

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

## **Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva.**

**Nilton Nélio Cometti<sup>1</sup>; Bruce Bugbee<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> IFES – Instituto Federal do Espírito Santo. BR 259, Km 70, 29709-910 Colatina – ES, [nilton.cometti@ifes.edu.br](mailto:nilton.cometti@ifes.edu.br);

<sup>2</sup> Utah State University, Crop Physiology Lab, Logan, Utah, USA, [bugbee@cc.usu.edu](mailto:bugbee@cc.usu.edu)

### **RESUMO**

O trabalho enfoca a influência da temperatura sobre o crescimento e acúmulo de nitrato no tecido da alface em cultivo hidropônico com diferentes níveis de nitrato na solução nutritiva e adição de um pulso de amônio. A alface foi cultivada por 28 dias em três câmaras de crescimento contendo quatro sistemas hidropônicos independentes do tipo “deep flow”, com capacidade para 30 L de solução. Variáveis controladas: fluxo de fótons fotossintéticos =  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , nível de  $\text{CO}_2 = 400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ( $\pm 2\%$ ), velocidade do vento =  $1,0 \text{ m s}^{-1}$  e umidade relativa = 75/80%. O experimento consistiu de três regimes de temperatura (um para cada câmara): 20/15°C, 25/20°C e 30/25°C dia/noite. Em cada câmara foram utilizados quatro tratamentos quanto ao  $\text{N-NO}_3^-$  da solução nutritiva: 2,5; 5,0; 10,0  $\text{mmol L}^{-1}$  e um tratamento de 5,0  $\text{mmol L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  com um pulso de  $\text{N-NH}_4^+$  (20% do N) sete dias antes da colheita. A solução base foi a “Dicot’s” do Crop Physiology Lab da USU, UTAH, USA. Os resultados mostraram que o aumento de temperatura de 20/15 para 25/20°C provocou aumento da produtividade da alface, porém estabilizando até a temperatura 30/25°C (dia/noite). O aumento da temperatura e do nitrato na solução promoveram o acúmulo de nitrato nos tecidos da parte aérea, alcançando o valor máximo de  $708 \text{ mg kg}^{-1}$  de nitrato em base de massa fresca com 30/25°C e  $10 \text{ mmol L}^{-1}$ . Esse valor, entretanto, está abaixo do limite máximo recomendado para o consumo humano. Na solução nutritiva, o nível de nitrato de  $5 \text{ mmol L}^{-1}$  parece ter sido o mais adequado, pois não houve acúmulo nem depleção na solução nutritiva ao longo do cultivo. Um pulso de amônio (20% do N da solução) sete dias antes da colheita foi eficaz para a redução do nitrato no tecido.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Latuca sativa L.*, acúmulo de nitrato, hidroponia, temperatura, amônio.

### **ABSTRACT**

**Nitrate accumulation in hydroponics lettuce influenced by temperature, concentration of nitrate and ammonium spike in nutrient solution.**

The study focuses on the influence of temperature on the growth and accumulation of nitrate in lettuce leaves in hydroponics using different levels of nitrate in the nutrient solution and adding a spike of ammonium. Lettuce was cultivated for 28 days in three growth chambers containing four independent hydroponic systems (“deep flow” type), with the capacity of 30 L of solution. Controlled variables: photosynthetic photon flux =  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , level of  $\text{CO}_2 = 400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ( $\pm 2\%$ ), wind speed =  $1.0 \text{ m s}^{-1}$  and relative humidity = 75/80%. The experiment was carried

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

37 out with three temperature regimen (one for each chamber): 20/15°C, 25/20°C, and 30/25°C  
38 day/night, each one with four treatments for N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in nutrient solution: 2.5; 5.0; 10.0 mmol L<sup>-1</sup>  
39 and a treatment with 5.0 mmol L<sup>-1</sup> plus a N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> spike (20% of total N) seven days before  
40 harvesting. The solution was the Dicot's Crop Physiology Lab, USU, UTAH, USA. The increase in  
41 temperature regimen from 20/15 to 25/20°C enhanced lettuce productivity, which stabilized until the  
42 temperature 30/25°C (day/night). Nitrate accumulation in the tissues was higher with the  
43 temperature and solution nitrate increasing. However, the maximum value of 708 mg kg<sup>-1</sup> of nitrate  
44 in fresh mass basis found in the experiment is below the recommended limit for humans feeding. In  
45 the nutrient solution, the nitrate level 5 mmol L<sup>-1</sup> seems to be more appropriate, because there was  
46 no accumulation or depletion in the nutrient solution over crop cycle. A spike of ammonium seven  
47 days before harvest was effective to reduce nitrate in the leaves tissues.

