

FORNECIMENTO DE RADIAÇÃO ARTIFICIAL COMPLEMENTAR E SEUS EFEITOS NO CULTIVO SEM SOLO DO MORANGUEIRO

SUPPLY OF ADDITIONAL ARTIFICIAL RADIATION AND ITS EFFECTS ON GROWING OF SOILLESS STRAWBERRY

¹Jeferson Toninosé Tobias, ²José Tobias Marks Machado, ³Bruna Rohrig, ⁴Lisiane Sobucki, ⁵Adrik Francis Richter, ⁶Débora Betemps, ⁷Evandro Pedro Schneider

RESUMO - A radiação solar incidente apresenta-se de forma bastante variável no decorrer do dia e constitui-se em uma parábola na qual o pico de radiação solar é obtido próximo ao meio-dia. No entanto, na aurora e no ocaso a intensidade luminosa que incide sobre as plantas é consideravelmente baixa, diminuindo a taxa fotossintética. Além deste fator, os meses que permeiam o período de inverno possuem fotoperíodo reduzido em função da posição da Terra em relação ao Sol. A partir destas condições, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento vegetativo e produtivo do morangueiro cultivar "Camarosa" cultivado sem solo sob diferentes intensidades de radiação artificial complementar. Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições por tratamento, de forma que estes serão constituídos de diferentes intensidades luminosas (100, 200, 300 e 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), as quais serão fornecidas durante a manhã entre 06:00 e 09:00 h e a tarde entre 16:00 e 18:00 h, totalizando 5 horas diárias. Os dados avaliados foram os seguintes: clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, massa seca da parte aérea, produção por planta, número de frutas por planta e características químicas das frutas. Os dados avaliados foram submetidos a análise de variância e posteriormente efetuou-se curvas de regressão para cada fator. Nas condições estudadas neste trabalho, maiores níveis de intensidade luminosa proporcionam maior teor de pigmentos fotossintéticos, número de folíolos e produção por planta.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Fotossinteticamente Ativa; *Fragaria x Ananassa*; Fotoperíodo.

ABSTRACT - *The incident solar radiation is quite variable throughout the day and constitutes a parabola in which the peak of solar radiation is obtained near noon. However, at dawn and at sunset the luminous intensity that affects the plants is considerably low, reducing the photosynthetic rate. Besides this factor, the months that permeate the winter period have reduced photoperiod as a function of the position of the Earth in relation to the Sun. From these conditions. the aim of this study was to evaluate the vegetative and productive growth of strawberry cultivar*

Revista da 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa. ISSN 1982-2960 2526-4397.

Submetido: 21/08/2017 Avaliado: 27/09/2017.

Urcamp Bagé - RS, vol. 14, n.14, 2017.

"Camarosa" grown without soil under different intensities supplementary artificial radiation. We used a completely randomized design with five treatments and 6 replicates per treatment, so these are made of different luminous intensities (100, 200, 300 and 400 micromol m⁻² s⁻¹), which will be supplied during the morning between 06:00 and 09:00 h and the afternoon between 16:00 and 18:00, totaling 5 hours a day. The evaluated data were: chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, shoot dry weight, yield per plant, number of fruits per plant and chemical characteristics of fruits. The evaluated data were submitted to analysis of variance and then we performed regression curves for each factor. Under the conditions studied in this work, the higher luminous intensity levels provide higher content of photosynthetic pigments, number of leaflets and yield per plant.

KeyWords: *Photosynthetic Active Radiation. Fragaria X ananassa. Photoperiod.*

INTRODUÇÃO

Grande parte de toda produção nacional de morango é cultivada em sistema convencional no solo (SANTOS e MEDEIROS, 2003), no entanto, a área produzida com o cultivo sem solo aumenta cada vez mais, principalmente em função de que possibilita o cultivo fora de época, ou seja, permite disponibilizar fruto no mercado durante todo o ano utilizando cultivares de dia neutro. Dessa forma, a muda pode ser utilizada por até 3 anos, não necessitando nova implantação da área.

