

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

## **Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato 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 a produtividade e eficiência fotossintética 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. As imagens foram tiradas a cada dois dias, tratadas em editor de imagens para contagem dos pixels verdes, calculando-se, assim, a percentagem de cobertura horizontal da alface. 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). A cultivar Waldman’s Green mostrou-se 56% mais produtiva do que a Grand Rapids, alcançando  $283 \text{ g m}^{-2}$  em base de massa seca. Os efeitos da temperatura sobre o ganho de biomassa podem ser explicados pelo aumento da eficiência fotossintética (EF) cujos modelos seguem o mesmo padrão. Os valores de EF variaram de próximo a  $0,2 \text{ g mol}^{-1}$  na temperatura 20/15°C até  $0,58 \text{ g mol}^{-1}$  na temperatura 30/25°C. As correlações entre cobertura horizontal e absorção de fótons fotossintéticos foram acima de 0,99 em todos os regimes de temperatura, mostrando o potencial de utilização de imagens digitais para a análise de crescimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Latuca sativa L.*, hidroponia, temperatura, imagem digital.

### **ABSTRACT**

#### **Productivity and photosynthetic efficiency of lettuce in hydroponics in growth chamber under nitrate levels in the nutrient solution.**

The study focuses on the influence of temperature on productivity and photosynthetic efficiency of lettuce in hydroponics under different levels of nitrate in the nutrient solution and adding of a ammonium spike. 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.

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

37 Controlled variables: photosynthetic photon flux =  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , level of  $\text{CO}_2$  =  $400 \mu\text{mol}$   
38  $\text{mol}^{-1}$  ( $\pm 2\%$ ), wind speed =  $1.0 \text{ m s}^{-1}$  and relative humidity = 75/80%. The experiment was carried  
39 out with three temperature regimen (one for each chamber):  $20/15^\circ\text{C}$ ,  $25/20^\circ\text{C}$ , and  $30/25^\circ\text{C}$   
40 day/night, each one with four treatments for  $\text{N-NO}_3^-$  in nutrient solution: 2.5; 5.0;  $10.0 \text{ mmol L}^{-1}$   
41 and a treatment with  $5.0 \text{ mmol L}^{-1}$  plus a  $\text{N-NH}_4^+$  spike (20% of total N) seven days before  
42 harvesting. The solution was the Dicot's Crop Physiology Lab, USU, UTAH, USA. The increase in  
43 temperature regimen from  $20/15$  to  $25/20^\circ\text{C}$  enhanced lettuce productivity, wich stabilized until the  
44 temperature  $30/25^\circ\text{C}$  (day/night). The cultivar Waldman's Green was 56% more productive than  
45 Grand Rapids, reaching  $283 \text{ g m}^{-2}$  (dry mass basis). The effect of temperature on the gain of  
46 biomass can be explained by the photosynthetic efficiency increasing (EF) wich models follow the  
47 same pattern. The values of EF varied from  $0.2 \text{ g mol}^{-1}$  in temperature  $20/15^\circ\text{C}$  until  $0.58 \text{ g mol}^{-1}$  in  
48 the temperature  $30/25^\circ\text{C}$ . Correlations between horizontal coverage and absorption of  
49 photosynthetic photons were above 0.99 for all temperature regimens, showing the potential use of  
50 digital images to the growth analysis.

51 **Keywords:** *Latuca sativa* L., hydroponics, temperature, digital image.

