>1</sup>; Mariana RS Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia; <sup>2</sup>UFV, Depto. Informática 36570-000 Viçosa-MG; <sup>3</sup>INCAPER, C. Postal 66, 29375-000 Venda Nova dos Imigrantes-ES; aquinoufv@yahoo.com.br

### RESUMO

Objetivou-se avaliar produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes das cultivares de alface Regina e Verônica, em cultivo a céu aberto e sob duas malhas termorrefletoras (Aluminet®30%-O e Aluminet®40%-O) e uma difusora (ChromatiNet Difusor®30%), em experimento conduzido na Universidade Federal de Viçosa (MG). As malhas termorrefletoras e difusora foram instaladas em estruturas tipo telados retangulares fechados, com 2 x 4 x 36 m (altura, largura e comprimento). A semeadura foi realizada em bandejas de 200 células, preenchidas com substrato comercial, sob ambiente protegido, em 31/05/02. O transplante foi realizado em 26/06/02 e a colheita em 06/08/02, ocasião em que foram feitas as avaliações. Avaliou-se a produção de biomassa, teor de nitrato, teores e exportação de macronutrientes. 'Regina' apresentou folhas mais tenras do que a 'Verônica', portanto mais adequadas a mercados mais exigentes, porém, com maior teor de nitrato. Considerando os aspectos quantitativo e qualitativo da produção sugere-se o uso das malhas Aluminet®40%-O e ChromatiNet Difusor®30%; todavia, deve-se ajustar adequadamente a adubação nitrogenada para que não haja acúmulo de nitrato a níveis elevados devido a restrição de luz promovida pelas malhas. Ambientes e cultivares influenciaram nos teores e quantidades exportadas dos nutrientes. Com relação à exportação de nutrientes observou-se a ordem K>N>Ca>P>Mg>S.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* (L.), qualidade de alimentos, conteúdo mineral, Aluminet®, ChromatiNet Difusor®.

### ABSTRACT

**Yield, accumulation of nitrate, content and export of nutrients of lettuce cultivated under shade**

In this experiment we evaluated the production, accumulation of nitrate, content and exportable mineral nutrient (N, P, K, Ca, Mg e S) of lettuce cultivars Regina and Verônica cultivated under two thermo-reflective screens (Aluminet®30%-O and Aluminet®40%-O), and a diffusive screen (ChromatiNet Difusor®30%). The trial was carried out in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. Seeds were sown in trays of 200 cells, under protected atmosphere, on 05/31/02. The transplant was accomplished on 06/26/02 and the harvest on 08/06/02, when the evaluations were performed. The thermo-reflective and diffusive screens were installed in structures type 'shut rectangular fence', with 2 x 4 x 36 m (height, width and length), close to the cultivation under open sky (control). We evaluated the production of mass, content of nitrate, content and exportable mineral nutrient (N, P, K, Ca, Mg e S). 'Regina' presented more tender leaves than the 'Verônica', therefore being more appropriate to the high quality demanding markets, even so, with larger content of nitrate. Considering the quantitative and qualitative aspects, the Aluminet®40% and ChromatiNet Difusor®30% screens should be recommended; though, the nitrogen should be adjusted to avoid the accumulation of nitrate. The growing conditions and cultivars influenced content and exportable mineral nutrients. With relation to the export of nutrients the following order was observed: K>N>Ca>P>Mg>S.

**Keywords:** *Lactuca sativa*, alimentary quality, mineral content, Aluminet®, ChromatiNet Difusor®.

(Recebido para publicação em 14 de março de 2006; aceito em 1 de agosto de 2007)

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a principal hortaliça folhosa consumida no Brasil e no mundo sendo apreciada, principalmente, em saladas e sanduíches, destacando-se por ser boa fonte de vitaminas e minerais (Vidigal *et al.*, 1995; Fernandes *et al.*, 2002; Radin *et al.*, 2004). Além do aspecto nutricional, também é cultura de grande importância do ponto de vista social, por ser cultivada principalmente por agricultores familiares próximos aos grandes centros urbanos, nos chamados "cinturões verdes" (Vidigal *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 2000; Villas Bôas *et al.*, 2004).