Dentre os fatores que influenciam na produtividade de uma cultura destacam-se os fatores ambientais, que provocam alterações bioquímicas importantes nas plantas, como indução floral ou respostas produtivas (KIRSCHBAUM, 1998). Dentre os fatores que condicionam estas respostas sobressai-se a intensidade da radiação, principalmente em ambientes com alta tecnologia inserida, como é o caso de cultivos protegidos sem solo.

A radiação solar incidente apresenta-se de forma bastante variável no decorrer do dia e constitui-se em uma parábola na qual o pico de radiação solar é obtido próximo ao meio-dia. No entanto, conforme trabalho realizado por Sá e Reghin (2007), em dias com baixa intensidade luminosa (dias nublados, por exemplo) os valores podem não chegar à 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que é considerado um valor baixo. Nos dados coletados da estação local em um dia com baixa intensidade luminosa verificou-se, próximo ao meio-dia, valores em torno de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Dados coletados da estação meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul *Campus* Cerro Largo evidenciam que em dias com alta radiação solar

são necessárias pelo menos 3 horas a partir do início do dia para que a radiação interceptada pela superfície terrestre chegue à $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ademais, pelo menos 2 horas antes do final do dia os valores novamente encontram-se abaixo de $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Portanto, a cada dia as plantas ficam expostas por pelo menos 5 horas à baixos níveis de radiação solar e a tese defendida neste trabalho é de que o fornecimento de radiação complementar nestes momentos pode melhorar significativamente aspectos relacionados à produção da cultura.

Objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo e as características produtivas do morangueiro cultivar "Camarosa" cultivado sem solo sob diferentes intensidades de radiação artificial complementar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com morangueiro (*Fragaria x ananassa*) na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, localizada em Cerro Largo. O município encontra-se a 230 metros acima do nível do mar e possui clima Cfa, segundo classificação de Köppen.

As plantas foram cultivadas em semi-hidroponia com sistema de aberto de irrigação. Foram utilizados "slabs" dispostos longitudinalmente sobre bancada protegida por túnel baixo com polietileno transparente ($150 \mu\text{m}$). Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento. O plantio foi realizado no dia 02 de junho de 2015 com mudas vernalizadas importadas do Chile. A nutrição da cultura ocorreu por meio de fertirrigações utilizando como referência a solução nutritiva empregada por Schmitt (2013).

Utilizou-se a cultivar Camarosa em Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e 6 repetições. Cada repetição foi constituída por uma planta, totalizando 30 unidades experimentais. As mudas foram plantadas com 30 cm de espaçamento entre linhas e entre plantas. Os tratamentos constituíram-se de diferentes intensidades luminosas: 0, 100, 200, 300 e $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, as quais foram fornecidas utilizando lâmpadas de 13, 20, 32 e 45 W, respectivamente. O complemento era realizado em momentos com baixa intensidade luminosa proveniente da radiação solar no período que compreende entre 06:00 a 09:00 h e 16:00 a 18:00 h, totalizando 5 horas diárias. As plantas ficaram expostas a um

fotoperíodo de 12 horas em função de sua característica genética de planta de "dia curto", com exceção do tratamento testemunha que não recebeu complemento.

Para operacionalização das lâmpadas instalou-se um temporizador na fonte de energia elétrica. Para todos tratamentos foram utilizadas lâmpadas fluorescente de cor branca da marca Taschibra, de forma que as alturas destas em relação às plantas foram determinadas com a utilização de um luxímetro (Sunche® - Light meter HS1010) posicionado na altura central do dossel. Semanalmente foi realizada aferição e adequação da altura das lâmpadas.

