

Efeito da Irradiação UV-C no Controle da Podridão Parda (*Monilinia fructicola*) e da Podridão Mole (*Rhizopus stolonifer*) em Pós-Colheita de Pêssegos

Eliane Bassetto¹, Lilian Amorim¹, Eliane A. Benato², Fabrício P. Gonçalves¹ & Silvia A. Lourenço^{1**}

¹Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ, Universidade de São Paulo, Cx. Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil, e-mail: ebassetto@esalq.usp.br; liamorim@esalq.usp.br; ²Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, Cx. Postal 139, CEP 13073-001, Campinas, SP, Brasil

Autor para correspondência: Lilian Amorim

BASSETTO, E., AMORIM, L., BENATO, E.A., GONÇALVES, F.P. & LOURENÇO, S.A. Efeito da irradiação UV-C no controle da podridão parda (*Monilinia fructicola*) e da podridão mole (*Rhizopus stolonifer*) em pós-colheita de pêssegos. Fitopatologia Brasileira 32:393-399. 2007.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da irradiação UV-C no controle *in vitro* de *Monilinia fructicola* e *Rhizopus stolonifer* e no controle das doenças causadas por estes fungos em pêssegos inoculados com ferimento. No experimento *in vitro*, avaliou-se o crescimento micelial dos fungos em meio BDA após a exposição nas doses de UV-C de 0, 0,26, 0,52, 1,04, 3,13, 5,22, 10,44, 15,66, e 31,32 kJ.m⁻² num equipamento com quatro lâmpadas com taxa de fluência de 1,74 mW.cm⁻². Nos experimentos *in vivo*, os frutos foram tratados com irradiação UV-C de forma protetora e curativa. No tratamento protetor, os frutos foram expostos a 1,04 kJ.m⁻² por 1 min. e foram inoculados imediatamente após e 16, 24 e 40 h após. No tratamento curativo, os frutos foram inoculados, incubados e irradiados com doses de UV-C de 0, 1,04, 5,22, 10,44, 15,66 e 31,32 kJ.m⁻². Avaliou-se a incidência das doenças e a severidade da podridão parda. No experimento *in vitro*, apenas as doses aplicadas durante 1 e 10 min. de exposição reduziram o crescimento micelial de *M. fructicola* enquanto que a aplicação da luz UV-C entre 10-15 minutos reduziu o crescimento micelial de *R. stolonifer* e a dose aplicada durante 30 minutos inibiu completamente o crescimento micelial deste fungo. Não houve efeito protetor da luz UV-C no controle das doenças. Não houve controle curativo da podridão parda. A irradiação UV-C foi eficiente no controle curativo da podridão mole e o tempo de exposição de 10 min. foi o que apresentou melhor resultado.

Palavras-chave adicionais: *Prunus persica*, controle alternativo, doenças pós-colheita.

ABSTRACT

Effect of UV-C irradiation on postharvest control of brown rot (*Monilinia fructicola*) and soft rot (*Rhizopus stolonifer*) of peaches

The purpose of this work was to evaluate the effect of UV-C irradiation *in vitro* to control *M. fructicola* and *R. stolonifer* and the diseases caused by them in peach fruits. Mycelial growth was evaluated after exposure of the pathogens on PDA medium to different UV-C irradiation concentrations of 0, 0.26, 0.52, 1.04, 3.13, 5.22, 10.44, 15.66 and 31.32 kJ.m⁻². The UV cabinet was equipped with four lamps with the fluency rate of 1.74 mW.cm⁻². Peach fruits were treated with UV-C irradiation in a protective and curative way. In the protector treatment, fruits were exposed to 1.04 kJ.m⁻² for 1 min. and were inoculated immediately and after 16, 24 and 40 hours. In the curative treatment, peach fruits were inoculated, incubated and irradiated with 0, 1.04, 5.22, 10.44, 15.66 and 31.32 kJ.m⁻² UV-C concentrations. Disease incidence and severity of brown rot were evaluated. *In vitro*, only the concentrations applied during 1 and 10 min. of exposure reduced the mycelial growth of *M. fructicola*, while the application of UV-C for 10-15 minutes reduced the mycelial growth of *R. stolonifer* and the concentration applied for 30 minutes completely inhibited the mycelial growth of this pathogen. There was no effect caused by UV-C light in the protective control, or by UV-C light in the curative control of brown rot. The irradiation of fruits with UV-C was effective in the curative control of soft rot, and the best results were observed with an exposure time of 10 minutes.

Additional keywords: *Prunus persica*, alternative control, postharvest disease.