48 **Keywords:** *Latuca sativa* L., nitrate content, hydroponics, temperature, ammonium.

49

50 O nitrato ingerido pelos animais a partir dos alimentos pode ser reduzido a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) no trato  
51 digestivo, e ao chegar à corrente sanguínea oxida o ferro (Fe<sup>2+</sup> → Fe<sup>3+</sup>) da hemoglobina produzindo  
52 metahemoglobina. A metahemoglobina torna-se estável e inativa, tornando-se incapaz de  
53 transportar oxigênio (O<sub>2</sub>) para a respiração celular, o que leva à doença conhecida como  
54 metahemoglobinemia, ou doença do “sangue azul” (WRIGHT & DAVISON, 1964). A  
55 possibilidade de formação de nitrosaminas também potencializa o risco de câncer. Os níveis de  
56 nitrato em alface considerados aceitáveis para o consumo humano variam bastante. Na Europa,  
57 vários países têm estabelecido limites máximos tolerados de 3500 a 4500 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-1</sup> de massa  
58 fresca para cultivo de inverno e 2500 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-1</sup> de massa fresca para cultivos de verão (VAN  
59 DER BOON et al., 1990). Segundo Fontes et al. (1995), o limite aceitável de ingestão diária de  
60 nitrato pelo ser humano adulto é de 220 mg, considerando-se 3,6 mg kg<sup>-1</sup> de peso vivo como limite.  
61 Entretanto, em quantidades normais, o nitrato deixa de ser tóxico para tornar-se um íon benéfico à  
62 saúde, sendo fator importante na prevenção de doenças gastrointestinais, especialmente úlcera e  
63 câncer do estômago (ARCHER, 2002). Por outro lado, a maior parte do nitrogênio é absorvida na  
64 forma de nitrato, visto que soluções nutritivas contendo percentual de amônio maior do que 15%  
65 podem se tornar fitotóxicas, acarretando redução no crescimento das plantas. Nitrogênio é o  
66 elemento comumente absorvido em maior quantidade, e assim, a absorção de nitrato é fundamental  
67 para o crescimento das plantas. Disso deriva que alta correlação entre acúmulo de nitrato e  
68 crescimento vegetativo tem sido encontrada em alface cultivada hidroponicamente, especialmente  
69 quando há redução na disponibilidade de açúcares para a sua assimilação e alta temperatura para a  
70 absorção do íon (COMETTI et al, 2002). O trabalho enfoca a influência da temperatura sobre o

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

71 crescimento e acúmulo de nitrato no tecido da alface em cultivo hidropônico com diferentes níveis  
72 de nitrato na solução nutritiva e adição de um pulso de amônio.