O ótimo desenvolvimento e a expressão do potencial genético da alface, está

condicionado a condições de temperaturas amenas. Frequentemente no verão, com temperatura e luminosidade elevadas, há redução da produção e da qualidade da alface ofertada, resultando em elevação dos preços (Delistoiannov, 1997; Queiroga *et al.*, 2001; Bezerra Neto *et al.*, 2005a). Embora temperatura e fluxo irradiante atuem diretamente na fotossíntese e respiração, exercendo efeito no acúmulo de biomassa pela planta, com a elevação da temperatura e do fotoperíodo há indução ao florescimento precoce, contribuindo para a baixa produtividade e qualidade do produto (Bezerra Neto *et al.*, 2005a).

Objetivando regularizar a produção, contornando problemas relacionados a elevadas temperatura e irradiância, tem sido crescente a utilização de telas de sombreamento denominadas sombrite (Silva *et al.*, 2000; Queiroga *et al.*, 2001; Bezerra Neto *et al.*, 2005a, 2005b). Contudo, o uso dessas telas visando atenuar temperatura e irradiância elevadas, pode apresentar o inconveniente de reduzir o fluxo de luz a níveis inadequados, promovendo prolongamento do ciclo, estiolamento das plantas e redução da produtividade. Por outro lado, o uso das malhas termorrefletoras e difusoras pode contornar esse problema, em ra-

zão da sua composição proporcionar mais luz difusa ao ambiente, promovendo o abaixamento da temperatura, todavia não afetando significativamente os processos relacionados à fotossíntese (Polysack Indústrias Ltda, 2003).

Quer sejam usados sombrites, malhas termorrefletoras e difusora, ou outro tipo de cobertura, sempre ocorrerão alterações microclimáticas no ambiente (Sentelhas *et al.*, 1998), as quais, por interferirem nos processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração e transpiração, interferirão também no processo de absorção de nutrientes (Marschner, 1995).

Existe interação entre a absorção e assimilação do N com a irradiância incidente (Henriques & Marcelis, 2000), indicando que modificações microclimáticas promovidas pelas malhas termorrefletoras e difusora, podem alterar o teor e o conteúdo de nutrientes na alface, sobretudo do N. Além do ambiente a absorção de nutrientes é dependente da espécie vegetal e, dentro da espécie, ocorrem variações de acordo com a cultivar estudada (Lopes *et al.*, 2003). Conhecer a influência do ambiente de cultivo sobre o teor dos nutrientes na planta reveste-se de grande importância, pois o teor desses, além de influenciar diretamente o valor nutritivo dos alimentos, indica a quantidade de nutrientes exportada pela colheita, a qual deve ser repostada para manutenção da fertilidade do solo (Furlani *et al.*, 1978; Ricci *et al.*, 1994).

Outro aspecto relacionado à qualidade da alface é o teor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o qual pode ser tóxico ao ser humano quando em altas concentrações (Delistoianov, 1997; Benini *et al.*, 2002; Fernandes *et al.*, 2002; Faquim & Andrade, 2004). O teor de  $\text{NO}_3^-$  varia em função da adubação nitrogenada, irradiância, fotossíntese, transpiração e genótipo (Delistoianov, 1997; Krohn *et al.*, 2003). Portanto, as alterações microclimáticas proporcionadas pelas malhas, como a restrição de luz, podem contribuir para o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  na alface e, conseqüentemente, também afetar a qualidade em termos de menor teor protéico (Grazia *et al.*, 2001).

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produção de biomassa, os teo-

res de nitrato e de macronutrientes e a exportação de macronutrientes pelas cultivares de alface Regina e Verônica, em cultivo a céu aberto e sob duas malhas termorrefletoras e uma difusora, nas condições de outono-inverno em Viçosa-MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na horta da UFV, de 31/05 a 06/08/02, utilizando-se as cultivares de alface Regina e Verônica, largamente cultivadas no estado de Minas Gerais. As mudas foram produzidas sob ambiente protegido, em bandejas de isopor de 200 células, preenchidas com substrato agrícola comercial (Campo Verde®) e transplantadas 27 dias após a semeadura, com 4 folhas definitivas.

A análise do solo da área experimental (0-20 cm), classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, apresentou as características: pH em  $\text{H}_2\text{O}$  = 5,8; P = 41,2 mg  $\text{dm}^{-3}$  (Mehlich 1); K = 108 mg  $\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  = 3,7 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  = 1,1 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; H+Al = 2,31 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; S = 5,08 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ ; V = 69% e M.O = 24 g  $\text{kg}^{-1}$ .