INTRODUÇÃO

Devido à ocorrência de podridões, as perdas de pêssegos na pós-colheita são significativas, sendo *Monilinia*

fructicola (G. Winter) Honey, agente causal da podridão parda, o fungo de maior ocorrência. O fungo *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill., agente causal da podridão mole, também é considerado um dos principais causadores de doenças pós-colheita em rosáceas de caroço, sendo responsável por danos superiores a 50% (Ogawa *et al.*, 1995).

Doenças pós-colheita podem ser divididas em dois grupos: (i) doenças pós-colheita típicas e (ii) doenças pós-

Parte da Tese de Doutorado da primeira autora. ESALQ, Universidade de São Paulo. Piracicaba SP. 2006.

colheita quiescentes. No primeiro grupo estão os patógenos cuja infecção ocorre na maioria das vezes por ferimento. Já no segundo grupo, a infecção ocorre no campo, algumas vezes durante a florada, permanecendo latente durante todo o desenvolvimento do fruto. Pêssegos são suscetíveis aos dois grupos de doença pós-colheita, em função, principalmente, do seu elevado teor de água, que oscila entre 75 e 95%.

Na última década, a busca por produtos seguros, sem microrganismos patogênicos ao homem e sem resíduos de defensivos, tem tornado a legislação fitossanitária mais severa em muitos países. A proibição do comércio de frutos com resíduos de defensivos em níveis superiores ao limite mínimo estabelecido na legislação de cada país e a proibição de uso de vários fungicidas pós-colheita estimulou a busca por formas alternativas de controle. Entre os métodos alternativos visando o controle de doenças pós-colheita, a irradiação ultravioleta (UV-C, 254 nm) tem-se destacado por não deixar resíduos, exercer efeito fungicida e/ou induzir resposta de resistência em frutos (Wilson *et al.*, 1994). A proteção dos produtos hortícolas durante os períodos de suscetibilidade através da indução de resistência é uma estratégia para alcançar o manejo integrado de plantas (Lucas, 1999; Kuć, 2000).

A irradiação ultravioleta (UV), na faixa de 200-280 nm é classificada como UV-C (Lu *et al.*, 1991). A aplicação de luz UV-C (254 nm) em baixas doses mostrou-se eficiente na indução de resistência em vários produtos vegetais como uva, citros, pêssego, tomate, entre outros (Shama & Alderson, 2005). Lu *et al.* (1993) verificaram que pêssegos expostos à irradiação UV-C apresentaram menor incidência de podridões. Segundo esses autores, o atraso no amadurecimento e na resistência à deterioração foi, provavelmente, induzido como resultado do estresse imposto sobre o hospedeiro pela baixa dose de UV-C, que pode ter resultado no efeito hormético, ou seja, um estímulo para respostas benéficas do fruto através de baixas doses de um agente que cause estresse. El Ghaouth *et al.* (2003) verificaram que a irradiação de pêssegos com 7,5 kJ.m⁻² levou à indução de quitinase, β-1,3-glucanase e fenilalanina amônia-liase (FAL), 1 h após o tratamento, alcançando nível máximo após 96 h.

Estudos realizados *in vitro* mostraram que a aplicação de UV-C em *Botrytis cinerea* Pers. (0,2 – 0,6 kJ.m⁻²) retardou e diminuiu a germinação do fungo e doses superiores ou igual a 0,84 kJ.m⁻² exerceram efeito germicida sobre os conídios, os quais não foram capazes de germinar mesmo após 56 h de submissão à irradiação UV-C (Camili *et al.*, 2004). Esses mesmos autores verificaram que a irradiação UV-C retardou o crescimento micelial das colônias de *B. cinerea*, porém, nenhuma das doses empregada mostrou efeito fungicida sobre o micélio do patógeno. Marquenie *et al.* (2002) verificaram que a inativação de conídios de *B. cinerea* e *Monilinia fructigena* Honey aumentou com o aumento na intensidade da irradiação UV-C utilizada e, nenhuma sobrevivência foi observada em doses de 1,0 e 0,5 J.cm⁻² para ambos os fungos, respectivamente.

A irradiação UV-C pode prolongar o período de armazenamento dos frutos por retardar os processos de amadurecimento, suprimir a produção de etileno (Liu *et al.*, 1993; Stevens *et al.*, 1998) e elicitar respostas bioquímicas no tecido do hospedeiro que são relevantes no controle das doenças (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2001; Mercier *et al.*, 2001; Capdeville *et al.*, 2002).

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irradiação UV-C no controle de *M. fructicola* e *R. stolonifer* em pêssegos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia do Grupo de Engenharia e Pós-Colheita, GEPC, do Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL.

