

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agronômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agronômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia.

Karla Galon¹; Cintia Aparecida Bremerkamp¹; Madlles Queiroz Martins¹; José Arcanjo Nunes¹; Diene Maria Bremerkamp¹; Nilton Nélio Cometti²

¹ CCAUFES – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário, s/n, 29500-000 Alegre-ES, ² IFES-Instituto Federal do Espírito Santo Campus Itapina. BR 259, km 70, 29709- 910, Colatina- ES, karla.galon@yahoo.com.br, cintia.bremerkamp@gmail.com, mqm_agroline@hotmail.com, nunesarcanjo@terra.com.br, dienemkamp@yahoo.com.br, nilton.cometti@ifes.edu.br

RESUMO

O acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais ocorre quando há desequilíbrio entre a absorção e a assimilação desse íon, principalmente quando da baixa disponibilidade luminosa. Entretanto, trabalhos publicados não têm relacionado acúmulo de nitrato com o fluxo de fótons fotossintéticos medidos durante o período de cultivo. A intensidade luminosa parece ser, dentre os fatores ambientais, o de influência mais marcante no acúmulo de nitrato em plantas. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito da redução no fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agronômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em vasos hidropônicos. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com três repetições. Foram utilizados tratamentos com quatro níveis de sombreamento: 0, 30, 50 e 80% e dois tratamentos com níveis de nitrato na solução: 5 e 10 mmol L⁻¹. Foram avaliadas várias características agronômicas além do acúmulo de nitrato. A produção de matéria seca caiu direta e linearmente com a redução da luminosidade. O nível de nitrato menor na solução também acarretou redução no rendimento de massa seca. Apesar de baixos níveis de FFF causarem acúmulo de nitrato, não houve acúmulo acima dos níveis preconizados pela União Européia neste experimento. As concentrações de NO₃⁻ observadas chegaram ao máximo a 966,28 mg kg⁻¹ de matéria fresca, com o FFF de 118 μmol m⁻² s⁻¹, alcançando até 200 mg kg⁻¹ com FFF de 455 μmol m⁻² s⁻¹ na solução com 70 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., cultivo hidropônico, fluxo de fótons fotossintéticos.

ABSTRACT

The accumulation of nitrate in plant tissue occurs when there is an imbalance between absorption and assimilation of the ion, especially under low light availability. However, papers published do not have related accumulation of nitrate with the flow of photosynthetic photons measured during the period of cultivation. Light seems to be the most important environmental variable to influence nitrate accumulation in plants. This study aims to evaluate the effect of the reduction in the photosynthetic photons flux on growth and accumulation of nitrate in lettuce grown in hydroponic pots. The trial design was entirely randomized, with three repetitions. Were used treatments with

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

37 four levels of shading: 0, 30, 50 and 80% and two treatments with levels of nitrate in solution: 5 and
38 10 mmol L⁻¹. Agrônômicas. Several agronomic characteristics and nitrate accumulation were
39 measured. The production of dry matter decreased directly and linearly with the reduction of light.
40 The lowest level in nitrate solution also cause reduction in dry mass yield. Despite low levels of
41 FFF causing accumulation of nitrate, there was no accumulation above the levels recommended by
42 the European Union in this experiment. Concentration of NO₃⁻ observed peaked 966.28 mg kg⁻¹ in
43 fresh basis, with a FFF of 118 μmol m⁻² s⁻¹, reaching up to 200 mg kg⁻¹ with FFF of 455 μmol m⁻²
44 s⁻¹ in solution with 70 mg L⁻¹ of NO₃⁻.

45 **Keywords:** *Lactuca sativa* L., hydroponics, photosynthetic photon flux.

46 A alface é a espécie mais produzida em sistema hidropônico, devido principalmente ao seu ciclo
47 curto. Sua composição não difere muito da produzida convencionalmente, quer seja por adubação
48 mineral ou orgânica, ou de produção a campo aberto ou protegido, uma vez que, os nutrientes
49 essenciais são absorvidos da mesma forma, seja ele oriundo da decomposição da matéria orgânica
50 ou da sua dissolução pela adição de fertilizantes minerais (Ohse, 2000).

51 A intensidade de luz afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, que juntamente com a
52 variável temperatura, são preponderantes para a eficiência fotossintética da planta. O uso de telas de
53 sombreamento e de cultivares adequadas às condições de temperatura e luminosidade elevadas no
54 desenvolvimento da alface pode contribuir para diminuir os efeitos extremos da radiação,
55 promovendo uma planta vigorosa e de boa qualidade (Ramos, 1995).