As avaliações foram realizadas a partir do período de estabelecimento das plantas (emissão da primeira folha *trifoliolada*) e se estenderam até a primeira quinzena de dezembro. Os dados avaliados foram os seguintes: clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, massa seca da parte aérea, produção por planta, número de frutas por planta, massa média de frutas e Sólidos Solúveis (SS), Acidez Titulável (AT) e relação SS/AT das frutas.

Os dados referentes a clorofila *a*, *b* e total foram obtidos através do método proposto por Telles et al. (1977) e Arnon (1949). Estes dados foram obtidos a partir da utilização da segunda folha trifoliolada desenvolvida no momento da avaliação (ANDRIOLO et al., 2014). Analisou-se também a massa seca da parte aérea das plantas, as quais foram coletadas e secas em estufa (60 °C) até peso constante.

Quanto às características produtivas, avaliou-se a produção desde o início da produção até o mês de dezembro. A massa produzida por planta foi mensurada em balança digital enquanto o número foi determinado por contagem direta. O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando refratômetro digital de bancada Instrutherm RTD-95. Utilizou-se o suco puro dos pseudofrutos, sendo a leitura expressa em °Brix. A acidez titulável foi determinada por titulação de 10 ml de suco e 100 ml de água destilada até pH 8,1 utilizando solução de NaOH 0,1 N, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico. Os dados avaliados foram submetidos a análise de variância e curvas de regressão com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas avaliações referentes aos pigmentos fotossintéticos possibilitaram a observação de resultados importantes do ponto de vista da resposta da cv.

Camarosa submetida à radiação complementar. Os dados referentes à quantificação da clorofila *a* (Clor. *a*), clorofila *b* (Clor. *b*) e clorofila total (clor. total) nos tecidos foliares resultaram em efeitos lineares em relação aos níveis de radiação luminosa.

Na primeira avaliação (Figura 1a) observou-se que clor. *a*, clor. *b* e clor. total aumentaram suas concentrações quando em níveis crescentes de radiação artificial complementar. As retas se ajustaram com $R^2 = 0,82, 0,74$ e $0,83$, respectivamente, e ambas com 1% de probabilidade de erro, sendo que o *F* calculado foi 13,36, 6,79 e 14,36, respectivamente.

