

## TEOR DE CLOROFILAS EM FOLHAS DE MORANGUEIROS TRATADOS COM RADIAÇÃO UV-C DURANTE O CULTIVO

**ISADORA RUBIN DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; GISELI RODRIGUES CRIZEL<sup>1</sup>; TAISA BANDEIRA LEITE<sup>2</sup>; RUFINO FERNANDES FLORES CANTILLANO<sup>3</sup>; CESAR VALMOR ROMBALDI<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Aluna do PPGCTA–UFPEL – [isarubin@gmail.com](mailto:isarubin@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduanda do Tecnólogo em Agroindústria - UFPEL - [taysa\\_2006@hotmail.com](mailto:taysa_2006@hotmail.com)

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Clima Temperado – Pelotas, RS - [fcantill@cpact.embrapa.br](mailto:fcantill@cpact.embrapa.br)

<sup>4</sup> Professor DCTA- FAEM – UFPEL, Campus Capão do Leão- [cesarvrf@ufpel.edu.br](mailto:cesarvrf@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O morango é uma das espécies mais apreciadas nacionalmente e mundialmente, razão pela qual possui grande expressão econômica no mercado de pequenos frutos. Novas tecnologias com o objetivo de melhorar o cultivo e a produtividade do morangueiro bem como a qualidade nutricional, funcional e microbiológica dos frutos têm sido testados (OSHITA, 2012).

Neste contexto, têm se estudado o uso de estresses abióticos como a aplicação da radiação UV-C para promover a desinfecção superficial das plantas e frutos, bem como estimular o potencial funcional de morangos. É sabido que morangos tratados com radiação UV-C na pós-colheita apresentam elevados teores de compostos antioxidantes como pigmentos, vitamina C e compostos fenólicos que elevam a qualidade funcional dos frutos (RAMAKARISHNA; RAVISHANKAR, 2011). No entanto são poucos os estudos com a aplicação da radiação UV-C durante o cultivo do morangueiro, incluindo as etapas de polinização e frutificação. Diante disso, aspectos relacionados à fotossíntese das plantas durante estas etapas devem ser monitoradas, uma vez que a eficiência fotossintética é um fator determinante na produtividade dos morangueiros. Uma das formas de monitorar parâmetros da fotossíntese é quantificar o teor de clorofilas totais, clorofilas a e b presentes nas folhas das plantas.

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas, responsáveis pela captação de luz. Elas estão presentes nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais fotossintéticos. Outros pigmentos como os carotenoides estão sempre juntos às clorofilas, também com a função de captar luz e proteger as clorofilas da fotoxidação (VON ELBE, 2000). A clorofila a está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese com liberação de oxigênio. É o pigmento utilizado para realizar o primeiro estágio da conversão de energia luminosa em energia química, enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios, como é o caso das clorofilas b e carotenóides (TAIZ & ZIEGER, 2004).

A quantidade e a integridade dos pigmentos fotossintéticos podem variar de acordo com a espécie, luminosidade, radiação, calor, oxigênio, alterações enzimáticas e interação com outros pigmentos. A aplicação de radiação UV-C desencadeia a produção de espécies reativas de oxigênio (EROS). Estas espécies em quantidades elevadas na célula podem culminar com a oxidação de biomoléculas vitais ao crescimento da planta como as clorofilas, proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, provocando a morte do vegetal (PERKINS-VEAZIE et al., 2008). Uma vez que as clorofilas apresentam uma estrutura instável e são consideradas moléculas sensíveis a alterações de luminosidade, elas servem

como parâmetro para estabelecer doses adequadas de radiação UV-C, impedindo que esta cause dano ao tecido vegetal. Além de ser uma medida direta da eficiência fotossintética em vegetais submetidos a estas radiações.

Portanto, este trabalho tem como objetivo testar diferentes doses de radiação UV-C e verificar sua influência no teor de clorofila total, clorofila a e b.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal

O experimento foi conduzido no ano de 2012, em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, (latitude 31°41' Sul e longitude 52°21' Oeste), localizada a 60 m de altitude, sendo a incidência de luz UV-C solar no local, em média de 1,42 kJ m<sup>-2</sup>.