56 Nos cultivos protegidos em estufas, principalmente em sistemas hidropônicos, é criado um
57 ambiente estressante de redução da luminosidade e aumento da temperatura, como consequência do
58 envelhecimento da cobertura (plástico), acúmulo de sujeira, ou ainda, pelo uso de sombrites. Assim,
59 a menor luminosidade poderá influenciar de forma direta na absorção, translocação, redução e
60 assimilação do nitrato, aumentando sua concentração na planta (Novo, 2009).

61 O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre
62 características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia.

63 MATERIAL E MÉTODOS

64 O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito
65 Santo (CCA-UFES), em casa de vegetação coberta com filme plástico transparente, com tela
66 termorefletora na parte interna (Aluminet®). As sementes da alface (cultivar Vera) foram colocadas
67 em espuma fenólica com células de 2x2x2 cm, irrigadas com água até a germinação. O desbaste foi
68 efetuado aos 21 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por célula. Em seguida foi
69 realizado o transplante das mudas para vasos plásticos contendo três litros de solução nutritiva.

Anais 50º Congresso Brasileiro de Olericultura (CD ROM), julho 2010

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

70 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 níveis de sombreamento (0, 30,
71 50, 80%) em 3 repetições. O sombreamento das espécies foi realizado com tela adquirida no
72 comércio local, cobrindo todas as laterais das plantas.

73 A solução nutritiva com concentração de nutrientes em mg L^{-1} : 140 N-NO_3^- , 26,18 $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$,
74 171,47 K^+ , 128,67 Ca^{++} , 17,46 Mg^{++} , 0,5 B, 0,05 Cu, 0,5 Mn, 0,05 Mo, 0,1 Zn, 24,37 S e 2 Fe,
75 usando-se, como fonte de nutrientes: nitrato de potássio comercial, nitrato de cálcio $4\text{H}_2\text{O}$, sulfato
76 de magnésio comercial, fosfato monopotássico (MKP), cloreto de cálcio, ácido bórico PA, sulfato
77 de cobre $5\text{H}_2\text{O}$ PA, sulfato de manganês PA, molibdato de sódio anidro PA, sulfato de zinco $7\text{H}_2\text{O}$
78 PA e Fe-EDTA (13%). A solução foi calculada utilizando-se da Planilha de Cálculo de Solução
79 Nutritiva disponível na Internet (Cometti & Furlani, 2009).

80 O fluxo de fótons fotossintéticos (Tabela 1), temperatura da folha, temperatura da solução nutritiva
81 e temperatura do ar (Tabela 2) foram medidos com intervalo de 2 dias a partir do transplante das
82 mudas para os vasos. Aos 47 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas e separadas em raiz
83 e parte aérea, determinando-se: massa fresca da raiz e folha, massa seca da raiz e da folha, número
84 de folhas, altura das plantas, diâmetro das plantas, comprimento do caule, comprimento da raiz e
85 área foliar das plantas. Para determinação da área foliar foram coletadas três folhas de cada planta,
86 sendo uma do terço superior, uma do médio e outra do terço inferior da planta. O teor de nitrato na
87 matéria seca foi determinado após extração com água, pelo método de Cataldo et al. (1975). Os
88 dados foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão. Como variável
89 independente, foi utilizado o fluxo de fótons fotossintéticos (FFF) medido durante o experimento.

90 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

91 A produção de matéria seca e fresca da parte aérea e da raiz (MSPA, MFPA, MFR e MSR)
92 aumentou com o fluxo de fótons fotossintéticos. A MFPA variou de 30,5 com FFF de $118 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
93 e 70 mg de NO_3^- na solução, até o valor máximo de 170,6 g com $455 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 140 mg de
94 NO_3^- na solução (Figura 1). A variável MSPA mostra a função linear da produção de fitomassa em
95 relação ao FFF. A maioria das estufas utilizadas para o cultivo hidropônico apresenta incidência de
96 radiação solar inferior aos valores observados neste experimento, uma vez que plásticos com grande
97 tempo de uso, o acúmulo de sujeira e a utilização de telas de sombreamento acabam diminuindo a
98 incidência de radiação solar no interior das estufas. O produtor muitas vezes não percebe a perda de
99 produtividade, pois o supersombreamento se reverte em aumento do ciclo ontogenético da planta,
100 cuja perda só pode ser medida por métodos científicos, já que o ciclo é variável ao longo do ano em
101 função do comprimento dos dias. Resultados semelhantes para a parte aérea foram observados por
102 Byrne et al. (2002) e Novo et al. (2008) em experimento com sombreamentos em ambientes