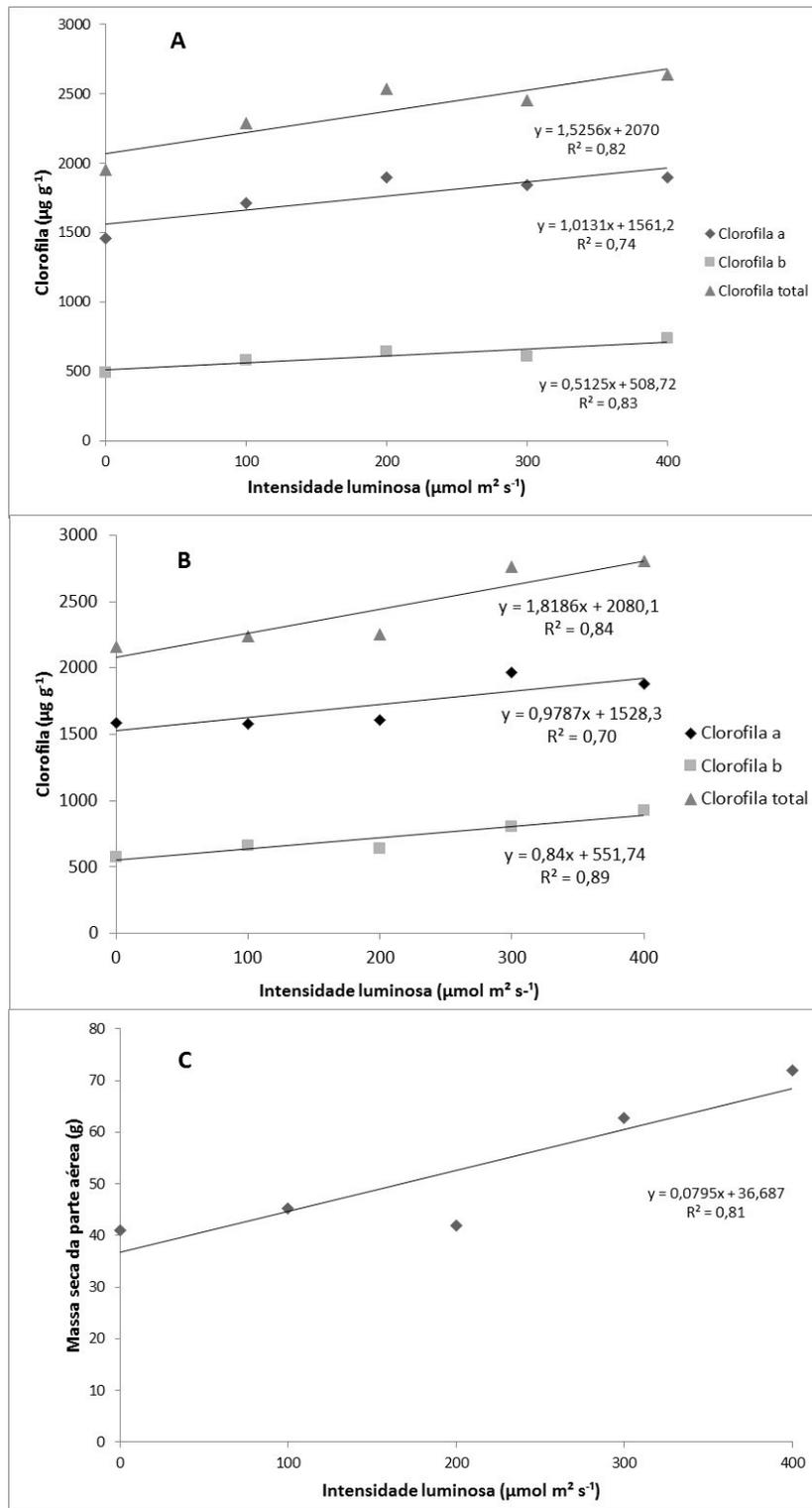


Figura 1 - Valores médios de concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total na primeira (1a) e segunda (1b) avaliação e massa seca da parte aérea (1c). Local: Cerro Largo/RS.

A segunda avaliação (Figura 1b), por sua vez, evidenciou uma inclinação mais acentuada para clor. a, sugerindo maior acúmulo deste pigmento em situações com maior intensidade luminosa, mesmo considerando a evolução natural do teor de

clorofila na folha, de forma que em todas as condições, o tratamento que não recebeu radiação complementar obteve menor quantidade de clorofila *a*, clorofila *b* e total ($R^2 = 0,84, 0,70$ e $0,89$, respectivamente). Estes três fatores evidenciaram *F* calculado de 14,27, 5,14 e 15,33, respectivamente, com 1% de probabilidade de erro. Observou-se 23% a mais de Clor. *a* no tratamento com maior intensidade luminosa quando comparado à testemunha.

Os resultados observados são coerentes do ponto de vista fisiológico, uma vez que o teor de clor. *a* é o pigmento responsável por realizar o primeiro estágio do processo fotossintético, enquanto a clor. *b* atua principalmente na absorção de radiação e na transferência da energia radiante para a clorofila *a* (TAIZ & ZEIGER, 2005). A adaptação das plantas a uma determinada condição de irradiância está associada à quantidade de clorofilas, já que a radiação é considerada como um dos principais fatores associados ao metabolismo clorofiliano (LIMA JÚNIOR et al., 2005). Desta forma, quantidades maiores de radiação fotossinteticamente ativa tendem a proporcionar maiores concentrações destes pigmentos, cada qual com sua função, como destacado anteriormente.

