

## Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento<sup>1</sup>

Caroline MV Turazi; Ana Maria R Junqueira; Sebastião Alberto de Oliveira; Luiz Antônio Borgo

UnB, FAV-NUCOMP, C. Postal 4508, 70910-970 Brasília-DF; E-mail: carol.turazi@gmail.com

### RESUMO

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa, UnB em Brasília, de janeiro a março de 2004, com o objetivo de avaliar o acúmulo de nitrato em alface, cv. Verônica, sob cultivo protegido, em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento (8°C). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 4 x 4, em quatro repetições. Os cinco tratamentos de adubação foram: 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (T1); 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (T2); mineral, de acordo com a análise química do solo - M (T3); M acrescida de 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (T4) e M acrescida de 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (T5). Os horários de colheita foram 7; 11; 15 e 18 horas, e os períodos de armazenamento foram 0; 3; 5 e 7 dias. Os tratamentos T1 e T4 resultaram em plantas com os maiores teores de nitrato foliar, 1240,12 e 1303,66 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>, respectivamente; enquanto T2 resultou no menor acúmulo de nitrato, 547,26 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>. Porém, quando o esterco bovino foi associado ao adubo mineral (T5), ocorreu um aumento de 2,18 vezes no teor de nitrato foliar (1195,25 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>). Plantas colhidas às 7 horas apresentaram os menores teores de nitrato, sugerindo ser este o melhor horário para colheita da alface no Distrito Federal. O armazenamento proporcionou uma redução de 29,3% no teor de nitrato ao longo de 7 dias.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., cultivo protegido, fertilização, produção, refrigeração, qualidade.

### ABSTRACT

#### Level of nitrate in lettuce as a result of fertilization, harvesting time and storage period

The experiment was carried out in Brasília, Brazil, from January to March 2004, aiming to evaluate the level of nitrate in lettuce, cv. Veronica, as a result of fertilization, harvesting time and storage period (8°C). We used the randomized blocks experimental design in a factorial 5 x 4 x 4, with four replicates. The five fertilization treatments tested were: 1,5 kg m<sup>-2</sup> of chicken manure (T1); 3,0 kg m<sup>-2</sup> of cattle manure (T2); mineral, as a result of soil chemical analysis - M (T3); M with 1,5 kg m<sup>-2</sup> of chicken manure (T4); and M with 3,0 kg m<sup>-2</sup> of cattle manure (T5). The harvesting times were 7 and 11 a.m., and 3 and 6 p.m. The storage periods were 0; 3; 5 and 7 days. The treatments T1 and T4 resulted in plants with the highest levels of nitrate, 1240,12 and 1303,66 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>, respectively, while T2 resulted in the lowest nitrate level, 547,26 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>. However, when cattle manure was added to M (T5), an increase of 2,18 times was observed in the nitrate level (1195,25 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>). Plants harvested at 7 a.m. showed the lowest levels of nitrate, suggesting that it is the best moment to harvest lettuce in the Distrito Federal region. During the storage period of seven days, nitrate level was reduced by 29,3%.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., protected cropping, fertilization, production, refrigeration, quality.

(Recebido para publicação em 7 de março de 2005; aceito em 24 de janeiro de 2006)

As hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). As espécies folhosas como alface e espinafre, principalmente, podem conter altos níveis de nitrato (Byrne *et al.*, 2002).

A alface é cultivada em todo o território nacional e compõe uma importante parcela das hortaliças da dieta da população brasileira, tanto pelo sabor e qualidade nutritiva quanto pelo baixo custo (Cometti *et al.*, 2004).

A variação do acúmulo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na alface e em outras culturas depende de inúmeros aspectos, como quantidade de nitrogênio no solo (Maynard *et al.*, 1976; Byrne *et al.*, 2002), condições ambientais durante o desenvolvimento da cultura e condições inadequadas após

a colheita (Phillips, 1968; Minotti & Stankey, 1973; Siciliano *et al.*, 1975; Yaneva *et al.*, 1996). Como esses fatores interagem entre si, há dificuldade na interpretação dos resultados.

Pires *et al.* (2002) não observaram diferença estatística significativa entre as massas médias das plantas submetidas aos tratamentos quando foram utilizadas doses crescentes de cama-de-frango (1,5 a 5 kg m<sup>-2</sup>), doses crescentes de esterco bovino (3 a 6 kg m<sup>-2</sup>) e adubação mineral. No entanto, constataram que os maiores pesos médios da alface ocorreram nos tratamentos que receberam cama-de-frango.