52

53 Nitrogênio é o elemento comumente absorvido em maior quantidade, e assim, a absorção de nitrato  
54 é fundamental para o crescimento das plantas. A maior parte do nitrogênio é absorvida na forma de  
55 nitrato, visto que soluções nutritivas contendo percentual de amônio maior do que 15% pode se  
56 tornar fitotóxico, acarretando redução no crescimento das plantas. Disso deriva que alta correlação  
57 entre acúmulo de nitrato e crescimento vegetativo tem sido encontrada em alface cultivada  
58 hidroponicamente, especialmente quando há redução na disponibilidade de açúcares para a sua  
59 assimilação e alta temperatura para a absorção do íon (Cometti et al, 2002). A temperatura  
60 considerada ótima para o crescimento da alface tem sido estabelecida entre  $20$  e  $25^\circ\text{C}$  (Jie & Kong,  
61 1997). Frantz et al. (2004), entretanto, demonstraram que a temperatura ótima pode ser alcançada  
62 em  $30^\circ\text{C}$  em câmara de crescimento, quando eliminados os sintomas de queima de bordas. Casta &  
63 Leal (2009), trabalhando com alface hidropônica em três ambientes diferentes encontraram aumento  
64 de produtividade de alface em 1,5 vezes quando a temperatura média foi elevada de  $16$  para  $28^\circ\text{C}$ .  
65 Além da temperatura, a luminosidade é o segundo fator preponderante para o crescimento das  
66 plantas. Hammer et al. (1978), publicaram um guia para pesquisa com alface (Grand Rapids) em  
67 câmara de crescimento, estabelecendo o fluxo de fótons fotossintéticos em  $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  como o  
68 ideal. A quantidade de nitrato nas soluções nutritivas propostas varia desde  $6,0 \text{ mmol L}^{-1}$  (Sazaki,  
69 1992) a  $12,6 \text{ mmol L}^{-1}$  Sonneveld & Straver (1994). Portanto, nesse trabalho objetivamos avaliar

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

70 níveis de nitrato na solução nutritiva para cultivo de alface em câmara de crescimento, utilizando  
71 imagens digitais para a análise de crescimento das plantas.

## 72 MATERIAL E MÉTODOS

73 Foi conduzido um experimento em câmara de crescimento com duas cultivares de alface (Grand  
74 Rapids e Waldman's Green) no Crop Physiology Laboratory da Utah State University, UT, USA.  
75 Foram utilizadas três câmaras (EGC – Environmental Growth Chambers, Changrin Falls, Ohio)  
76 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  
77 crescimento possuía quatro lâmpadas de vapor de sódio de 1000 W, alcançando um fluxo de fótons  
78 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  
79 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  $1,0 \text{ m s}^{-1}$   
80 e a umidade relativa em 75/80 %. O experimento consistiu de três tratamentos quanto à  
81 temperatura, aplicados em cada uma das câmaras: 20/15°C, 25/20°C e 30/25°C dia/noite. Cada  
82 câmara de crescimento continha quatro sistemas hidropônicos independentes compostos de: uma  
83 bandeja com capacidade para 30 L de solução nutritiva com dimensões de 50 x 32 cm com 20 cm  
84 de profundidade coberta com tampa de poliestireno para sustentação das plantas; e uma bomba de  
85 ar e uma pedra de aquário para a distribuição do ar na solução. Em cada um dos sistemas  
86 hidropônicos foram utilizados quatro tratamentos quanto ao  $\text{N-NO}_3^-$  da solução nutritiva: 2,5; 5,0;  
87 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)  
88 sete dias antes da colheita. A solução inicial foi idêntica em todos os tratamentos, variando apenas  
89 as de reposição, como mostrado na Tabela 1. Além das variáveis de massa fresca e massa seca,  
90 foram avaliadas a eficiência fotossintética, cujo fluxo de fótons fotossintéticos (FFF) foi medido  
91 com um radiômetro portátil e uma barra de sensores da Apogee Instruments®, modelo LQSV-  
92 ELEC, Apogee Instruments, Inc., Logan, UT, USA. A cobertura horizontal da alface sobre o  
93 poliestireno foi medida com uma câmera digital (modelo DC3200, Kodak, EUA), com 2 M pixels  
94 de resolução, posicionada em uma moldura para que as imagens fossem tiradas sempre na mesma  
95 posição, a 50 cm de distância das plantas. As imagens foram tomadas a cada dois dias, e  
96 processadas usando software de processamento de imagem (Adobe Photoshop versão 6. 0, Adobe  
97 Systems, Inc. San Jose, CA, EUA) para selecionar os pixels verdes e remover os demais,  
98 calculando-se, assim, a porcentagem da área coberta por folhas.