As mudas de morangueiros da cultivar Aromas foram cultivadas em casa de vegetação com espaçamento de 20 x 20 cm entre plantas, em sistema hidropônico de fluxo laminar de nutrientes (NFT). Foi efetuada a fertirrigação, adotando-se para a adubação, fertilizante mineral misto comercializado como “Kristalon Laranja<sup>®</sup>” com 6% de nitrogênio sendo 4,5% de nitrogênio nítrico e 1,5 de nitrogênio amoniacal, 12% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 36% de potássio (K<sub>2</sub>O) e micronutrientes.

Foram realizados dois tratamentos: T1- controle (sem aplicação de radiação UV-C artificial); T2 – aplicação artificial de luz UV-C durante 30 minutos a cada 48 horas, sendo a aplicação realizada às 18 horas. Para a aplicação de UV-C, utilizaram-se lâmpadas UV-C “Phillips<sup>®</sup>” 30 W. A distância entre as lâmpadas e a parte superior das plantas foi de aproximadamente 1 metro, sendo a intensidade da luz emitida pelas lâmpadas quantificada com um medidor de luz UV digital (RS-232 Modelo MRUR-203, “Instrutherm”), resultando em uma intensidade de 3,7 kJ m<sup>-2</sup> por aplicação.

### 2.2 Análise de clorofila

Foi avaliado o efeito de 7 e 12 radiações UV-C sobre os teores de clorofila total e clorofila a e b, bem como das plantas sem aplicação de UV-C (controles). A medida foi realizada através de Medidor Eletrônico (CFL1030, Falker), medindo-se três folhas por planta de cada unidade experimental que era constituída de 15 plantas, totalizando 45 folhas por tratamento.

### 2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de homocedasticidade pelo teste de Hartley a fim de verificar o cumprimento dos pressupostos, seguido por análise de variância (ANOVA) (p ≤ 0,05). As médias dos tratamentos com 7 e 12 radiações foram comparadas entre si pelo teste t (p ≤ 0,05) e a comparação da média dos tratamentos com seus controles foi realizado pelo teste de Dunnet (p ≤ 0,05).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve aumento no teor de clorofila total, clorofila a e b nas folhas de morangueiros tratados com UV-C após a sétima aplicação da radiação em relação ao seu controle (sem UV-C) (Tabela 1). Não se observou diferença significativa entre os tratamentos 7 e 12 radiações e entre o tratamento com 12 radiações em relação ao seu controle (sem UV-C) (Tabela 1).

Tabela 1 – Índice de clorofila total, clorofila a e b em folhas de morangueiros tratados com e sem (controles) radiação UV-C durante o cultivo.

Tratamentos	Índice de Clorofila		
	Clorofila total	Clorofila A	Clorofila B
Controle 7 radiações	45,8	31,1	14,7
Controle 12 radiações	51,0	34,7	16,3
UV-C 7 radiações	51,3 a *	34,1 a *	17,2 a *
UV-C 12 radiações	49,4 a <sup>ns</sup>	32,8 a <sup>ns</sup>	16,6 a <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas por letra minúscula igual na coluna não diferem entre si pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ) comparando tratamento UV-C com 7 e 12 radiações. \* Significativo em relação ao controle 7 radiações pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). <sup>ns</sup> Não significativo em relação ao controle 12 radiações pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ )

O aumento no teor de clorofilas totais, a e b após a sétima radiação em relação ao controle parece ocorrer com o objetivo de equilibrar um possível desbalanço oxidativo, que ocorre na célula devido ao estresse gerado pela radiação UV-C. Juntamente com o aumento de clorofilas, outras moléculas como carotenoides e enzimas do sistema oxidativo com potencial antioxidante podem estar sendo sintetizadas para equilibrar o potencial oxi-redutor da célula e impedir a degradação de clorofilas e outras biomoléculas (APEL; HIRT, 2004).