A ingestão de nitrato superior a 5,0 mg/kg/dia representa uma ameaça à saúde do consumidor pela capacidade que

este apresenta de ser reduzido no trato digestório a nitrito e na corrente sanguínea, poder formar as nitrosaminas, substâncias carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas (Bartsch & Montesano, 1984; Reyes & Scanlan, 1984).

Crianças com idade inferior a dois anos devem receber o mínimo possível de hortaliças que acumulam nitrato, porque o pH estomacal baixo é facilitador da redução do nitrato a nitrito, provocando a metemoglobinemia (Araújo & Midio, 1989).

Algumas medidas têm sido estudadas no sentido de reduzir o teor de nitrato em alface, como por exemplo, adequar a adubação nitrogenada, colher as plantas em horários de menor acúmulo, atentar para as condições de

<sup>1</sup> Trabalho realizado pela primeira autora como parte das exigências para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade de Brasília.

**Tabela 1.** Composição química dos adubos orgânicos utilizados em cultivo protegido de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Verônica. Brasília, UnB, 2004.

Adubos	Cama-de-frango		Esterco bovino	
	7,5		8,2	
pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01M	Umidade natural	Base seca	Umidade natural	Base seca
Unidade	%			
Umidade a 65°C	23,5	X	27,8	X
Umidade a 110°C	1,2	X	1,1	X
Matéria Orgânica	61,5	80,4	46,9	65,0
Nitrogênio	1,85	2,4	1,65	2,3
Fósforo Total	1,11	1,45	0,38	0,53
Potássio	2,25	2,94	1,22	1,69
Cálcio	1,97	2,58	0,6	0,83
Magnésio	0,36	0,47	0,5	0,69
Enxôfre	0,31	0,41	0,31	0,43
Unidade	ppm			
Boro	23,2	30	15,8	22
Cobre	55,6	73	14,4	20
Ferro	689	901	1850	2562
Manganês	292	382	75,3	104
Zinco	248	324	70,7	98

Fonte: Soloquímica - Análises de Solo Ltda.

armazenamento, selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais buscando ativar o processo assimilatório, reduzindo o acúmulo de nitrato (Brown & Smith, 1967; Barker & Maynard, 1971; Byrne et al., 2002). Porém, não existem informações conclusivas sobre o efeito de diferentes fontes de adubo, horário de colheita e tempo de armazenamento do produto agrícola no teor de nitrato em alface.

Como forma de enfrentar situações climáticas adversas e possibilitar a produção em locais e épocas em que ocorrem grandes variações de temperatura e luminosidade, chuvas intensas, ventos fortes e granizo, o cultivo protegido de hortaliças aparece como alternativa. Alguns estudos têm respondido questões sobre o acúmulo de nitratos na alface cultivada a céu aberto e em hidroponia, mas poucos relatam informações sobre seu acúmulo em plantas cultivadas em casa de vegetação, no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de nitrato presente em plantas de alface, em função da adubação mineral, orgânica e organo-mineral, do horário de colheita e do tempo de armazenamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no solo, em cultivo protegido, na Fazenda

Água Limpa, UnB, de 15/01 a 24/03/04, em Latossolo Vermelho Amarelo, com 175 g kg<sup>-1</sup> de areia, 325 g kg<sup>-1</sup> de silte, 500 g kg<sup>-1</sup> de argila, e a seguinte caracterização química: 5,9 de pH em água, 4,5 mg dm<sup>-3</sup> de P; 58,5 mg dm<sup>-3</sup> de K; 3,4 cmol dm<sup>-3</sup> de H+Al; 3,6 cmol dm<sup>-3</sup> de Ca + Mg; 0,08 cmol dm<sup>-3</sup> de Na e 2,2g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica. Foi utilizada a cultivar Verônica.

O experimento foi instalado em uma casa de vegetação de 7 x 10 metros com estrutura semelhante à utilizada pelos produtores da região, em arco e com pé direito de 3,5 m, mourões de madeira e arcos de vergalhão de ferro. A cobertura foi feita com filme de polietileno de 75 µm. As laterais foram fechadas com polietileno tipo "clarite".