O solo foi preparado por meio de uma aração, uma gradagem, levantamento dos canteiros e abertura manual dos sulcos de plantio com auxílio de enxadas. A fertilização da cultura foi realizada com base na análise química do solo e recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais (Ribeiro *et al.*, 1999). Na adubação de plantio os nutrientes foram distribuídos e incorporados cinco dias antes do transplante das mudas, sendo aplicados 300 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 24 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e 30 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N. Utilizou-se como fontes de N, P e K, sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Aplicou-se ainda, no plantio, 15 kg  $\text{ha}^{-1}$  de sulfato de zinco, 10 kg  $\text{ha}^{-1}$  de bórax, 10 kg  $\text{ha}^{-1}$  de sulfato de cobre e 0,5 kg  $\text{ha}^{-1}$  de molibdato de amônio. Três adubações de cobertura com N e K foram realizadas aos 14, 21 e 28 dias após o transplante (DAT) das mudas. Aos 14 DAT foram aplicados 30 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N e 24 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e nas duas posteriores 45 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N e 36 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no es-

quema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro ambientes [céu aberto, duas malhas termorrefletoras (Aluminet@30% e Aluminet@40%) e uma malha difusora (ChomatiNet Difusor@30%), da Polysack Indústrias Ltda]. As malhas foram instaladas em estruturas tipo "telado" totalmente fechado nas dimensões de 2 x 4 x 36 m (altura, largura e comprimento). As subparcelas constituíram-se das cultivares de alface Regina e Verônica. Cada unidade experimental constituiu-se de quatro canteiros, sendo os dois centrais com quatro linhas e os dois da periferia com duas linhas cada, com plantas espaçadas de 0,25 x 0,25 m. Foram consideradas úteis as duas fileiras centrais dos canteiros intermediários, excetuando-se duas plantas de cada extremidade.

Durante a condução do experimental realizaram-se duas capinas manuais conforme necessidade da cultura. A irrigação foi realizada por microaspersão e o manejo desta por meio de coeficientes de cultura e evaporação dos tanques classe A. Foram realizadas duas pulverizações com inseticida (Confidor®) e uma com fungicida (Censor®), para controle da mosca branca (*Bemisia sp.*) e do míldio (*Bremia lactuca*), respectivamente.

Na colheita, aos 42 dias após o transplante (DAT), foram colhidas, dentre as plantas úteis, quatro plantas por repetição. A parte aérea dessas plantas foi submetida à lavagem, e avaliou-se: produção de massa seca de parte aérea (MSPA = caule + folhas) e de folhas (MSF); área foliar (AF); área foliar específica (AFE); teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , de  $\text{N-NH}_4^+$  e de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e a exportação desses macronutrientes pela parte aérea (cabeça = folhas + caule). A massa seca (MS) foi obtida pela pesagem após secagem em estufa com circulação de ar a 70°C até massa constante. A AFE foi calculada dividindo-se a AF pela MSF, ou seja, quanto maior a AFE, mais tenra é a folha. Para dosagem do  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$  e dos nutrientes, a parte aérea das plantas, após secas, foi triturada em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 mesh. Dosou-se o  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  por colorimetria de acordo com Cataldo *et al.* (1975) e Jackson

**Tabela 1.** Efeito de ambiente e de cultivar sobre a produção de massa seca de parte aérea (MSPA), área foliar por planta (AF), área foliar específica (AFE), teores de nitrato na massa fresca e de N-total, P, S, Ca na massa seca e quantidades de N, P, S, Ca exportadas pela colheita (Effect of environment and of cultivar on yield of dry mass of the aerial plant part (MSPA), foliar area/plant (AF) specific foliar área (AFE), nitrate content on fresh mass and total N, P, S, Ca on dry mass and exported quantities of N, P, S, Ca after harvest). Viçosa, UFV, 2002.

Varáveis	Ambiente				
	Céu aberto	Aluminet 30	Aluminet 40	Cromatinet 30	CV (%)
MSPA (kg ha <sup>-1</sup> )	1870,20 a <sup>1</sup>	1451,20 b	1436,00 b	1428,60 b	9,45
AF (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	5436,54 a	4310,58 b	4827,98 b	4703,88 b	10,30
AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	480,63 c	493,29 bc	553,27 a	546,77 ab	9,60
Nitrato (mg kg <sup>-1</sup> MF)	213,04 b	302,35 a	271,10 ab	271,57 a	28,29
N-total (dag kg <sup>-1</sup> MS)*	3,74	4,24	3,67	3,80	10,19
P (dag kg <sup>-1</sup> MS)*	0,57	0,59	0,58	0,54	8,64
S (dag kg <sup>-1</sup> MS)*	0,29	0,29	0,29	0,28	14,10
Ca (dag kg <sup>-1</sup> MS)*	1,09	1,10	1,10	1,03	14,17
N-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	68,86 a	59,84 b	52,68 b	52,75 b	10,03
P-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	10,60 a	8,63 b	8,26 b	7,62 b	13,73
S-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	5,29 a	4,15 b	4,26 b	4,07 b	19,84
Ca-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	20,43 a	15,96 b	15,86 b	14,69 b	20,43