### 73 MATERIAL E MÉTODOS

74 Foi conduzido um experimento em câmara de crescimento com duas cultivares de alface (Grand  
75 Rapids e Waldman's Green) no Crop Physiology Laboratory da Utah State University, UT, USA.  
76 Foram utilizadas três câmaras (EGC – Environmental Growth Chambers, Changrin Falls, Ohio)  
77 com 1,5 x 1,0 x 2,25 m externamente e 1,27 x 0,9 x 1,33 internamente (Figura 1). Cada câmara de  
78 crescimento possuía quatro lâmpadas de vapor de sódio de 1000 W, alcançando um fluxo de fótons  
79 fotossintéticos (FFF) de  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . O nível de  $\text{CO}_2$  foi de  $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$  ( $\pm 2\%$ ) com um  
80 fluxo de  $\sim 0,5 \text{ L min}^{-1}$  e fluxo de ar de  $\sim 50 \text{ L min}^{-1}$ . A velocidade do vento foi mantida em  $1,0 \text{ m s}^{-1}$   
81 e a umidade relativa em 75/80 %. O experimento consistiu de três tratamentos quanto à  
82 temperatura, aplicados em cada uma das câmaras: 20/15°C, 25/20°C e 30/25°C dia/noite. Cada  
83 câmara de crescimento continha quatro sistemas hidropônicos independentes compostos de: uma  
84 bandeja com capacidade para 30 L de solução nutritiva com dimensões de 50 x 32 cm com 20 cm  
85 de profundidade coberta com tampa de poliestireno para sustentação das plantas; e uma bomba de  
86 ar e uma pedra de aquário para a distribuição do ar na solução. Em cada um dos sistemas  
87 hidropônicos foram utilizados quatro tratamentos quanto ao  $\text{N-NO}_3^-$  da solução nutritiva: 2,5; 5,0;  
88 10,0  $\text{mmol L}^{-1}$  e um tratamento de 5,0  $\text{mmol L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  com um pulso de  $\text{N-NH}_4^+$  (20% do N)  
89 sete dias antes da colheita. A solução inicial foi idêntica em todos os tratamentos, variando apenas  
90 as de reposição, como mostrado na Tabela 1.

### 91 RESULTADOS E DISCUSSÃO

92 Os resultados de produtividade da biomassa mostram que houve diferença entre os tratamentos de  
93 20/15°C e 25/20°C. Entre os tratamentos de 25/20 e 30/25°C não houve diferença. Isso indica que  
94 há uma estabilização da produtividade acima de 25°C.

95 As médias de acúmulo de nitrato no tecido da parte aérea da alface variaram de 5,2 a 12,6  $\text{g kg}^{-1}$   
96 (Figura 2) nos regimes de 20/15 e 30/25°C respectivamente. Em base de massa fresca, esses valores  
97 correspondem a 339 e 708  $\text{mg kg}^{-1}$  e estão abaixo do máximo recomendado pela comunidade  
98 europeia (VAN DER BOON et al., 1990). Houve incremento no acúmulo de nitrato com o aumento  
99 da temperatura em todos os tratamentos em relação ao nitrato na solução, com exceção do nível de  
100 10  $\text{mmol L}^{-1}$ . Isso mostra que a temperatura é importante para a absorção de nitrato, especialmente  
101 em níveis menores de nitrato na solução, onde os transportadores iônicos de alta afinidade  
102 contribuem mais para o acúmulo de nitrato.

103 O desmembramento dos resultados de acúmulo de nitrato nos três regimes de temperatura (Figura  
104 2) indica que em baixa temperatura (20/15 °C) houve aumento do nitrato no tecido para os níveis de

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

105 10 e 2,5 mmol L<sup>-1</sup>. Para o tratamento com 2,5 mmol L<sup>-1</sup>, provavelmente o status de fotossintatos  
106 para assimilação do nitrato estava aquém do necessário para a estabilização do acúmulo de nitrato,  
107 pois as plantas receberam menos nitrato inicialmente, propiciando plantas menos nutridas. Isso  
108 resultaria em menor disponibilidade de esqueletos de carbono para a assimilação nítrica. Por outro  
109 lado, 5,0 mmol L<sup>-1</sup> melhorou a nutrição da planta, e conseqüentemente a melhor disponibilidade de  
110 fotossintatos e, conseqüentemente, sua incorporação em aminoácidos na forma amoniacal. Esse  
111 efeito foi observado por Cometti et al. (2002). Já no tratamento com 10 mmol L<sup>-1</sup> na solução, a  
112 própria concentração do nitrato na solução foi responsável pelo seu acúmulo no tecido, pois o  
113 acúmulo de nitrato nos tecidos é dependente também da sua concentração na solução nutritiva  
114 (CAVARIANNI et al., 2010). Assim, com o menor crescimento das plantas em baixa temperatura  
115 houve menor disponibilidade de fotossintatos para a assimilação do nitrato no tratamento 10,0  
116 mmol L<sup>-1</sup>, levando ao seu acúmulo no tecido. Nesse tratamento, a maior absorção em relação aos  
117 outros níveis de nitrato deve estar relacionada com sua maior disponibilidade, que, apesar da baixa  
118 temperatura, pode permitir uma maior absorção do íon de forma passiva. Nas outras temperaturas,  
119 25/20 e 30/25°C, houve ligeira redução de acúmulo de nitrato com a aproximação da época de  
120 colheita (28 DAS). A exceção ocorreu no tratamento com o pulso de amônio, que se mostrou  
121 efetivo na redução do acúmulo de nitrato (26 DAS), cujo acúmulo retornou a ocorrer aos 28 DAS.  
122 Esse efeito do pulso de amônio para baixar temporariamente o nitrato acumulado nos tecidos da  
123 alface já foi relatado por Fernandes et al. (2001).