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com esquema fatorial 5 x 4 x 4, em quatro repetições. Os cinco tratamentos de adubação foram: adubação com 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (T1); adubação com 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (T2); adubação mineral padrão (Ribeiro et al., 1999) (g.m<sup>-2</sup>): 5,85 de N; 41,94 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,99 de K<sub>2</sub>O (T3); adubação mineral padrão acrescida de 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (T4) e adubação mineral padrão acrescida de 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (T5). A análise química dos adubos

orgânicos consta na Tabela 1. Os horários de colheita foram 7; 11; 15 e 18 horas e os períodos de armazenamento refrigerado a 8°C foram 0; 3; 5 e 7 dias após a colheita.

A semeadura ocorreu em bandejas de poliestireno expandido em 15/01/04 e o transplante foi realizado após 26 dias. O plantio foi feito em canteiros com três linhas longitudinais e as mudas com espaçamento 30 x 30 cm. Cada parcela continha 21 plantas em uma área de 1,80 m<sup>2</sup>.

Utilizou-se 0,57 g m<sup>-2</sup> de ácido bórico e 1,5 g m<sup>-2</sup> de sulfato de zinco no plantio de T3, T4 e T5. Foram feitas três adubações em cobertura aos 7; 21 e 35 dias após o transplante nos tratamentos T3, T4 e T5 com 9,6 g m<sup>-2</sup> de KCl e 25,6 g m<sup>-2</sup> de uréia. Nos tratamentos T1 e T2, a adubação de cobertura foi feita aos 15 e 30 dias após o transplante, com 0,7 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango e 2,1 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino, respectivamente.

A colheita foi realizada 43 dias após o transplante, tendo sido observada neste dia, radiação global de 434,8 Ly.

Foram avaliadas a concentração foliar de macro e micronutrientes, a massa da matéria fresca, a porcentagem de matéria seca, a produção e a produtividade no momento da colheita. O teor de nitrato de sódio na parte aérea foi determinado nos horários e tempos de armazenamento citados anteriormente. Os níveis de nitrato nas amostras foram determinados em matéria fresca, de acordo com a metodologia de Follett & Ratcliff (1963), validada por Ximenes (1998).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi utilizada para avaliar a correlação entre a massa da matéria fresca e o teor de nitrato de sódio. O sistema *Diagnosis and Recommendation Integrated System* (DRIS), preconizado por Beaufils (1973), foi utilizado para avaliar o balanço nutricional, identificar os nutrientes mais limitantes e a existência de antagonismo entre os mesmos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma tendência de maior absorção de N, S, Mn e Zn nas plantas que receberam apenas adubação

**Tabela 2.** Concentração de nutrientes nas folhas de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Verônica, em cultivo protegido, em função da adubação. Brasília, UnB, 2004.

Tratamento	Macronutrientes						Micronutrientes			
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>			
T1 - 1,5 kg m <sup>-2</sup> de cama-de-frango	44,08b**	4,91c	62,58c	11,07a	3,66a	3,41a	33,83a	151,58a	67,16b	75,16a
T2 - 3,0 kg m <sup>-2</sup> de esterco bovino	34,41a	4,25b	63,50c	11,91a	3,83a	3,08a	32,08a	113,58a	27,41a	67,25a
T3 - mineral*	51,91c	3,33a	38,41a	9,75a	3,08a	4,08b	33,41a	122,66a	97,33c	100,41b
T4 - mineral + 1,5 kg m <sup>-2</sup> de cama-de-frango	49,91c	4,08b	48,33b	11,25a	3,33a	4,16b	33,16a	204,16b	115,83c	100,08b
T5 - mineral + 3,0 kg m <sup>-2</sup> de esterco bovino	49,83c	4,25b	48,75b	11,91a	3,83a	4,58b	33,00a	141,25a	93,50c	100,33b

\*Mineral em g m<sup>-2</sup>: 5,85 de N; 41,94 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,99 de K<sub>2</sub>O, 0,57 de ácido bórico e 1,5 de sulfato de zinco. Cobertura aos 7, 21 e 35 dias após o transplante nos tratamentos T3, T4 e T5 com 9,6 g m<sup>-2</sup> de KCl, 25,6 g m<sup>-2</sup> de uréia. Nos tratamentos T1 e T2, a cobertura foi feita aos 15 e 30 dias após o transplante, com 700 g m<sup>-2</sup> de cama-de-frango e 2100 g m<sup>-2</sup> de esterco bovino, respectivamente.

\*\*Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Ordem de limitação dos nutrientes e índices DRIS para os tratamentos. Brasília, UnB, 2004.