  

	Cultivar		CV (%)
	Regina	Verônica	
MSPA (kg ha <sup>-1</sup> )	1460,60*	1632,40*	9,45
AF (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	5696,32*	3943,17*	10,30
AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	634,96*	402,03*	9,60
Nitrato (mg kg <sup>-1</sup> MF)	287,50*	238,02*	28,29
N-total (dag kg <sup>-1</sup> MS)	3,90ns	3,82ns	10,19
P (dag kg <sup>-1</sup> MS)	0,59*	0,54*	8,64
S (dag kg <sup>-1</sup> MS)	0,25*	0,32*	14,10
Ca (dag kg <sup>-1</sup> MS)	1,06ns	1,10ns	14,17
N-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	59,15ns	57,91ns	10,03
P-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	8,62ns	8,81ns	13,73
S-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	3,63*	5,26*	19,84
Ca-exp.** (kg ha <sup>-1</sup> )	15,63*	17,84*	20,43

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na linha, nos ambientes, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade; \*.nsRespectivamente, significativo e não significativo o efeito de cultivar pelo teste F a 5% de probabilidade; \*\*Quantidade do nutriente removida pela colheita (parte aérea = folhas + caule) (Means followed by the same letter in the line did not differ from each other by the Duncan test, 5%; \*.ns)significant and not significant respectively for the effect of cultivars by the F test, 5%; \*\*Quantity of nutrient removed after harvest (aerial part=leaves+stem)).

(1958), respectivamente, sendo N-total obtido pela soma das formas anteriores. O teor de N-NO<sub>3</sub> foi, posteriormente, expresso em mg kg<sup>-1</sup> de MF (massa fresca). Após digestão da matéria orgânica via mistura dos ácidos nítrico e perclórico, dosou-se o P, colorimetricamente, pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, de acordo com Braga & Defelipo (1974); o K, por fotometria de emissão de chama; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; e o S por turbidimetria do sulfato (Blancar *et al.*, 1965).

Os resultados obtidos, das características avaliadas, foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pro-

grama estatístico SAEG (Ribeiro Júnior, 2001), sendo as cultivares comparadas pelo teste F e os ambientes pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre ambiente e cultivar para produção de massa seca de folhas (MSF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), teor de NO<sub>3</sub> e quantidades de S e Ca exportadas; houve efeito simples só de ambiente para N e P exportados, e simples de cultivares para teores de P e S (Tabela 1). Para teores de K e Mg exportados observou-se efeito da interação ambiente x cultivares (Tabela 2).

O cultivo a céu aberto proporcionou maior MSF e AF e menor AFE que os demais ambientes. A maior produção de MSF pode ser atribuída à maior disponibilidade e captação de luz em função da maior AF e menor AFE a céu aberto. No entanto, a menor AFE resulta em produto de qualidade inferior, pois é indicativo de folhas menos tenras. A cultivar Regina produziu menor MSF, todavia apresentou maiores AF e AFE do que a 'Verônica', indicando serem as folhas mais tenras (menos espessas), portanto mais adequadas a consumidores mais exigentes.

Em cultivo de alface nas condições edafoclimáticas do Rio Grande do Norte, o uso de sombrite proporcionou au-

**Tabela 2.** Desdobramento da interação ambiente x cultivar para teores e quantidades exportadas de K e Mg (Interaction environment x cultivar for content and quantities of exported K and Mg). Viçosa, UFV, 2002.