## 99 RESULTADOS E DISCUSSÃO

100 Os resultados da biomassa produzida pela alface (Tabela 2) mostram que houve diferença entre os  
101 tratamentos de 20/15°C e 25/20°C, crescendo de 174,04 para 255,87  $\text{g m}^{-2}$  com um aumento de 5°C,  
102 equivalente a 47%. Esse incremento não se verificou entre os tratamentos de 25/20 e 30/25°C. Isso  
103 indica que há uma estabilização da produtividade acima de 25°C. Costa e Leal (2009) também

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

104 verificaram aumento de até 50% na produtividade da alface, quando a temperatura média subiu da  
105 faixa de 20 para 24°C, observando ligeira redução na massa produzida quando aumentou para 28°C.  
106 Entretanto, Frantz et al. (2004) observaram incremento na produtividade até 30°C, cujo resultado  
107 pode estar relacionado com o enriquecimento de CO<sub>2</sub> até 1000 μmol mol<sup>-1</sup>. A cultivar Waldman's  
108 Green mostrou-se 56% mais produtiva do que a Grand Rapids, alcançando 283 g m<sup>-2</sup> em base de  
109 massa seca. Não houve interação entre os fatores temperatura e cultivar. A Figura 2 mostra a  
110 cultivar Grand Rapids respondeu melhor ao aumento na dose de nitrato na solução (linha azul)  
111 quando adicionados 10 mmol L<sup>-1</sup>, especialmente no regime de temperatura 25/20°C. Em  
112 contrapartida, Waldmann's Green mostrou redução no crescimento nessas condições, e respondeu  
113 ao pulso de amônio, com incremento no ganho de massa seca na temperatura 30/25°C. O efeito de  
114 pulsos de amônio sobre o aumento da produtividade já foi documentado (Matias et al., 2001) em  
115 alface, quando utilizado alguns dias antes da colheita. Mas, a temperatura parece ser determinante  
116 para que ocorra efetivamente. Nesse caso, seu efeito deve ser investigado monitorando as variáveis  
117 luz e temperatura. Os efeitos da temperatura sobre o ganho de biomassa podem ser explicados pelo  
118 aumento da eficiência fotossintética (EF) cujos modelos são semelhantes (Figura 2). Os valores de  
119 EF variaram de próximo a 0,2 g mol<sup>-1</sup> na temperatura 20/15°C até 0,58 g mol<sup>-1</sup> na temperatura  
120 30/25°C. Frantz et al. (2004) encontraram valores mais elevados, alcançando até 0,8 g mol<sup>-1</sup> em  
121 temperaturas próximas a 30°C. Entretanto, seus estudos foram realizados com altos níveis de CO<sub>2</sub>.  
122 A percentagem de cobertura horizontal da alface determinada por imagem (Figura 3) mostra que o  
123 aumento da temperatura de 20/15°C para 25/20°C promoveu o aumento na cobertura desde o início  
124 da determinação. Visualmente, apenas após os 10 DAS é possível detectar essa diferença. O  
125 tratamento 25/20°C promoveu cobertura horizontal próxima, mas inferior ao 30/25°C. Aos 22 DAS  
126 esse diferença foi reduzida quase à inexistência. Nesse momento, esses tratamentos atingiram 100%  
127 de cobertura, enquanto o tratamento 20/15°C ainda se encontrava com 60%. A absorção de fótons  
128 fotossintéticos mostrou um padrão semelhante à cobertura horizontal. Da mesma forma que a  
129 cobertura horizontal, o tratamento 20/15°C chegou a absorver apenas 70% do FFF aos 23 DAS,  
130 enquanto os outros tratamentos chegaram próximo a 90%. A alta correlação entre cobertura  
131 horizontal e absorção de FFF foi verificada também por Klassen et al. (2002) e Shibata et al. (1992).  
132 Nesse experimento, as correlações entre cobertura horizontal e absorção de fótons fotossintéticos  
133 foram acima de 0,99 em todos os regimes de temperatura. A utilização de imagens para análise de  
134 crescimento possui potencial utilização, especialmente em cultivos hidropônicos, permitindo o  
135 acompanhamento do crescimento vegetativo sem que haja necessidade de sacrifício das plantas.  
136 Essa vantagem leva também à redução do tamanho das parcelas.