Tratamento	Ordem de limitação dos nutrientes e índices DRIS										IBN **
T1 - 1,5 kg m <sup>-2</sup> de cama-de-frango	N >-198	Mn >-152	Zn >-144	S >-106	B >-22	Fe >18	Mg >7	Ca >72	P >104	K 190	1077
T2 - 3,0 kg m <sup>-2</sup> de esterco bovino	N >-454	Mn >-375	Zn >-279	S >-191	Fe >-61	B >-47	P >153	Mg >164	Ca >179	K 387	2290
T3 - mineral*	P >-6	N ≥ -4	Fe >-4	Mn >-2	S ≥ 0	Zn >0	K ≥ 2	Mg >2	Ca ≥ 4	B 4	28
T4 - mineral + 1,5 kg m <sup>-2</sup> de cama-de-frango	N >-46	Zn >-20	S ≥ -4	Mn >-4	B >3	P >33	Mg >43	Ca >51	K >66	Fe 82	352
T5 - mineral + 3,0 kg m <sup>-2</sup> de esterco bovino	N >-67	Mn >-43	Zn >-31	B >-8	S >-2	Fe >-9	P >37	Mg >54	Ca >55	K 71	377

\*Mineral em g m<sup>-2</sup>: 5,85 de N; 41,94 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,99 de K<sub>2</sub>O, 0,57 de ácido bórico e 1,5 de sulfato de zinco. Cobertura aos 7, 21 e 35 dias após o transplante nos tratamentos T3, T4 e T5 com 9,6 g m<sup>-2</sup> de KCl, 25,6 g m<sup>-2</sup> de uréia. Nos tratamentos T1 e T2, a cobertura foi feita aos 15 e 30 dias após o transplante, com 700 g m<sup>-2</sup> de cama-de-frango e 2100 g m<sup>-2</sup> de esterco bovino, respectivamente.

\*\*IBN = Índice de balanço nutricional.

mineral (T3) e organo-mineral (T4 e T5) em relação às que receberam apenas adubação orgânica (T1 e T2) (Tabela 2), possivelmente, devido à composição química dos adubos utilizados (Tabela 1). Plantas que receberam apenas adubação orgânica (T1 e T2) absorveram mais K e menos N, S, Mn e Zn que os demais tratamentos. Cálcio e magnésio foram absorvidos em maior quantidade pelos tratamentos que receberam esterco bovino (T2 e T5), apesar de não diferirem significativamente dos demais tratamentos. Verificou-se que o Fe foi mais absorvido nas plantas que receberam adubação mineral acrescida de cama-de-frango (T4).

Nas plantas submetidas à adubação orgânica, verificou-se que o N foi o nutriente mais limitante, enquanto o K, o menos limitante. Foi observada uma maior limitação de N nas plantas adubadas com esterco bovino (índice DRIS = -454), quando comparadas às plantas

adubadas com cama-de-frango (índice DRIS = -198) (Tabela 3). Em plantas tratadas com adubação mineral, o P foi o nutriente mais limitante, seguido do N, que obteve o menor índice DRIS (-4), quando comparado aos demais tratamentos.

Nos tratamentos com adubos orgânicos e também com adubação mista (T1, T2, T4 e T5), verificou-se que o nutriente mais limitante foi o nitrogênio, com 92; 75; 50 e 58% das ocorrências (número de vezes em que o nutriente aparece como limitante ou em excesso, conforme análise do índice DRIS do mesmo), respectivamente. O K foi o nutriente menos limitante nestes tratamentos, com 83; 75; 58 e 58% das ocorrências.

A associação de adubos minerais e orgânicos contribuiu para reduzir o índice de limitação do N nas plantas, quando comparado aos tratamentos que utilizaram apenas adubação orgânica. Em

T1, o N obteve índice DRIS de -198 e quando associado ao adubo mineral (T4), o índice reduziu para -46. Da mesma forma, em T2, o índice DRIS do N reduziu de -454 para -67 quando se associou ao adubo mineral (T5). Este comportamento de diminuição do índice DRIS também foi observado para os demais nutrientes, porém o N é o principal fator limitante para a maioria das culturas (Muramoto, 1999).

De forma geral, a associação organo-mineral favoreceu o melhor balanço nutricional das plantas, pois T4 e T5 resultaram em um IBN igual a 352 e 377, respectivamente, enquanto em T1 e T2 (adubação orgânica) o IBN foi igual a 1077 e 2290, respectivamente, indicando desbalanço nutricional. O IBN igual a 28, observado nas plantas que receberam apenas adubação mineral (T3), indica que esse tratamento proporcionou um melhor balanceamento entre nutrientes. Porém, isto não se refletiu necessa-

**Tabela 4.** Produtividade, massa da matéria fresca, porcentagem de matéria seca e teor de nitrato de sódio em função da adubação e massa da matéria fresca e teor de nitrato de sódio em função do horário de colheita da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Verônica. Brasília, UnB, 2004.