Produção de inóculo

Os patógenos *M. fructicola* e *R. stolonifer* foram isolados de pêssegos com sintomas dessas podridões, coletados em produtor da Cooperativa Holambra II, no município de Paranapanema, SP. A partir de culturas com cinco dias (*R. stolonifer*) e dez dias (*M. fructicola*), de crescimento, em placas de Petri com meio batata-dextrose-ágar (BDA), incubadas a 22°C, sob luz branca alternada (12 h), foram preparadas suspensões de esporos pela adição de água destilada esterilizada à superfície das culturas, filtragem em camada dupla de gaze e ajuste da concentração em hemocitômetro para 5 x 10⁴ conídios.mL⁻¹ para *Monilinia* e 4 x 10⁵ esporos.mL⁻¹ para *Rhizopus* como descrito previamente por Sholberg & Gaunce (1996).

Inoculação de *R. stolonifer* e *M. fructicola* em pêssegos

Pêssegos cv. Tropic Beauty foram adquiridos na CEAGESP em São Paulo, sendo provenientes do município de Paranapanema SP. Os frutos foram selecionados quanto ao estágio de amadurecimento (fisiologicamente maduros apresentando 13,53 N; 10,05°Brix e 0,79% ácido cítrico), tamanho do fruto (calibre 4) e ausência de defeitos.

A inoculação nos frutos foi realizada através de ferimentos com o auxílio de uma seringa de cromatografia a ± 2 mm de profundidade na região equatorial oposta à sutura e sobre o ferimento foram depositados 20 µL da suspensão de esporos. Para o experimento visando o controle curativo, a irradiação foi realizada 4 horas após a inoculação dos frutos, com *M. fructicola* e 1 hora após a inoculação dos frutos com *R. stolonifer*. Esses períodos foram determinados em testes preliminares e correspondem ao tempo mínimo para infecção dos frutos através de ferimentos. Para o experimento visando o controle preventivo ou possível indução de mecanismos de defesa nos frutos, inoculações foram realizadas 0, 16, 24 e 48 h após a irradiação dos frutos.

Irradiação com UV-C

Para verificar o efeito da irradiação UV-C sobre o crescimento micelial de *M. fructicola* e *R. stolonifer*

in vitro, os fungos foram cultivados em BDA acrescido de oxitetraciclina, a 25°C, sob alternância de luz (12 h), respectivamente por 3 e 7 dias, para *Rhizopus* e *Monilinia*. Discos de 3 mm da borda das culturas foram transferidos para o centro de placas de Petri Schott com meio BDA e, em seguida, submetidos aos tratamentos com luz UV-C (254 nm) com taxa de fluência de 1,74 mW.cm⁻² medida através de um radiômetro digital (UVX; Ultraviolet Products, Inc., San Gabriel, CA). O equipamento utilizado continha quatro lâmpadas UV germicidas (2,5 cm x 88 cm, 30 W, produzida por Yaming lightning), sendo duas lâmpadas na parte superior da câmara e duas na parte inferior, proporcionando irradiação homogênea, tanto nas placas como nos frutos.

As placas de Petri foram mantidas a ±10 cm da fonte de luz, e foram expostas a doses de UV-C (em kJ.m⁻²) e tempos de exposição (em minutos) 0,00 kJ.m⁻² para 0,00 min.; 0,26 kJ.m⁻² para 15 seg.; 0,52 kJ.m⁻² para 30 seg.; 1,04 para 1 min.; 3,13 kJ.m⁻² para 3 min.; 5,22 kJ.m⁻² para 5 min.; 10,44 kJ.m⁻² para 10 min.; 15,66 kJ.m⁻² para 15 min. e 31,32 kJ.m⁻² para 30 min., com seis repetições por tratamento. Posteriormente aos tratamentos, as placas de Petri foram incubadas a 25°C, com alternância de luz branca (12 h), procedendo-se à medição do diâmetro das colônias em dois sentidos perpendiculares.

Os frutos foram irradiados no mesmo equipamento descrito anteriormente. Para o controle curativo, as doses foram determinadas pelo tempo de exposição à irradiação, de acordo com procedimento proposto por Stevens *et al.* (1999). Os frutos foram expostos a doses de UV-C (em kJ.m⁻²) e tempos de exposição (em minutos) de 0,00 kJ.m⁻² para 0,00 min.; 1,04 kJ.m⁻² para 1 min.; 5,22 kJ.m⁻² para 5 min.; 10,44 kJ.m⁻² para 10 min.; 15,66 kJ.m⁻² para 15 min.; 31,32 kJ.m⁻² para 30 min. Após a irradiação, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão e mantidos no escuro, para minimizar o processo de fotoreversibilidade (Stevens *et al.*, 1998), por um período de três dias, a 25±1°C / 80-90% UR. O efeito do tempo de exposição dos frutos na incidência da doença foi avaliado por meio de regressão linear pelos modelos de primeiro e segundo graus.