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

103 protegidos. A apresentação quadrática para a curva de massa fresca da parte aérea pode ser
104 justificada pela maior perda de água nas plantas com maior fluxo de fótons fotossintéticos causada
105 pela abertura estomatal mais cedo dessas plantas, em relação às plantas sombreadas. Isso pode ser
106 comprovado pela Tabela 1, cujas temperaturas de folha foram maiores nas plantas sombreadas a
107 80%, mostrando que com maior luminosidade houve maior perda de água, e conseqüentemente
108 redução na temperatura da superfície da folha. Por outro lado, a produção crescente e linear da
109 fitomassa seca demonstra que a acepção de fótons não estava saturada quando não foi utilizado
110 qualquer sombreamento adicional, além do próprio plástico da estufa e da tela termorefletora,
111 mesmo para uma planta C3 como a alface. Isso mostra a importância da troca do filme plástico da
112 estufa e utilização de tela com pouco sombreamento, evitando assim perda na produtividade da
113 cultura.

114 Os teores de nitrato na parte aérea foram decrescentes com o aumento do FFF, porém estabilizando-
115 se com os dois maiores níveis de FFF (243 e 455 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) com a concentração de N-NO_3^- de
116 140 mg L^{-1} na solução nutritiva (Figura 1). A concentração máxima de NO_3^- observada foi 966,28
117 mg kg^{-1} de matéria fresca, com o FFF de 118 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valor inferior aos estabelecidos pela
118 União Européia, de limites máximos tolerados de 3.500 a 4.500 $\text{mg de N-NO}_3^- \text{Kg}^{-1}$ de massa fresca
119 para cultivo de inverno e 2.500 $\text{mg de N-NO}_3^- \text{Kg}^{-1}$ de massa fresca para cultivos de verão (Europa,
120 2009). Esse valor foi cerca de 50% do valor observado por Fernandes et al. (2002) e próximo aos
121 observados por Ohse et al. (2009) para a cultivar Vera, em hidroponia com cultivo sem
122 sombreamento. Isso mostra que em ambiente tropical, sob altos valores de FFF ou em ambiente
123 protegido com pouco sombreamento, não há acúmulo de nitrato em níveis de risco para a saúde
124 humana. Entretanto, Miyazawa *et al.* (2001) relataram que 50% das amostras de alface hidropônica
125 comercializada em Curitiba, PR continham a faixa de 6.000 a 9.000 mg kg^{-1} de nitrato em base de
126 massa seca. Nessa faixa de valores, simulando-se pelos modelos da Figura 1, encontramos que esses
127 valores de nitrato na massa fresca ficariam abaixo de 700 mg kg^{-1} em base de massa fresca.
128 Portanto, para fins de consumo, sugere-se que seja analisado nitrato no tecido com base na massa
129 fresca, evitando incorreções de interpretação, já que o nitrato funciona com *osmoticum* e
130 proporcionaria acúmulo de água no tecido vegetal (Cometti, 2003). Nas raízes, o acúmulo de nitrato
131 seguiu um modelo exponencial, mostrando que há um valor fixo independente da luminosidade,
132 próximo a 800 mg kg^{-1} de nitrato na massa fresca.

133 A área foliar da planta cresceu linearmente em função do aumento do FFF, conforme Figura 1,
134 justificada pela maior produção de fotossintatos com uma maior incidência de radiação solar e uma

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

135 maior produção de massa seca, como pode ser observado na Figura 1, mostrando-se um ótimo
136 índice para avaliação do efeito do FFF sobre o crescimento.

137 Concluindo, a redução da luminosidade acarretou aumento no acúmulo de nitrato, porém mesmo
138 em baixos níveis de luminosidade, $118 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, não houve acúmulo de nitrato acima dos
139 parâmetros estabelecidos pela União Européia como seguros para a alimentação humana.

140 REFERÊNCIAS

141 BYRNE C; MAHER M.J.; HENNERTY M.J.; MAHON M.J.; WALSH P.A. 2002. *Reducing the*
142 *nitrate content of protected lettuce*. Irish Agriculture and Food Development Authority. University
143 College, Dublin, 19 p.

144 CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric
145 determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science*
146 *and Plant Analysis*, v.6, p.71-80, 1975.

147 COMETTI, N. N., FURLANI, P. R. 2009. Hidroponia e Segurança Alimentar In: FERREIRA, A.;
148 LIMA, A.B.P.; MATTA, F. de P.; AMARAL, J.A.T. do; LOPES, J.C.; PEZZOPANE, J.E.M.;
149 FERREIRA, M.F. da S.; POLANCZYK, R.A.; SOARES, T.C.B. *Tópicos Especiais em Produção*
150 *Vegetal I.1* ed.Alegre, ES : Centro de Ciências Agrárias. , p. 517-528.