Tratamento	Produtividade (t/ha)	Massa da matéria fresca (g)	Matéria seca (%)	Nitrato de sódio (mg kg <sup>-1</sup> )
T1 - Cama-de-frango	15,2c**	253,43c	4,25a	1240,12b**
T2 - Esterco bovino	9,99a	166,68a	5,17b	547,26a
T3 - Mineral*	12,52b	208,81b	5,25b	1140,70b
T4 - Mineral + Cama-de-frango	13,27b	221,25b	5,02b	1303,66b
T5 - Mineral + Esterco bovino	14,81c	246,93c	5,04b	1195,25b
CV (%)	33,90	17,58	12,59	37,17
Horário de colheita (h)	Massa da matéria fresca (g)	Nitrato de sódio (mg kg <sup>-1</sup> )		
07:00	221,10a*	981,25a*		
11:00	245,80b	1110,69b		
15:00	213,45a	1137,40b		
18:00	197,35a	1112,28b		
CV (%)	17,58	37,17		

\*Químico padrão em g m<sup>-2</sup>: 5,85 de N; 41,94 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,99 de K<sub>2</sub>O. Cobertura aos 7, 21 e 35 dias após o transplante nos tratamentos T3, T4 e T5 com 9,6 g m<sup>-2</sup> de KCl, 25,6 g m<sup>-2</sup> de uréia, 0,57 g m<sup>-2</sup> de ácido bórico e 1,5 g m<sup>-2</sup> de sulfato de zinco. Nos tratamentos T1 e T2, a cobertura foi feita aos 15 e 30 dias após o transplante, com 700 g m<sup>-2</sup> de cama-de-frango e 2100 g m<sup>-2</sup> de esterco bovino, respectivamente. \*\*Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

riamente em maior produção ou qualidade da alface produzida.

Os teores de nutrientes foram, de forma geral, superiores nos tratamentos com adubação organo-mineral, indicando que a associação de adubos minerais e orgânicos pode favorecer o suprimento nutricional da cultura, por ser a primeira uma fonte solúvel e prontamente disponível de nutrientes e, a segunda, uma fonte de disponibilização mais lenta.

Ricci et al. (1995) verificaram que os compostos orgânicos não aumentaram o teor de nutrientes na parte aérea das plantas, com exceção do K; enquanto os teores de P, Ca, Mg e S foram estatisticamente iguais aos da adubação mineral.

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos na produtividade, massa da matéria fresca e porcentagem de matéria seca (Tabela 4). O uso de cama-de-frango (T1) resultou numa tendência de maior valor de produtividade e maior valor da massa da matéria fresca, 15,2 t ha<sup>-1</sup> e 253,43 g, respectivamente, porém, sem diferir estatisticamente da produtividade e massa da matéria fresca obtidas com a adubação mineral padrão, acrescida de esterco bovino (T5), que foi 14,81 t ha<sup>-1</sup> e 246,93 g, respectiva-

mente.

A adubação mineral padrão (T3) e a adubação mineral padrão acrescida de cama-de-frango (T4) apresentaram massa fresca estatisticamente iguais, porém superiores aos observados nas plantas cultivadas apenas com esterco bovino (T2). Pires (2003) verificou também maior produtividade da alface cv. Verônica na dosagem de 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (30,30 t ha<sup>-1</sup>), quando comparada à obtida com 4,5 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (27,67 t ha<sup>-1</sup>).

A utilização de esterco bovino (T2) resultou em menor produtividade (9,99 t ha<sup>-1</sup>), resultado semelhante ao encontrado por Pires (2003), 11,29 t ha<sup>-1</sup>, utilizando a mesma dosagem desse adubo (3,0 kg m<sup>-2</sup>). Isso ocorreu, provavelmente, devido à baixa concentração de N foliar em relação aos demais tratamentos (Tabela 2) e à alta limitação de nitrogênio (Tabela 3). Neste tratamento, as plantas absorveram mais K em detrimento da absorção de N, sendo verificada alta correlação negativa (r = -0,98) entre esses elementos.

As plantas que receberam adubação organo-mineral apresentaram produtividade superior às observadas nas que receberam apenas fertilizante mineral.