Essa relação ocorre até o ponto em que a radiação passa a ser prejudicial para a clorofila, uma vez que intensidades luminosas muito elevadas tendem a estimular o processo oxidativo, que se dá através da excitação prolongada da clorofila *a*, por exemplo, que nesse caso pode reagir com o O_2 e formar radicais livres, o qual é destrutivo para os pigmentos (KRAMER e KOZLOWSKI, 1979; TAIZ & ZEIGER, 2005). Experimentos comparando os teores destes pigmentos têm sido amplamente relatados na literatura para diversas culturas (LIMA JÚNIOR et al., 2005; REGO & POSSAMAI, 2006; ALVARENGA et al., 2003), de forma que geralmente plantas expostas a pleno sol possuem menor teor de clorofila total do que aquelas cultivadas com telas de sombreamento (menor intensidade luminosa), em função do processo oxidativo, ou seja, nestes casos maiores intensidades refletem em menor teor de clorofila.

No entanto, este trabalho evidenciou o contrário: maior intensidade proporcionou maior teor de pigmentos fotossintéticos e isso se deve ao fato de que as intensidades aqui avaliadas não chegam ao ponto capaz de fotooxidar as moléculas de clorofila, o qual, para o morangueiro, situa-se entre 1000 e 1400 μmol

$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$, conforme Vignolo (2015). Chabot (1977) ao trabalhar com *Fragaria vesca* também observou maior taxa fotossintética e concentração de pigmentos fotossintéticos com o aumento progressivo da intensidade luminosa fornecida.

A massa seca da parte aérea das plantas (Figura 1c) também apresenta uma evolução linear ($R^2 = 0,81$), na qual o incremento de intensidade luminosa refletiu em aumento de massa seca observada em cada tratamento. No tratamento com a maior intensidade luminosa fornecida, houve um incremento de 57 % na massa seca em relação ao tratamento testemunha, o qual obteve o menor valor. O F calculado encontrado foi de 8,22 com 1 % de probabilidade de erro.

Esta situação pode ser explicada levando em consideração o fato de que maiores intensidades luminosas tendem a proporcionar maior capacidade fotossintética e, com isso, maior acúmulo de biomassa, visto que este parâmetro é estritamente quantitativo. Nesse sentido, os dados referentes à massa seca de plantas acompanham a variável que corresponde aos pigmentos fotossintéticos, de forma que tratamentos com maiores concentrações destes também apresentam maior massa seca. Dados em que estas variáveis também evoluem de forma similar são encontrados por Zanella et al. (2006), no qual os autores, ao trabalhar com níveis de sombreamento, observaram redução em ambas variáveis, uma vez que trabalharam com altas intensidades luminosas, o que ocasionou a fotoxidação das moléculas de clorofila pela alta intensidade.

Os dados referentes à massa de frutas produzidas por plantas são apresentados na Figura 2a. O tratamento que recebeu maior intensidade luminosa produziu a maior massa de frutas por planta (553,84 g) e estes valores diminuem à medida que é fornecida intensidade luminosa menor, de forma que o tratamento testemunha produziu apenas 265,76 g planta⁻¹. Os dados se ajustam a uma função linear com $R^2 = 0,89$, F calculado = 7,15 e possui 1 % de probabilidade de erro.