151 COMETTI, N. N. Nitrato na alface hidropônica: como avaliar? Em base de massa fresca ou base de
152 massa seca? In: 43 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003, Recife, PB. 43 Congresso Brasileiro
153 de Olericultura. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003.

154 EUROPEAN UNION SCIENTIFIC FOR FOOD. Opinion on nitrate and nitrite (expressed on 22
155 September 1995). Disponível em <ec.europa.eu>. Acesso em 09 dez. 09.

156 FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade,
157 acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes
158 de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, jun. 2002.

159 MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A. & ODENATH-PENHA, L.A. Teor de nitrato nas folhas
160 de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. *Agroecologia Hoje*. Ano II,
161 N. 7, Fev./Mar. 2001, p. 23.

162 NOVO, A.A. C.; MEDEIROS, J.F.; SOUZA, C.H.E. de; PEREIRA, P.R.G.; MARTINEZ, H.E.P.;
163 FONTES, P.C.R.; COMETTI, N.N. Influência do sombreamento sobre o crescimento e teores de
164 nitrato em hortaliças folhosas em hidroponia. Disponível em <www.univen.edu.br/revista/n013>.
165 Acesso em 09 dez. 09.

166 OHSE, S. Qualidade nutricional e acúmulo de nitrato em alface hidropônica. 2000. In: *Hidroponia*
167 *da alface*. SANTOS, O. (editor). Impr. Univ. UFSM: Santa Maria, RS. p. 10-24.

Anais 50º Congresso Brasileiro de Olericultura (CD ROM), julho 2010

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.

168 OHSE, S.; RAMOS, D. M. R.; CARVALHO, S. M. de; FETT, R.; OLIVEIRA, J.L.B. Composição
169 centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico.
170 *Bragantia*, Campinas, v.68, n.2, p.407-414, 2009.

171 RAMOS, J. E. L. *Sombreamento e tipos de recipientes na formação de mudas e produção em*
172 *alface*. 53f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura de Mossoró,
173 Mossoró, 1995.

174

175 **Tabela 1.** Valores médios de temperatura de folha e temperatura da solução nutritiva para cada
176 sombreamento durante o dia (Temperature of leaves and nutrient solution under shading treatments)
177 Alegre, UFES, 2009.

		SOMBREAMENTO %			
[NO ₃ ⁻]	HORA	0	30	50	80
Temperatura da folha (°C)					
140	09:00	26,8	27,0	27,9	27,7
140	12:00	27,5	27,7	27,5	29,5
140	15:00	26,4	26,9	27,3	28,5
Temperatura da solução nutritiva (°C)					
140	09:00	29,8	24,6	25,0	24,3
140	12:00	29,0	27,3	27,6	26,9
140	15:00	30,0	27,7	28,5	27,2

[N1] Comentário: Faltam as temperaturas para os tratamentos de 70 mg/L

178

179 **Tabela 2.** Valores médios de fluxo de fótons fotossintéticos em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (photosynthetic
180 photon flux under shading treatments). Alegre, UFES, 2009.