Ambientes	K (dag kg <sup>-1</sup> MS)		Mg (dag kg <sup>-1</sup> MS)		K (kg ha <sup>-1</sup> )		Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Regina	Verônica	Regina	Verônica	Regina	Verônica	Regina	Verônica
Céu aberto	8,22 Aa	7,31 Aa	0,44 Aa	0,28 Bb	147,55 Aa	142,18 Aa	7,82 Aa	5,35 Ab
Al30	7,25 Aa	6,11 Bb	0,31 BCa	0,34 Aa	102,15 BCa	91,64 Ca	4,38 Ba	5,06 Aa
Al40	7,86 Aa	8,23 Aa	0,33 Ba	0,32 Aa	104,01 Bb	128,04 ABa	4,31 Ba	4,98 Aa
Ch30	6,18 Bb	7,40 Aa	0,29 Ca	0,26 Ba	82,19 Cb	113,02 Ba	3,83 Ba	3,96 Ba
CV (%)	9,16		7,02		15,20		11,01	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, dentro de cada característica, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade (Means followed by the same capital letter in the column and small in the line, for each characteristic, did not differ from each other by the Duncan test, 5%).

mentos de produtividade (Queiroga *et al.*, 2001; Bezerra Neto *et al.*, 2005a). Nesse trabalho, o uso das malhas não favoreceu a produção de MSF o que, possivelmente, seja devido ao menor nível de irradiância observado em Viçosa durante o período de cultivo (outono-inverno). Todavia, diferentemente desse trabalho, Queiroga *et al.* (2001) não observaram diferenças entre cultivares ('Regina' e 'Verônica'), com relação à produção de massa seca. Resultados dessa natureza se devem às características genéticas peculiares de cada material, que conferem diferenças adaptativas às condições edafoclimáticas do local de cultivo (Figueiredo *et al.*, 2004).

Houve efeito simples de ambiente e de cultivar para nitrato na parte aérea (Tabela 1). O teor de nitrato foi maior nas plantas cultivadas nos ambientes com restrição de luz (sob malhas), comparado com cultivo a céu aberto. Além da menor AF (promoveu efeito de concentração), a redução da luz incidente nesses ambientes, certamente contribuiu para esse acúmulo, visto que a redutase de nitrato é uma enzima cuja atividade é altamente modulada pela luz, sendo a irradiância um dos fatores que mais interferem no acúmulo de nitrato nos vegetais (Marschner, 1995; Delaistoianov, 1997; Krohn *et al.*, 2003). Faquim & Andrade (2004) relatam aumento no teor de nitrato em plantas sob estufa da ordem de 20%.

'Regina' apresentou maior teor de nitrato nas folhas do que 'Verônica', indicando que, além dos fatores climáticos, os fatores genéticos também exercem influência no acúmulo de nitrato em alface, como observado por Mantovani

*et al.* (2005). O maior teor de nitrato em 'Regina' pode ser explicado pelo fechamento da cabeça, com conseqüente redução de exposição das folhas à luz e, conseqüentemente, maior acúmulo de nitrato, como observado por Krohn *et al.* (2003) em folhas jovens em alface repolhuda. Embora no Brasil não exista legislação específica que regulamente os teores máximos permitidos de nitrato em vegetais (Mantovani *et al.*, 2005), seus valores, independente do ambiente de cultivo e cultivar, ficaram bem abaixo daqueles observados em alfaves por Benini *et al.* (2002), Fernandes *et al.* (2002) e Krohn *et al.* (2003) e dos máximos tolerados para alface na Comunidade Européia que vai de 3.500 a 4.550 mg kg<sup>-1</sup> massa fresca (Faquim & Andrade, 2004).

Houve efeito simples de cultivar para teores de P e S na MS (Tabela 1) e efeito da interação ambiente x cultivar para teores de K e Mg (Tabela 2). Não houve efeito de ambiente ou de cultivar para teores de N-total e de Ca e de ambiente para teores de P e S (Tabela 1). Os teores de N-total observados (3,67 a 4,24 dag kg<sup>-1</sup>) estão ligeiramente abaixo dos valores encontrados por Furlani *et al.* (1978) e por Fernandes *et al.* (2002); semelhantes aos encontrados por Delistoianov (1997) e por Rodrigues & Casali (1999), todavia acima daqueles encontrados por Vidigal *et al.* (1995). Henriques & Marcelis (2000) verificaram efeito da irradiância na absorção e assimilação do N-total, diferentemente do observado nesse trabalho, provavelmente em função da irradiância não ter sido tão limitante no ambiente sob malhas.