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH.

137 Concluindo, o regime de temperatura para a alface em câmara de crescimento deve estar entre 25/20  
138 e 30/25°C, onde estabilizou e não houve diferença significativa entre as massas secas. Esse ganho  
139 de massa pode ser analisado através de imagens, já que a correlação entre percentagem de cobertura  
140 horizontal e percentagem de fótons fotossintéticos absorvidos se aproxima de 1,0.

#### 141 **REFERÊNCIAS**

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

146 COSTA E; LEAL PAM. 2009. Produção de alface hidropônica em três ambientes de cultivo. Eng.  
147 Agríc., Jaboticabal, v. 29, n. 3, Sept. 2009. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300003&lng=en&nrm=iso)  
148 ?script=sci\_ arttext&pid=S0100-69162009000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 de abril  
149 de 2010. doi: 10.1590/S0100-69162009000300003.

150 JIE H; KONG LS. 1998. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown lettuce  
151 cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different rootzone temperatures and growth irradiances under  
152 tropical aerial conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73: 173-80.

153 HAMMER PA; TIBBITTS TW, LANGHANS RW; McFARLANE JC. 1978. Base-line growth  
154 studies of 'Grand Rapids' lettuce in controlled environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(5): 649-  
155 654.

156 KLASSEN SP; RITCHIE G; FRANTZ JM; PINNOCK D; BUGBEE B. 2003. Real-time Imaging  
157 of Ground Cover: Relationships with Radiation Capture, Canopy Photosynthesis, and Daily Growth  
158 rate. In: TOAI TV; MAJOR D; McDONALD M; SCHEPERS J; TARPLEY L; BARBARICK KA  
159 VOLENEC JJ; DICK WA; KRAL DM (eds). *Digital Imaging and Spectral Techniques:*  
160 *Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology.* (Am. Soc. Agron. Spec. Publ.)  
161 Madison, WI: ASA n. 66. p. 1-12. Disponível em: [http://www.usu.edu/cpl/Ground%  
162 20Final%20Edit%20readable.pdf](http://www.usu.edu/cpl/Ground%20Cover%20Final%20Edit%20readable.pdf) Acessado em: 27 de abril de 2010.

163 MATIAS, G .C. S.M., COMETTI, N. N., FERNANDES, M. S. 2001. Efeito do nitrogênio  
164 amoniacal no crescimento da alface em cultivo hidropônico - sistema NFT In: In: CONGRESSO  
165 BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8. *Anais...* Ilhéus- Bahia: SBFV. p.176-176.

166 SHIBATA T; IWAO K; TAKANO T. 1992. Growth prediction of lettuce plants by image  
167 processing. *Acta Horticulturae*, 399: 689-694.

168

#### 169 **AGRADECIMENTOS**

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

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

171 **Tabela 1.** Soluções utilizadas no experimento (Nutrient solutions used in the study). USU, UTAH,  
172 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

173 **Tabela 2.** Biomassa da alface em cultivo hidropônico em câmara de crescimento sob diferentes  
174 regimes de temperatura (Hydroponic lettuce biomass cultivated in growth chamber at different  
175 temperature regimen) . Utah, USA, USU, 2004.  
176

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
<b>Cultivar</b>		
Grand Rapids	181,9a	3384,1a
Waldman's Green	283,9b	4867,7b
CV (%)	3,17	4,38