124 O nitrato remanescente na solução nutritiva manteve-se estável no regime de temperatura de  
125 20/15°C em todos os tratamentos (Figura 3), caindo após os 25 DAS, com maior depleção no  
126 tratamento 2,5 mmol L<sup>-1</sup>. O mesmo ocorreu na temperatura 25/20°C, com a diferença de que ambos  
127 2,5 e 5,0 mmol L<sup>-1</sup> tiveram uma rápida depleção de nitrato da solução a partir dos 25 DAS. Em  
128 contrapartida, no tratamento com o pulso de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> houve redução na absorção de nitrato da solução,  
129 o que se refletiu também na redução de nitrato no tecido. Esse efeito pode ser observado também  
130 para a maior temperatura (30/25°C). Nesse regime de temperatura, também houve depleção de  
131 nitrato para o tratamento 2,5 mmol L<sup>-1</sup>, sem que ocorresse o mesmo para os outros tratamentos.  
132 Diferentemente da temperatura 25/20 °C, aos 30/25°C houve acúmulo de nitrato a partir dos 25  
133 DAS, nos níveis de 5,0 e 10,0 mmol L<sup>-1</sup>. Isso nos permite inferir que o nível de 5,0 mmol L<sup>-1</sup> seja o  
134 limite adequado para nitrato em alta temperatura, o que não ocorre para o regime de 25/20 °C, cuja  
135 estabilização do nitrato remanescente só ocorreu no tratamento 10,0 mmol L<sup>-1</sup>. Esses resultados  
136 parecem estar ligados ao volume de solução absorvido, mostrado na Figura 3. Os regimes 20/15 e  
137 25/20 °C provocaram consumo de solução semelhantes, sendo incrementado em 40% com o  
138 aumento da temperatura para 30/25°C. Assim, a transpiração causou maior perda de água, que não

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

139 foi acompanhada pela absorção do nitrato na solução, que se acumulou durante todo o experimento  
140 no tratamento 10,0 mmol L<sup>-1</sup>. Reconhecidamente o nitrato não tem sua absorção dependente do  
141 fluxo transpiratório, como ocorre com o Cálcio. Portanto, é recomendável manter o nível de nitrato  
142 no máximo em 5,0 mmol L<sup>-1</sup> para cultivos em sistema hidropônico do tipo “deep flow”,  
143 especialmente em temperaturas acima de 25°C.

144 A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o aumento no regime de temperatura de 20/15  
145 para 25/20°C foi relevante para o aumento da produtividade da alface em cultivo hidropônico em  
146 câmara de crescimento, porém estabilizando até a temperatura 30/25°C (dia/noite). O aumento da  
147 temperatura também promoveu o aumento do acúmulo de nitrato nos tecidos da parte aérea.  
148 Entretanto, para fins de alimentação humana, o valor máximo de 762 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato em base de  
149 massa fresca encontrado no experimento está abaixo do limite recomendado. Na solução nutritiva, o  
150 nível de nitrato de 5 mmol L<sup>-1</sup> parece ter sido o mais adequado, pois não houve acúmulo nem  
151 depleção na solução nutritiva ao longo do cultivo. Um pulso de amônio (20% do N da solução) sete  
152 dias antes da colheita foi eficaz para a redução do nitrato no tecido.