Goto & Tivelli (1998) observaram que existe uma tendência de melhor produção com a aplicação de adubos orgânicos combinados com nitrogênio mineral, especialmente com esterco de curral e de galinha.

As plantas adubadas com cama-de-frango (T1) apresentaram a menor porcentagem de matéria seca (4,25%) (Tabela 4), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, estatisticamente iguais entre si.

As plantas colhidas às 11 horas apresentaram maior massa da matéria fresca, 245,8 g, diferindo estatisticamente dos valores observados nos demais tratamentos (Tabela 4). Nos demais horários, as massas da matéria fresca observadas não diferiram estatisticamente entre si. A alta intensidade luminosa estimula a produtividade (Filgueira, 2000). Assim, no horário de 11 horas, com intensidade luminosa mais alta, ocorreu elevação da atividade fotossintética, resultando em maior produção. O horário de 18 horas, de baixa intensidade luminosa, conferiu menor massa da matéria fresca às plantas, que não diferiu estatisticamente da massa da matéria fresca observado nas plantas colhidas às 7 e às 15 horas, horários de menor intensidade luminosa.

Verificou-se efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de nitrato foliar (Tabela 4). A adubação com esterco bovino (T2) proporcionou o menor acúmulo de nitrato. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, apresentando teores que variaram de 1140,70 a 1303,66 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup> de massa fresca, que são valores inferiores ao limite máximo tolerado pela Comunidade Européia para a alface produzida em casa de vegetação, que é de 3500 mg NO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup> de massa fresca de alface (Ximenes, 1998).

Resultados similares foram observados por Pires (2003) em trabalho realizado no Distrito Federal. O autor encontrou diferença estatística significativa para os teores de nitrato de sódio entre tratamentos com 1,5 kg m<sup>-2</sup> de cama-de-frango (521,85 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>), 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino (291,98 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>) e adubação mineral recomendada para alface (315,36 mg NaNO<sub>3</sub> kg<sup>-1</sup>).



A utilização de 3,0 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino não supriu a necessidade de nitrogênio das plantas, considerando que este tratamento apresentou produtividade de 28% menor do que a observada nas plantas dos demais tratamentos (Tabela 4), e, conseqüentemente, suas plantas acumularam menos nitrato. Além disso, a porcentagem de matéria orgânica em base seca presente no esterco bovino (65%) apresentou, provavelmente, maior relação C/N, não favorecendo a mineralização e a nitrificação do nitrogênio, tornando-o indisponível.

O tratamento T3 teve o P como nutriente mais limitante (Tabela 3), concordando com Brown & Smith (1967) e Barker & Maynard (1971), que relataram que na alface e outras culturas submetidas à adubação mineral, uma moderada deficiência de P não teve efeito no acúmulo de nitrato.

O suprimento de nitrogênio é um dos fatores mais importantes na acumulação de nitrato nos vegetais (Barker & Maynard, 1971). Observando a concentração de nutrientes (Tabela 2) e a ordem de limitação dos nutrientes (Tabela 3) verificou-se que o tratamento que utilizou apenas esterco bovino apresentou a menor concentração de nitrogênio foliar e foi onde o N apresentou-se mais limitante. Os teores de S, Fe, Mn e Zn foliar foram os mais baixos neste tratamento (Tabela 2). No entanto, a deficiência desses nutrientes tem sido associada ao acúmulo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por interferir na atividade da enzima redutase do nitrato (Maynard *et al.*, 1976).

Os tratamentos que receberam adubação com cama-de-frango (T1 e T4) proporcionaram plantas com os maiores teores de nitrato de sódio quando comparados àqueles observados nas plantas dos tratamentos onde se usou esterco bovino (T2 e T5) e, também, maior do que o observado nas plantas que receberam apenas adubação mineral (T3) (Tabela 4), provavelmente, devido à maior disponibilização de nutrientes pela cama-de-frango e à sua mineralização mais rápida.

Foi observada correlação positiva ( $r=0,99$ ) entre a massa da matéria fresca e o teor de nitrato na alface. Resultado semelhante foi encontrado por Muramoto (1999) em alface ( $r=0,87$ ).

Como o nitrogênio é responsável pela expansão das células, plantas maiores e mais pesadas apresentaram maior teor de N e conseqüentemente de nitrato.