Com relação aos teores encontrados de P e S, esses são semelhantes e infe-

riores, respectivamente, aos encontrados por Furlani *et al.* (1978). Com relação aos teores de P, esses são inferiores ao trabalho de Fernandes *et al.* (2002), realizado em condições de cultivo hidropônico, todavia os de S são semelhantes. A maior concentração de P em solução nutritiva no cultivo hidropônico, comparativamente à solução do solo, pode ter refletido no maior teor de P na parte aérea encontrado por Fernandes *et al.* (2002).

Os teores de K e de Mg foram influenciados pela interação ambiente x cultivar. 'Regina' apresentou menor teor de K sob ChromatiNet Difusor@30%, apresentando também, sob essa malha, menor teor de K que 'Verônica'; por outro lado, 'Verônica' apresentou menor teor de K sob Aluminet@30%-O, sendo também menor teor que 'Regina'. Quanto ao Mg, 'Regina' e 'Verônica' apresentaram menor teor sob ChromatiNet Difusor@30% e 'Regina' apresentou maior teor de Mg que 'Verônica' cultivada a céu aberto (Tabela 2). Esses resultados, possivelmente, são explicados pelo Mg e K estarem envolvidos em importantes processos fisiológicos, como fotossíntese e respiração: o Mg por ser componente da molécula de clorofila e o K por estar envolvido na abertura estomática e no funcionamento de enzimas relacionadas com a síntese e translocação de açúcares (Marschner, 1995). Portanto, esses nutrientes têm influência direta na economia de carbono pelas plantas e, como tal, são dependentes do genótipo e do ambiente.

No cultivo a céu aberto ocorreram maiores quantidades exportadas de N, P, S e Ca o que é devido à maior produ-

ção de MSPA, em relação aos ambientes sob restrição de luz (Tabela 1). O suprimento de luz influencia de forma direta a absorção de nutrientes, já que o processo requer energia na forma de ATP (Marschner, 1995). Com relação às cultivares, as maiores quantidades exportadas de S e Ca pela 'Verônica' em relação à 'Regina', deve-se, além de diferenças genéticas (Lopes *et al.*, 2003), à maior produção de MSPA da 'Verônica'. Ca e S estão envolvidos em componentes estruturais, como os pectatos de Ca e pontes de S em proteínas, respectivamente (Marschner, 1995). A menor AFE da 'Verônica' corrobora o maior requerimento desses elementos, já que para cada unidade de área foliar formada, 'Verônica' acumula mais MS que 'Regina' requerendo, por conseguinte, maior quantidade desses elementos envolvidos com componentes estruturais das células.

Para quantidades exportadas de K e Mg pela colheita, houve efeito interativo entre ambiente e cultivar (Tabela 2). De modo geral o ambiente a céu aberto apresentou maiores quantidades exportadas de K e Mg para as duas cultivares, enquanto que sob ChromatiNet Difusor@30% ocorreram menores quantidades exportadas de K para 'Regina' e de Mg para ambas cultivares, e sob Aluminet@30%-O o K para 'Verônica'. Esses valores estão associados aos teores e à produção de biomassa e, como tal são dependentes do genótipo e do ambiente.

A menor e a maior média da quantidade de K exportada pela colheita correspondem, respectivamente, a 99 e 177 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A quantidade máxima de K<sub>2</sub>O recomendada por Ribeiro *et al.* (1999) é de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, com base na produtividade obtida e os teores de K encontrados na planta, pode-se inferir que houve absorção de luxo desse nutriente por parte da alface (Marschner, 1995) em razão da disponibilidade elevada desse nutriente no solo.

'Regina' apresentou maior AFE que a 'Verônica', ou seja, folhas com menor massa por unidade de área, indicando estarem mais tenras; o mesmo foi observado sob as malhas, especialmente sob Aluminet@40%-O e ChromatiNet Difusor@30%; portanto essas plantas

estariam mais adequadas a mercados mais exigentes, apesar do teor de nitrato na massa fresca ser ligeiramente maior. Considerando, principalmente, o aspecto qualitativo das folhas (expresso pela AFE), o cultivo sob as malhas Aluminet@40%-O e ChromatiNet Difusor@30% demonstrou ser opção interessante. Porém, em razão da possibilidade de maior acúmulo de nitrato em cultivo sob condições de restrição de luz, a adubação nitrogenada deve ser ajustada adequadamente ao ambiente para que não haja acúmulo de nitrato a níveis elevados. Com relação à exportação de nutrientes observou-se a seguinte ordem K>N>Ca>P>Mg>S.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa IC ao primeiro autor e auxílio financeiro; à Polysack Indústrias Ltda pelas malhas e a Carborundum Irrigação pelo sistema irrigação.