### 153 **REFERÊNCIAS**

154 ARCHER DL. 2002. Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *Journal of*  
155 *Food Protection* 65(5): 872-875.

156 CAVARIANNI RL et al . 2008. Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen  
157 concentrations in the nutritive solution. *Sci. agric.* 65(6): 652-658. Doi: 10.1590/S0103-  
158 90162008000600013 Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v65n6/13.pdf> Acessado em: 27  
159 de abril de 2010.

160 COMETTI NN; MATIAS GCSM; MACHADO PP da C; FERNANDES MS. 2002. Plant Growth,  
161 Nitrate, Soluble Sugars, Amino-N, and Ammonium Relationships in Lettuce Grown in Nutrient  
162 Film Technique Hydroponic System. In: FERTBIO 2002. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade  
163 Brasileira de Ciência do Solo. v.1. p.29-29.

164 FERNANDES MS, MATIAS GCSM, COMETTI NN. 2001. Efeito do nitrogênio amoniacal no  
165 acúmulo de nitrato, amônio, N-amino e açúcares livres na alface em cultivo hidropônico - sistema  
166 NFT In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8. *Anais...* Ilhéus- Bahia:  
167 SBFV. p.177-177.

168 MATIAS GCSM; COMETTI NN; FRANTZ JM; FERNANDES MS. 2002 Correlação entre  
169 acúmulo de nitrato e conteúdo de água no tecido de alface e tomate. In: FERTBIO 2002. *Anais...*  
170 Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CD-ROM).

171 VAN DER BOON J; STEENHUIZEN JW; STEINGRÖVER EG. 1990. Growth and nitrate  
172 concentration of lettuce as affected by nitrogen and chloride concentration, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio and

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

173 temperature of the recirculating nutrient solution. *Journal of Horticultural Science*, Kent 65(3):  
174 309-321.

175 WRIGHT MJ; DAVISON KL. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in  
176 animals. *Advances in Agronomy* 16: 197-274.

177 **AGRADECIMENTOS**

178 À CAPES pela bolsa do Programa de Doutorado com Estágio no Exterior.

179 **Tabela 1.** Soluções utilizadas no experimento (Nutrient solutions used in the study). USU, UTAH,  
180 USA, 2004.

Nutriente	Inicial	Reposição		
		1	2	3
----- mmol L-1 -----				
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,01	2,50	5,00	10,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
P	0,50	1,25	1,25	1,25
K	1,70	3,95	4,00	4,00
Ca	1,00	2,00	2,00	3,00
Mg	0,50	1,50	1,73	2,23
S	0,50	1,50	1,50	1,50
Si	0,10	0,10	0,10	0,10
----- µmol L-1 -----				
Fe	45,00	11,50	11,50	11,50
Mn	6,00	9,00	9,00	9,00
Zn	6,00	4,00	4,00	4,00
B	40,00	40,00	40,00	40,00
Cu	4,00	4,00	4,00	4,00
Mo	0,10	0,10	0,10	0,10
Cl	56,00	4057,00	2057,00	57,00

181 **Tabela 2.** Biomassa da alface em cultivo hidropônico em câmara de crescimento sob diferentes  
182 regimes de temperatura (Hydroponic lettuce biomass cultivated in growth chamber at different  
183 temperature regimen) . Utah, USA, USU, 2004.