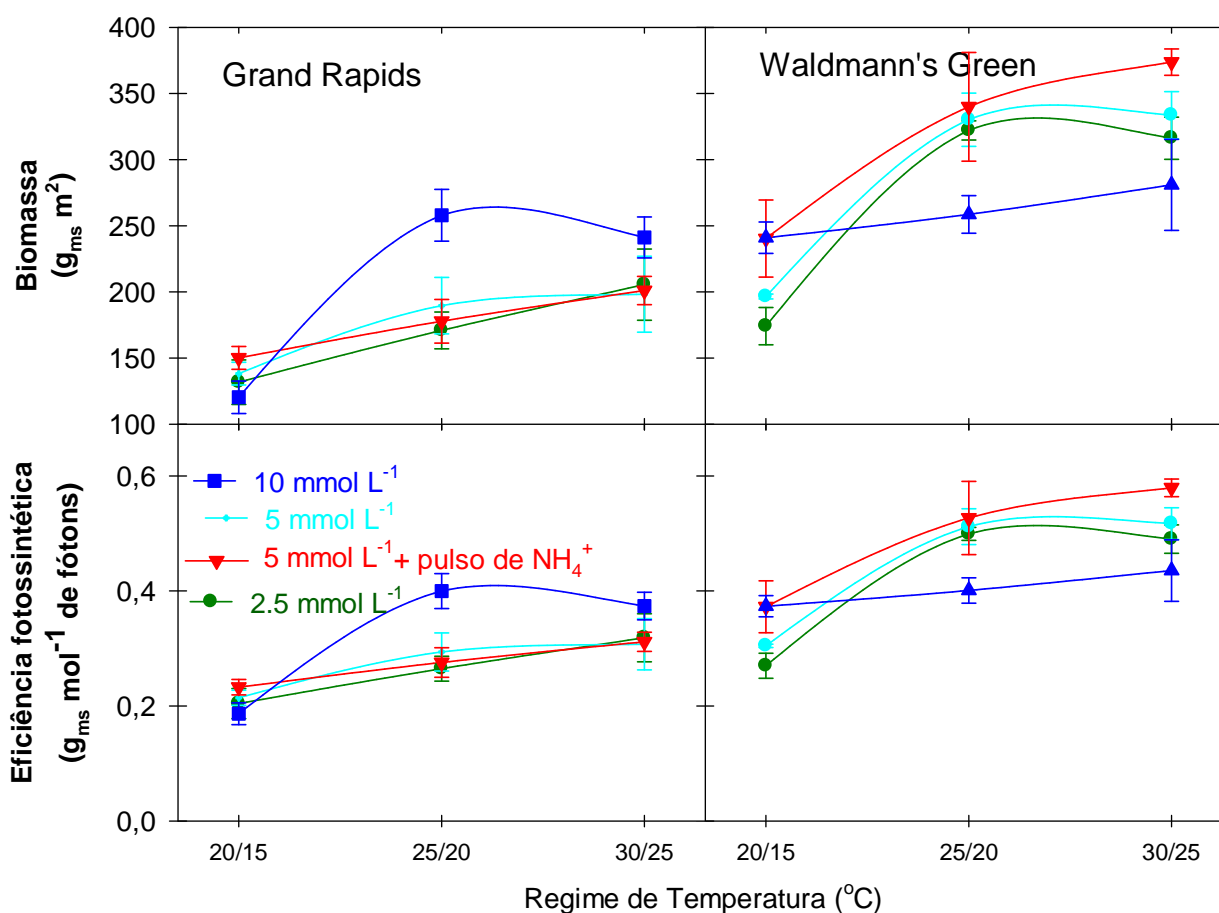
177 \* Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo método de Holm-Sidak ao  
178 nível de 5% (means followed by similar letters do not differ by Holm-Sidak test at 5% of  
179 probability.  
180

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.