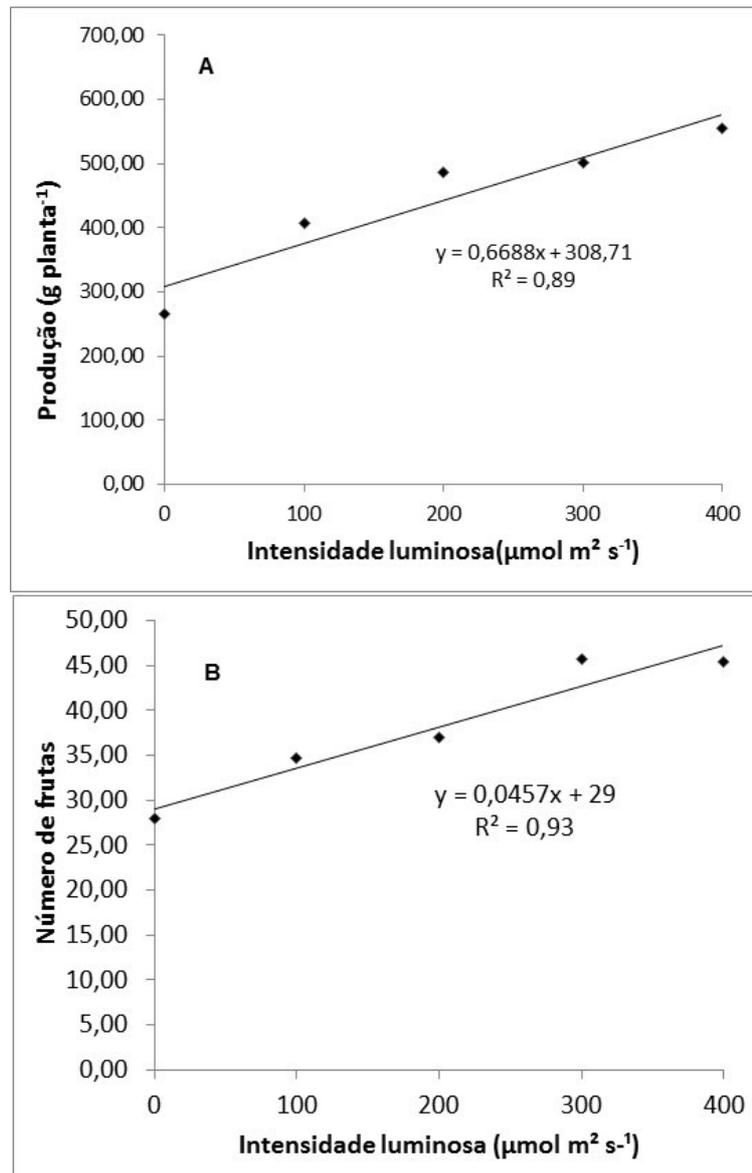


Figura 2 - Produção por planta (2a) e número de frutas por planta (2b) de morangueiro cultivado sob diferentes intensidades luminosas. Local: Cerro Largo/RS.

A mesma tendência foi observada quanto ao número de frutas por planta (Figura 2b), onde maiores intensidades luminosas proporcionaram maior quantidade de frutas ($R^2 = 0,93$; F calculado = 7,83 e 1% de probabilidade de erro.). Esta relação pode ser explicada em função principalmente dos aspectos relacionados à quantidade de clorofila, que é reflexo de maiores taxas fotossintéticas, como já evidenciado anteriormente. Valores referentes à massa média das frutas não foram significativos e tiveram médias variando entre 9,43 para testemunha e 12,99 para o tratamento com $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

De forma geral, é possível afirmar que o aumento de intensidade luminosa em plantas de morangueiro tem efeito significativo sobre aspectos morfológicos e fisiológicos, como também já relatado na literatura (KIRSCHBAUM, 1998; CEULEMANS et al., 1986), embora em condições diferenciadas. Estes autores ainda afirmam que os efeitos destas variações podem refletir diretamente nas características produtivas das plantas de morangueiro, como encontrado no presente estudo.

Kirschbaum (1998) avaliou o uso de diferentes intensidades luminosas na Flórida e observou uma precocidade na indução floral, no entanto, não se propôs a analisar as características produtivas, que neste trabalho revelou aspectos interessantes, uma vez que maiores produções foram obtidas com maiores intensidades fornecidas. Os dados de produção são importantes, pois é resultado de fatores avaliados neste trabalho, como teor de clorofila.