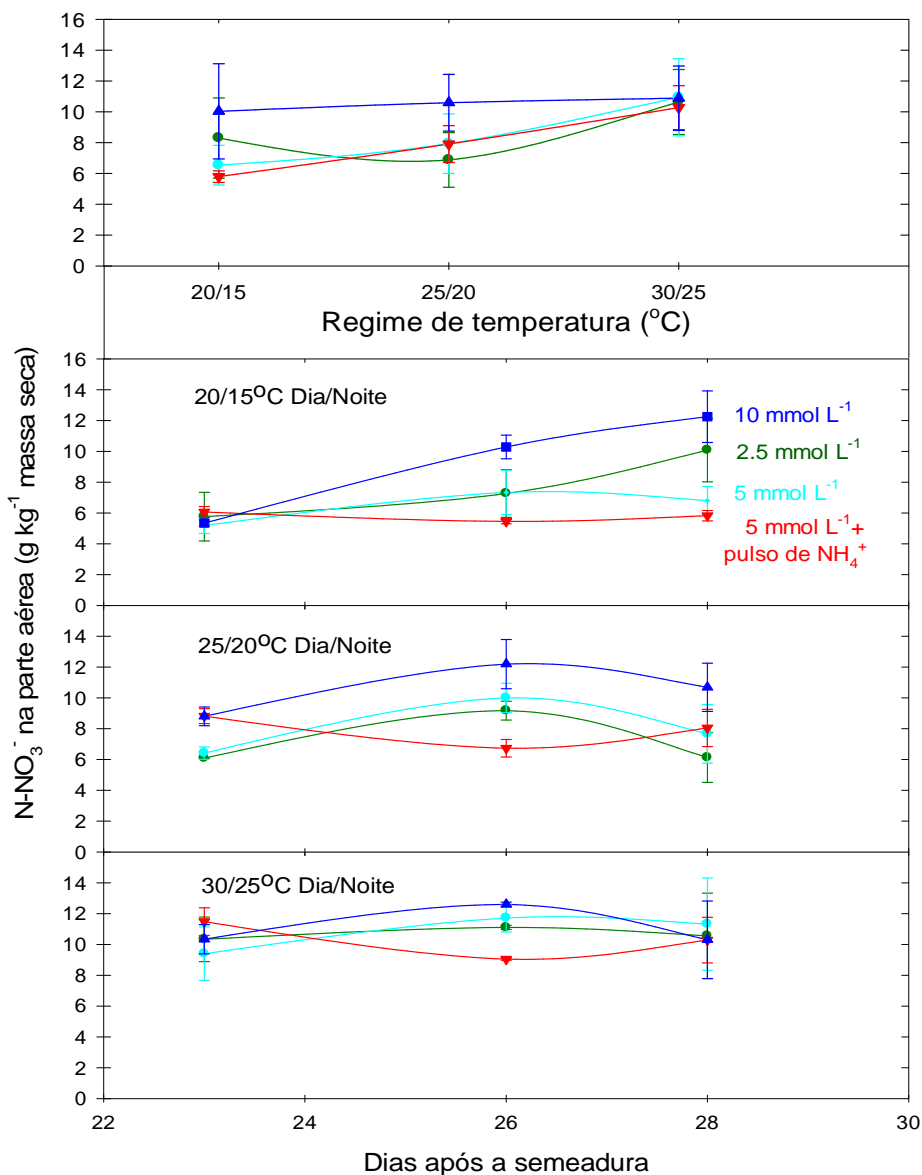
Temperatura Dia/Noite	Massa Seca	Massa Fresca
----- °C -----	----- g m <sup>2</sup> -----	
20/15	174,04a*	2901,5a
25/20	255,87b	4780,4b
30/25	268,80b	4695,8b
CV (%)	3,14	7,48

185 \* Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo método de Holm-Sidak ao  
186 nível de 5% (means followed by similar letters do not differ by Holm-Sidak test at 5% of  
187 probability).