Byrne *et al.* (2002) verificaram que a cultivar de alface que tinha a maior massa da matéria fresca (131g) também apresentou o maior acúmulo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (4301 mg kg<sup>-1</sup>). Os mesmos autores verificaram que a relação existente entre o nível de nitrato no solo, o peso da cabeça e o nível de nitrato nas plantas, indicou que de 100 a 150 mg L<sup>-1</sup> de nitrato no solo, preconizado pelo Código de Boas Práticas na Agricultura da Irlanda, maximizou o crescimento da planta e minimizou o conteúdo de nitrato em alface sob cultivo protegido.

Entretanto, Rezende (1999) não verificou existência de correlação entre estas variáveis para alface em trabalho realizado sob cultivo hidropônico. Vasconcelos (2001), analisando o teor de nitrato em beterraba, não observou existência de correlação entre o diâmetro da raiz e a concentração de nitrato. Existem poucos trabalhos a respeito da correlação entre estas variáveis, em função da adubação empregada, demandando estudos mais aprofundados.

As plantas colhidas às 7 horas da manhã apresentaram o menor teor de nitrato foliar, diferindo estatisticamente do teor observado nas plantas colhidas nos demais horários, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4). A atividade da redutase do nitrato pode ocorrer nos tecidos vegetais quando existe um suprimento adequado de carboidratos, e a luz, por si só, não parece ser o único requerimento para a redução do nitrato (Guerrero *et al.* 1981).

Às 7 horas da manhã a enzima redutase do nitrato provavelmente não reduziu sua atividade, mesmo sendo um horário de baixa intensidade luminosa, podendo ter assimilado o nitrato. Além disso, nessas condições, a planta absorve menos nutrientes, transpira menos, diminui o fluxo de água e, conseqüentemente, acumula menos nitrato.

Muramoto (1999) observou que plantas de espinafre colhidas entre 2 e 3 horas da tarde teve uma significativa redução no teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em relação às plantas colhidas entre 9 e 11 horas da

manhã, apesar de no dia o tempo estar ligeiramente nublado.

No dia da colheita, as plantas apresentaram 1300,21 mg kg<sup>-1</sup> de NaNO<sub>3</sub>, diferindo estatisticamente das plantas armazenadas 3; 5 e 7 dias, que apresentaram 1045,28, 1062,61 e 933,50 mg kg<sup>-1</sup> de NaNO<sub>3</sub>, respectivamente.

As amostras de alface submetidas ao armazenamento em ambiente refrigerado apresentaram uma redução significativa no teor de nitrato foliar ao longo dos sete dias de armazenamento. Isto pode ter ocorrido devido a um aumento da atividade da enzima redutase do nitrato, nas folhas da alface do dia da colheita para os dias seguintes, favorecendo um menor acúmulo de nitrato (Phillips, 1969; Yaneva *et al.*, 1996).

Em trabalho realizado por Minotti & Stankey (1973); sob refrigeração, o teor de nitrato em beterraba reduziu aproximadamente 28% do valor do dia da colheita, indicando que as variáveis ambientais podem exercer efeitos na concentração de nitrato em questão de horas. Os autores observaram as menores concentrações de nitrato às 4 horas da tarde e as maiores de 4 às 8 da manhã. Siciliano *et al.* (1975) verificaram declínio no teor de nitrato na alface, de 1130 ppm para 940 ppm, no período de 12 dias em armazenamento refrigerado.

A redução de 29,3% do teor de nitrato após sete dias de armazenamento, pode ter ocorrido devido a redução do nitrato a nitrito. Phillips (1968) verificou aumento do teor de nitrito e redução do teor de nitrato em espinafre armazenado à temperatura ambiente. Sob refrigeração, o autor observou redução do nitrato a nitrito após 8 dias de armazenamento. Segundo Chung *et al.* (2004), em ambiente refrigerado, a enzima redutase do nitrato pode vir a ser inativada em função do stress causado pelo frio. Em hortaliças armazenadas à temperatura ambiente, os autores observaram aumento significativo do nível de nitrito e redução do nível de nitrato após o quarto dia de armazenamento.

Assim, é possível que a temperatura de 8°C utilizada para armazenamento da alface pode não ter sido suficiente para inativar a enzima redutase do nitrato, ocorrendo então redução do teor de ni-

trato e, conseqüentemente, aumento no teor de nitrito.

Observa-se que em todos os tratamentos de adubação testados os teores de nitrato de sódio foram menores do que o recomendado pela Comunidade Européia. Entretanto, os diferentes horários de colheita e tempos de armazenamento das plantas de alface influenciaram na qualidade final das plantas.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora.