## REFERÊNCIAS

- BENINNI ERY; TAKAHASHI HW; NEVES CSVJ; FONSECA ICB. 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira* 20: 183-186.
- BEZERRA NETO F; ROCHA RCC; NEGREIROS MZ; ROCHA HC; QUEIROGA RCF 2005a. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira* 23: 189-192.
- BEZERRA NETO F; ROCHA RHC; ROCHA RCC; NEGREIROS MZ; LEITÃO MMVBR; NUNES GHS; ESPÍNOLA SOBRINHO J; QUEIROGA RCF. 2005b. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. *Horticultura Brasileira* 23: 133-137.
- BLANCHARD RW; REHM G; CALDWELL AC. 1965. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Proceedings Soil Science Society of America* 29: 71-72.
- BRAGA JM; DEFELIPO B. 1974. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres* 21: 73-85.
- CATALDO DA; HAROON M; SCHRADER LE; YOUNGS VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- DELISTOIANOV F. 1997. *Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de cultivares de alface, sob estufa, em hidroponia e solo, no verão e outono*. Viçosa: UFV. 76 p (Tese de mestrado).
- FAQUIM V; ANDRADE AT. 2004. *Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças*. Lavras: UFLA/FAEPE. 88 p.
- FERNANDES AA; MARTINEZ HEP; PEREIRA PRG; FONSECA MCM. 2002. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira* 20: 195-200.
- FIGUEIREDO EB; MALHEIROS EB; BRAZ LT 2004. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira* 22: 66-71.
- FURLANI AMC; FURLANI PR; BATAGLIA OC; HIROCE R; GALLO JR 1978. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia* 37: 33-44.
- GRAZIA J; TITTONELL PA; CHIESA A. 2001. Acumulacion de nitratos em lechugas de hojas sueltas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41. *Resumos...* Uberlândia: SOB (CD ROOM).
- HENRIQUES ARP; MARCELIS LFM. 2000. Regulation of growth at steady-state nitrogen nutrition in Lettuce (*Lactuca sativa* L.): I - Interactive effects of nitrogen and irradiance. *Annals of Botany* 86: 1073-1080.
- JACKSON ML. 1958. Nitrogen determination for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L. *Soil chemical Analysis*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. p. 183-204.
- KROHN NG; MISSIO RF; ORTOLAN ML; BURIN A; STEINMACHER DA; LOPES MC. 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira* 21: 216-219.
- LOPES MC; FREIR M; MATTE JC; GÄRTNER M; FRANZENER G; NOGAROLLI EL; SEVIGNANI A. 2003. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. *Horticultura Brasileira* 21: 211-215.
- MANTOVANI JR; FERREIRA ME; CRUZ MCP. 2005. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* 23: 758-762.
- MARSCHNER H. 1995. *Mineral nutrition of higher plant*. 2.ed. New York: Academic Press. 889 p.
- POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. 2003, 22 de outubro. Disponível em <http://www.polysack.com.br>.
- QUEIROGA RCF; BEZERRA NETO F; NEGREIROS MZ; OLIVEIRA AP; AZEVEDO CMSB. 2001. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. *Horticultura Brasileira* 19: 324-328.
- RADIN B; REISSER JÚNIOR C; MATZENAUER R; BERGAMASCHI H. 2004. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Horticultura Brasileira* 22: 178-181.
- RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VH 1999. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais. 359 p.

- RIBEIRO JÚNIOR IR. 2001. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV. 301 p.
- RICCI MSF; CASALI VWD; CARDOSO AA; RUIZ HA. 1994. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adubadas com composto orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21. *Anais...* Petrolina Viçosa: SBCS. p. 326-327.
- RODRIGUES ET; CASALI VWD. 1999. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira* 17: 125-128.
- SENTELHAS PC; VILLA NOVA NA; ANGELOCCI LR 1998. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini-estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 6: 479-481.
- SILVA VF; NETO FB; NEGREIROS MZ; PEDROSA JF 2000. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira* 18: 183-187.
- VIDIGAL SM; RIBEIRO AC; CASALI VWD; FONTES LEF. 1995. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I – Ensaio de campo. *Revista Ceres* 42: 80-88.
- VILLAS BÔAS RL; PASSOS JC; FERNANDES DM; BÜLL LT; CEZAR VRS; GOTO R. 2004. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 22: 28-34.
-