Nas variáveis referentes às análises químicas, os dados de sólidos solúveis não foram significativos, no entanto acidez titulável e a relação entre estas duas variáveis evidenciaram situações interessantes. Enquanto AT aumenta progressivamente ($R^2 = 0,82$) com maiores intensidades de radiação artificial, a relação SS/AT ($R^2 = 0,95$) evidencia o contrário (Figura 3a e 3b, respectivamente). AT evidenciou F calculado de 7,79 com 1% de probabilidade de erro e a relação SS/AT teve F calculado de 2,92 com 5% de probabilidade de erro.

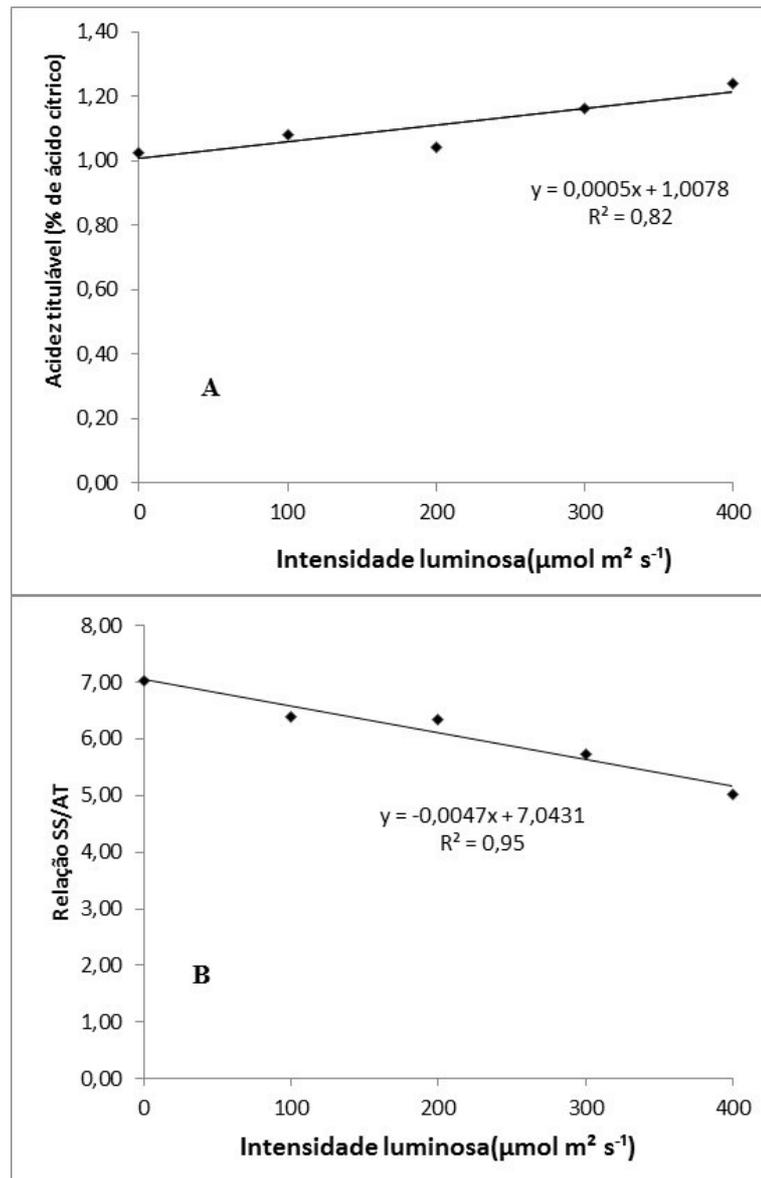


Figura 3 - Médias relacionadas a Acidez Titulável (3a) e Relação entre Sólidos Solúveis e Acidez Titulável (3b) de frutas de morangueiro. Local: Cerro Largo/RS.