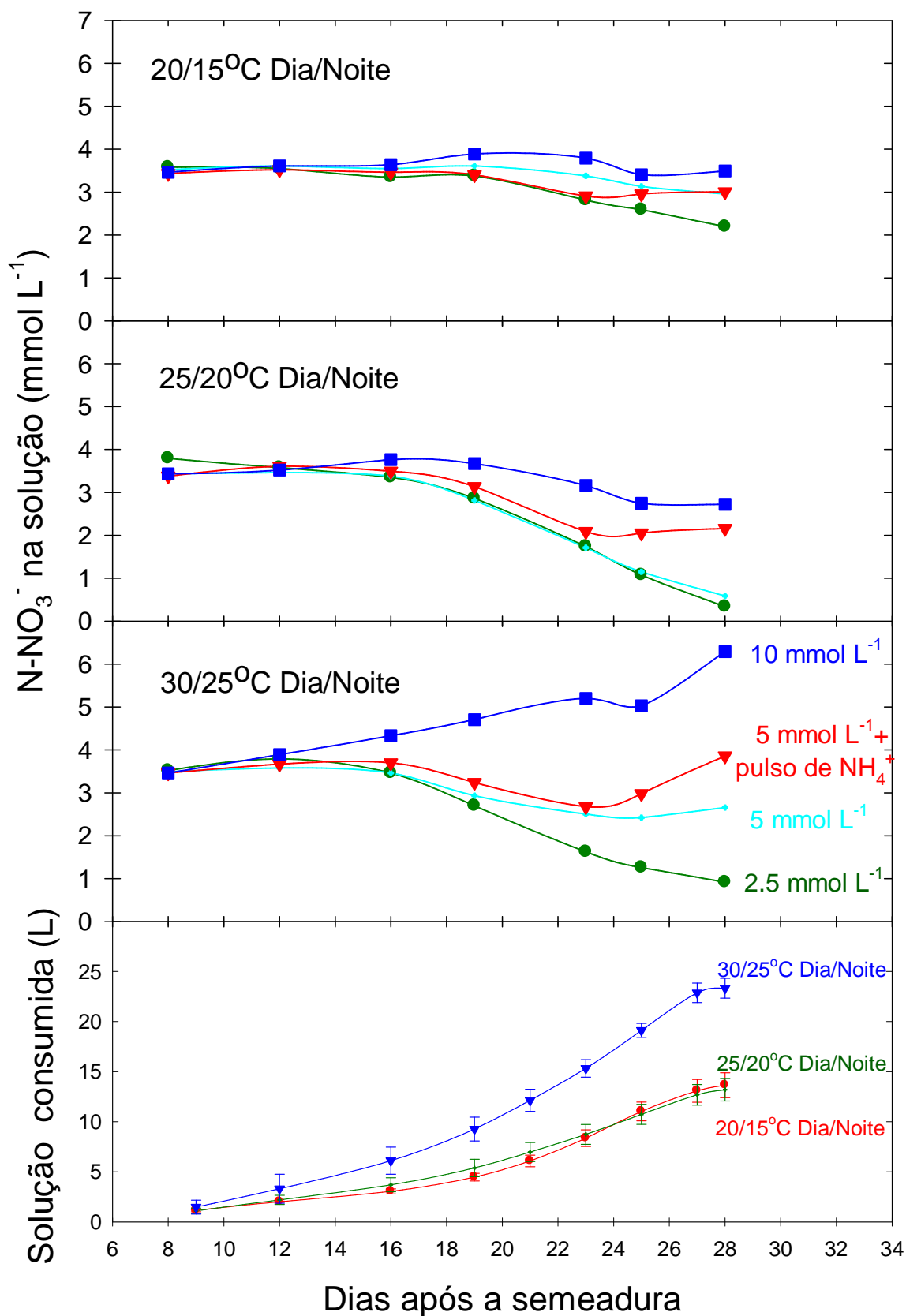
COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.



188  
189 **Figura 1.** Vista externa, à esquerda e interna, à direita, da câmara de crescimento (external and  
190 internal view of the growth chamber). Utah, USA, USU, 2004.



191  
192 **Figura 2.** Acúmulo de nitrato na alface hidropônica em câmara de crescimento sob diferentes níveis  
193 de nitrato na solução e regimes de temperaturas (nitrate accumulation in hydroponic lettuce in  
194 function of nitrate in solution and temperature regimen). Utah, USA, USU, 2004.



195  
196  
197  
198  
199  
200

**Figura 3.** Nitrato remanescente e volume acumulado de solução nutritiva consumida pela alface em cultivo hidropônico em câmara de crescimento sob diferentes temperaturas e nitrato adicionado na solução (nitrate remaining in the nutrient solution, and solution consumption by lettuce grown with nitrate levels in different temperature). Utah, USA, USU, 2004.