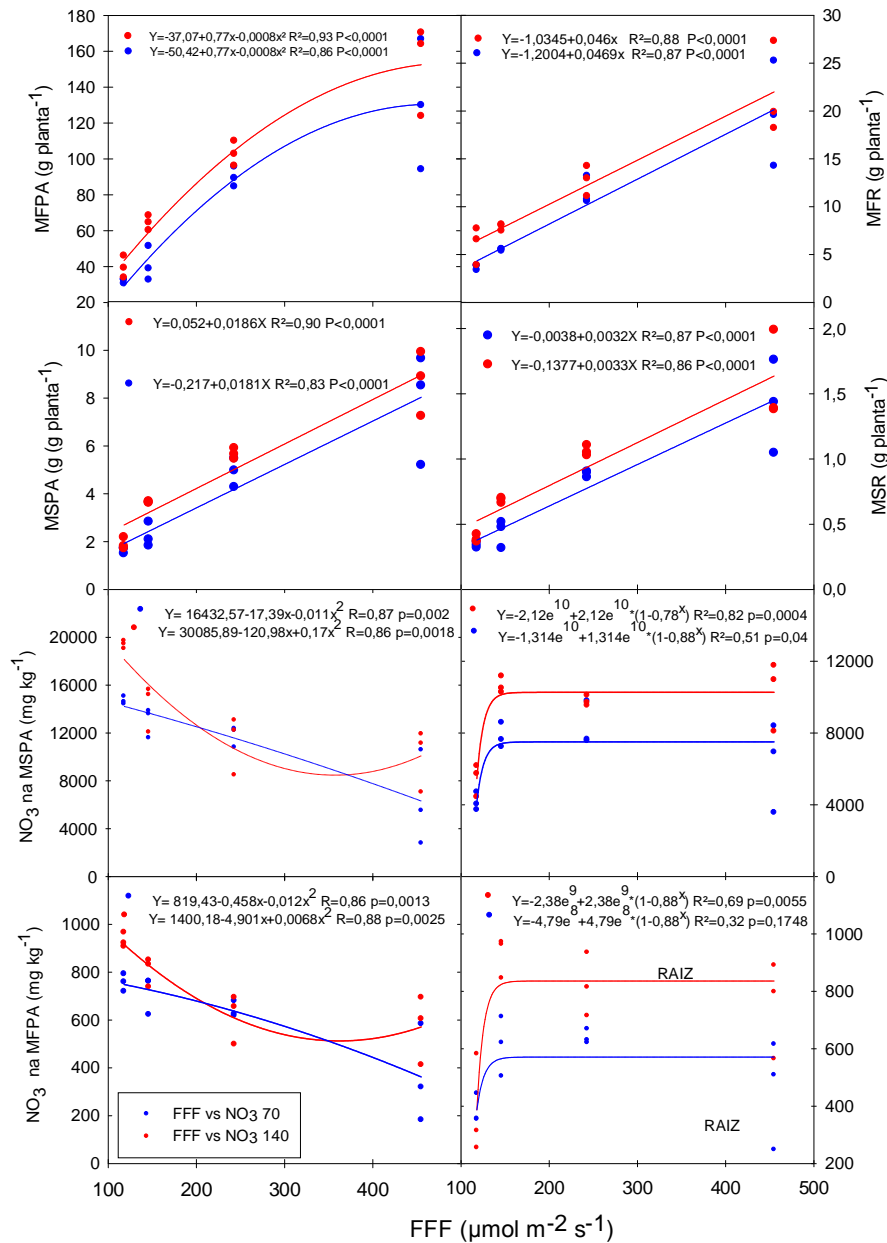
		SOMBREAMENTO %			
HORA	0	30	50	80	
----- $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -----					
09:00	621	322	190	153	
12:00	529	285	175	146	
15:00	173	102	59	80	
Média*	455	243	146	118	

181 * Valores utilizados como variável independente nas regressões (mean used as a independent variable for regressions).

182

183

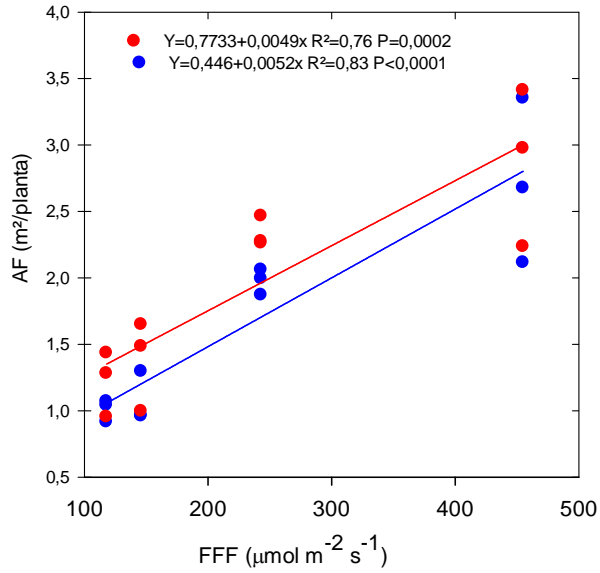
GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.



184

185 **Figura 1.** Matéria fresca e seca e teores de nitrato da parte aérea e da raiz da alface em cultivo
 186 hidropônico em diferentes níveis de fluxo de fótons fotossintéticos e dois níveis de N-NO_3^- na
 187 solução nutritiva (fresh and dry matter, and nitrate content of shoot and root of hydroponics lettuce
 188 under shading and nitrate treatments). Alegre, UFES, 2009.

GALON, K.; BREMENKAMP, CA; MARTINS, MQ; NUNES, JA; BREMENKAMP, DM; COMETTI, NN. 2010. Influência do fluxo de fótons fotossintéticos sobre características agrônômicas e acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivadas em hidroponia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. Anais... Guarapari: ABH.



189
190
191
192
193
194

Figura 2. Área foliar da alface em cultivo hidropônico em diferentes níveis de fluxo de fótons fotossintéticos e dois níveis de $N-NO_3^{-1}$ na solução nutritiva (Leaf area of lettuce grown in hydroponics under shading and nitrate treatments). Alegre, UFES, 2009.