Segundo TAIZ; ZEIGER (2004) na primeira etapa da fotossíntese ocorre a conversão da energia luminosa captada pelos pigmentos do complexo antena em energia química. Esta conversão ocorre devido à transferência de elétrons excitados entre os pigmentos até o par de clorofilas a presentes no centro de reação (P680) do fotossistema II. O elétron energizado da clorofila a segue pela cadeia transportadora de elétrons, o qual será transportado até o fotossistema I. Este transporte de elétrons faz com que as clorofilas do fotossistema II fiquem em um estado oxidado, sendo necessária a reposição destes elétrons. A redução das clorofilas do fotossistema II é realizada pelos elétrons oriundos da quebra de moléculas de água. Entretanto se a célula está em um estado pró-oxidante devido ao estresse causado pelas radiações, é possível que as espécies reativas de oxigênio estejam impedindo a redução da clorofila oxidada (FRYER et al., 2002). Possivelmente este aumento no teor de clorofilas ocorreu para recuperar o estado de equilíbrio oxidativo na célula e impedir a redução da eficiência fotossintética.

Pode se observar (Tabela 1) que entre a sétima e a décima segunda radiação não houve degradação nem aumento no teor de clorofilas. Isto é desejável, pois demonstra que o aumento na quantidade de radiação UV-C, não influenciou negativamente a capacidade fotossintética do morangueiro. Entretanto vale ressaltar que outros fatores além da radiação UV-C atuam no teor de clorofila da planta, pois como se pode perceber o tratamento com 12 radiações não diferiu do seu controle. Estes fatores podem ser o próprio desenvolvimento do morangueiro durante o tempo de aplicação da radiação UV-C, bem como alterações na luminosidade natural do ambiente.

A medida no teor de clorofilas pode ser um bom indicativo da intensidade de estresse oxidativo gerado na planta por diferentes doses de radiação UV-C. Esta medida pode auxiliar na determinação da dose adequada de radiação em morangueiro, a fim de prever uma possível degradação de outras biomoléculas como lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos que ocorrem pelas espécies reativas de oxigênio.

#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação de 12 radiações de UV-C durante 30 minutos em uma intensidade de  $3,7 \text{ kJ m}^{-2}$  não degrada clorofilas totais, clorofilas a e b. Portanto não diminui a eficiência fotossintética dos morangueiros. Podendo ser uma nova tecnologia empregada para o aumento da qualidade funcional e microbiológica dos frutos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**. Palo Alto – USA, v. 55, p. 373-399, 2004.

FAN, L.; DUBÉ, C.; FANG, C. ROUSSEL, D. CHARLES, M. T.; DESJARDINS, Y.; KHANIZADEH, S. Effect of production systems on phenolic composition and oxygen radical absorbance capacity of 'Orléans' strawberry. **LWT - Food Science and Technology**, Maryland Heights – USA , v. 45, n. 2, p. 241-245, 2012.

FRYER, M. J.; OXBOROUGH, K.; MULLINEAUX, P. M.; BAKER, N. R. Imaging of photo-oxidative stress responses in leaves. **Journal Experimental Botany**. Lancaster, v. 53, n. 372, p. 1249-1254, 2002.

KONDO, S.; FIEBIG, A.; OKAWA, K.; OHARA, H.; KOWITCHAROEN, L.; NIMITKEATKAI, H.; KITTIKORN, M. Jasmonic acid, polyamine, and antioxidant levels in apple seedlings as affected by Ultraviolet-C irradiation. **Plant Growth Regulation**, New York, v.64, p.83–89, 2011.

OSHITA, D.; JARDIM, I. C. S. F. Morango: uma preocupação alimentar, ambiental e sanitária, monitorado por cromatografia líquida moderna. **Scientia Chromatographica**. São Carlos, v.4, n.1, p. 52-76, 2012.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J.K.; HOWARD, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Postharvest Biology and Technology**. Maryland Heights – USA, n. 47, p. 280-285.

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signalling Behavior**. Austin – USA, v.6, n.11, p. 1720-1731, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. p. 719, 2004.

TANG, K., ZAHN, C., YANG, H. R., HUAN, GUANG, W. D. Changes of resveratrol and antioxidant enzymes during UV-induced plant defense response in peanut seedlings. **Journal of Plant Physiology**. Maryland Heights – USA , v. 167, n. 2, p.95-102, 2009.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Wisconsin - Madison, 2000. Cap.10, p.782-799.

WANG, W.; TANG, K.; YANG, H.; WEN, P.; ZHANG, P.; WANG, H.; HUANG, W. Distribution of resveratrol and stilbene synthase in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) and the effect of UV-C on its accumulation. **Plant Physiology and Biochemistry**, Maryland Heights – USA , v.48, p.142-152, 2010.