## LITERATURA CITADA

- ARAÚJO ACP; MIDIO AF. 1989. Nitratos, nitritos e compostos N-nitrosos em alimentos: onde está o problema? *Ciência e Cultura*, 41: 947-956.
- BARKER AV; MAYNARD DN. 1971. Nutritional factors affecting nitrate accumulation in spinach. *Communication in Soil Science Plant Analyses*, 2: 471-478.
- BARTSCH H; MONTESANO R. 1984. Relevance of nitrosaminas to human cancer. *Carcinogenesis*, 5: 1381-1393.
- BEAUFILS ER. 1973. *Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*. Pietermaritzburg, Soil Science. Bulletin 1, 132 p.
- BROWN JR; SMITH GE. 1967. Nitrate accumulation in vegetable crops as influenced by soil fertility practices. *Agr. Exot. Station Res. Bull.* 920: 1-43.
- BYRNE C; MAHER MJ; HENNERTY MJ; MAHON MJ; WALSH PA. 2002. *Reducing the nitrate content of protected lettuce*. Irish Agriculture and Food Development Authority. University College, Dublin, 19 p.
- COMETTI NN; MATIAS GCS; ZONTA E; MARY W; FERNANDES MS. 2004. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. *Horticultura Brasileira*, 22: 748-753.
- CHUNG JC; CHOU SS; HWANG DF. 2004. Changes in nitrate and nitrite content of four vegetables during storage at refrigerated and ambient temperatures. *Food Additives and Contaminants*, 21: 317-322.
- FILGUEIRA FAR. 2000. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 402 p.
- GOTO R; TIVELLI SW. 1998. *Produção de Hortaliças em ambiente protegido em condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora UNESP. Cap.3. 319 p.
- GUERRERO MG; VEGA JM; LOSADA M. 1981. The assimilatory nitrate-reducing system and its regulation. *Annual Review of Plant Physiology*, 32: 169-204.
- MAYNARD DN; BARKER AV; MINOTTI PL; PECK NH. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Advances in Agronomy*, 28: 71-118.
- MINOTTI PL; STANKEY DL. 1973. Diurnal variation in the nitrate concentration of beets. *HortScience*, 8: 33-34.
- MURAMOTO J. 1999. *Comparison of nitrate content in leafy vegetables from organic and conventional farms in Califórnia*. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California, Santa Cruz. 64 p.
- PHILLIPS WEJ. 1968. Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 16: 88-91.
- PHILLIPS WEJ. 1969. Lack of nitrite accumulation in partially consumed jars of baby food. *Canadian Institute of Food Technology Journal*, 2: 160-161.
- PIRES JF. 2003. *Impacto da fertilização química e orgânica na produtividade e em alguns aspectos qualitativos de alface e repolho produzidos no Distrito Federal*. UnB, Brasília-DF. 147 p. (Dissertação de Mestrado).
- PIRES JF; JUNQUEIRA AMR; FRANÇA FH. 2002. Produtividade de alface cv. Verônica e repolho cv. Kenzan em função de adubação orgânica e química em Brasília-DF. *Horticultura Brasileira*, 20: 279 (resumo 069). Suplemento.
- REYES FGR; SCANLAN RA. 1984. N-nitrosaminas: formação e ocorrência em alimentos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18: 299-309.
- REZENDE AJ. 1999. *Teor de nitrato em alface (Lactuca sativa L.) cultivada sob três diferentes sistemas de produção*. 28 f. Monografia de graduação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Brasília-DF.
- RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VH. (Ed.). 1999. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359 p.
- RICCI MSF; CASALI VWD; CARDOSO AA; RUIZ HA. 1995. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30: 1035-1039.
- SICILIANO J; KRULICK S; HEISLER EG; SCWARTZ J; WHITE JUNIOR JW. 1975. Nitrate and nitrite content of some fresh and processed market vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23: 461-464.
- VASCONCELOS CM. 2001. *Teor de nitrato em beterraba e cenoura produzidas e comercializadas no Distrito Federal*. 30 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Brasília-DF.
- XIMENES MIN. 1998. *Aplicação da polarografia na determinação de nitrato em vegetais*. Brasília/DF – UnB, 107 f. (Tese de Doutorado).
- YANEVA IA; MACK G; VUNKOVA-RADEVA RV; TISCHNER R. 1996. Changes in nitrate reductase activity and the protective effect of molybdenum during cold stress in winter wheat grown acid soil. *Journal of Plant Physiology*, 149: 211-216.