181  
182  
183  
184

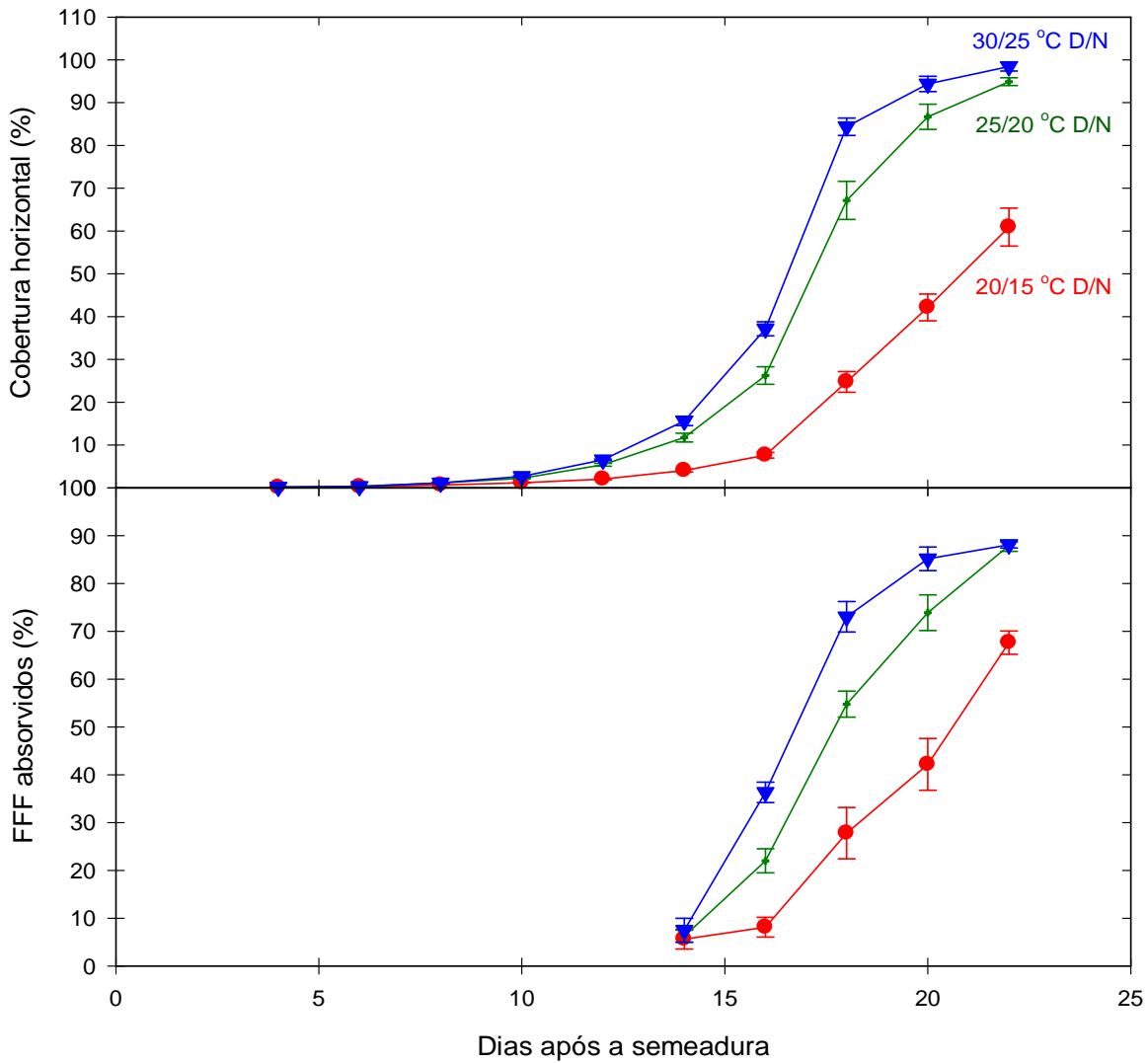
Figura 1. Vista externa, à esquerda e interna, à direita, da câmara de crescimento (external and internal view of the growth chamber). Utah, USA, USU, 2004.



185  
186  
187  
188  
189  
190  
191

Figura 2. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento sob diferentes níveis de nitrato na solução e regimes de temperatura (productivity and photosynthetic efficiency of hydroponic lettuce as a function of nitrate in solution and temperature regimen). Utah, USA, USU, 2004.

COMETTI NN; BUGBEE B. 2010. Produtividade e eficiência fotossintética da alface hidropônica em câmara de crescimento em função do nitrato na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.



192  
193 **Figura 3.** Percentagem de cobertura horizontal e de fluxo de fótons fotossintéticos absorvidos pela  
194 alface em cultivo hidropônico em câmara de crescimento sob diferentes temperaturas. (percentage  
195 of horizontal coverage and photosynthetic photon flux by lettuce grown in different temperature  
196 regimen) . Utah, USA, USU, 2004.