Dessa forma observa-se tendência à produção de frutas mais ácidas e com menor relação SS/AT em detrimento do incremento de produção por planta, ou seja, frutas com qualidade inferior para consumo in natura, mas talvez mais adaptadas à indústria. Todavia, esta relação SS/AT citada apresenta queda de 28,5% entre o tratamento testemunha e com $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, tratamento com maior e menor valor de SS/AT, respectivamente, enquanto aumentou em média 52% a produtividade entre estes mesmos tratamentos. Neste sentido, o aumento produtivo evidenciado possuiu grande importância do ponto de vista da rentabilidade da cultura, no entanto é necessário considerar os aspectos relacionados à qualidade das frutas.

CONCLUSÃO

O uso de diferentes níveis de intensidade luminosa proporciona diferenças significativas em aspectos morfológicos, fisiológicos e produtivos da cultura do morangueiro cv. Camarosa. Nas condições estudadas neste trabalho, maiores níveis de intensidade luminosa proporcionaram incremento de clorofila, maior produção de massa seca da parte aérea, maior número e massa de frutas, com aumento da acidez média das frutas resultando em redução na relação SS/AT das frutas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA AA et al. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* baill. in southeastern brazil. **Revista Árvore**, 27: 53-57. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622003000100007&lng=en&tling=en> DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000100007>>.

ANDRIOLO JL et al. Nitrogen accumulation and monitoring by strawberry stock plants for runner tips production. **Horticultura Brasileira**, 32(3): 273-279. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362014000300273&lng=en&tling=en DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000300006>>.

ARNON DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. 24: 1-15. 1949. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.24.1.1>> DOI: <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.24.1.1>>

CEULEMANS R et al. Effects of supplemental irradiation with HID lamps, and NFT gutter size on gas exchange, plant morphology and yield of strawberry plants. **Scientia Horticulture**. 28: 71-83. 1986. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304423886901263>>. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(86\)90126-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(86)90126-3)

CHABOT B. Environmental influences on photosynthesis and growth in *Fragaria vesca*, **New Phytologist**, 80: 87-98. 1978 Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1978.tb02267.x/full>> DOI: <10.1111/j.1469-8137.1978.tb02267.x>

HENZ GP. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**. 28: 260-265. 2010 Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000300003>>
<<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000300003>.

DOI:

KIRSCHBAUM DS. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Dissertação** (Mestrado em Ciência). University of Florida. 167p. 1998.

KRAMER PJ & KOZLOWSKI TT. **Physiology of wood plants**. New York: Academic Press, 811p. 1979.

LIMA JÚNIOR EC et al. Trocas gasosas características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**. 35: 1092-1097. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000500016&lng=pt&tlng=pt DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000500016>>.

REGO GM & POSSAMAI E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**. 53: 179-194. 2006. <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/210/160>>. DOI <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/210/160>>.

SÁ GD & REGHIN MY. Desempenho de duas cultivares de chicória em três ambientes de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**. 32: 378-384. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200005>>. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200005>>.

SANTOS AM & MEDEIROS ARM. Morango: produção. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2003.

SCHMITT OJ. Concentração da solução nutritiva em sistema fechado com substrato na produção de pontas de estolões de morangueiro e maços de salsa e cebolinha. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Santa Maria: UFSM, 81p. 2013.

TAIZ L & ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. ed. 5. Porto Alegre: Artmed, 918p.2005.

TELLES FFF et al. A simple technique for industrial analysis of total chlorophyll. **Revista Ceres**. 24: 338-340. 1977. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/biblioteca>

VIGNOLO GK. 2015. Produção e qualidade de morangos durante dois ciclos consecutivos em função da data de poda, tipo de filme do túnel baixo e cor do mulching plástico. Tese (Doutorado em Agronomia). Pelotas: UFPel, 124p.

ZANELLA F et al. Formação de mudas de maracujazeiro "amarelo" sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO, **Ciência e Agrotecnologia**. 30(5): 880-884. 2006.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000500009>>. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000500009>.