Para o controle preventivo, os frutos foram expostos a dose de 1,04 kJ.m⁻² UV-C durante 1 minuto e inoculados às 0, 16, 24, 40 horas após exposição. Depois do tratamento, os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas dentro de

caixas de papelão e armazenados a 25°C ± 1°C / 80-90% UR até o dia da inoculação, e após a inoculação por um período de 3 a 4 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 4, com 5 repetições contendo 5 frutos como unidade experimental.

Para os ensaios visando o controle de *M. fructicola*, as variáveis analisadas foram severidade da doença, determinada através do diâmetro da lesão (cm) e incidência da doença, determinada pela contagem de frutos afetados, sendo o resultado expresso em porcentagem (%). Os frutos foram avaliados diariamente. Os dados de severidade da doença foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para os ensaios visando o controle de *R. stolonifer*, foi avaliada apenas a incidência (proporção de frutos infectados), uma vez que, o desenvolvimento do *R. stolonifer* sobre o fruto é muito rápido, impossibilitando a medição do diâmetro da lesão. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 25 repetições (frutos).

Os dados obtidos com a avaliação da incidência foram analisados por meio do teste não paramétrico de comparação de duas ou múltiplas proporções (Zar, 1999). Sempre que significativo, as proporções foram transformadas, primeiramente utilizando a equação ($P_i = X/(n+1)$) e $P_i' = (X+1)/(n+1)$, em seguida a equação ($P_i'' = 1/2 [\arcseno \text{ da raiz quadrada de } P_i + \arcseno \text{ da raiz quadrada de } P_i']$), de acordo com Zar (1999). Onde: X = número de frutos totais de cada proporção; n = número de frutos doentes de cada proporção e P_i'' = Proporção transformada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inibição do crescimento micelial de *M. fructicola* foi observada apenas nas doses de UV-C de 1,04 kJ.m⁻² e 10,44 kJ.m⁻² (aplicadas durante 1 e 10 min.). As demais doses aparentemente estimularam o crescimento do patógeno, pois houve maior crescimento micelial nas placas a elas submetidas do que nas não irradiadas (Figura 1A). O crescimento micelial de *R. stolonifer*, por sua vez, foi reduzido nas doses superiores a 10,44 kJ.m⁻², havendo completa inibição na dose de 31,32 kJ.m⁻² (Figura 1B).

Não houve diferença significativa na incidência nem

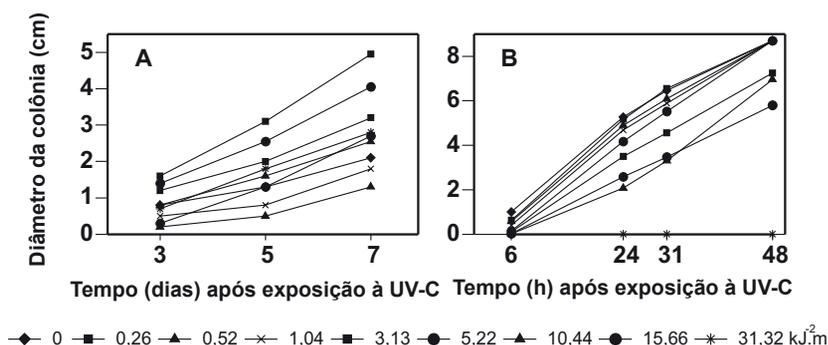


FIG. 1 - Efeito de diferentes doses de luz UV-C (kJ.m⁻²) sobre o crescimento micelial de *Monilinia fructicola* (A) e *Rhizopus stolonifer* (B).

na severidade (Tabelas 1 e 2) da podridão parda entre os frutos tratados preventivamente com UV-C e os não tratados. A irradiação UV-C não protegeu o pêssego contra a infecção do patógeno, nem reduziu sua colonização. Pelos resultados obtidos, provavelmente não houve indução de resistência nos frutos.

Stevens *et al.* (1998), ao testar várias doses de luz UV-C em pêssegos, verificaram controle de podridão parda com a dose de 7,5 kJ.m⁻², que corresponde aproximadamente a 10 minutos de exposição à luz UV-C. A dose de 1,3 kJ.m⁻², que corresponde ao tempo de exposição de aproximadamente 1 minuto, não foi eficiente no controle da doença. A incidência de frutos doentes tratados com 1,3 kJ.m⁻² de UV-C foi de 74% enquanto que no tratamento testemunha, a incidência foi de 71%. Esses dados estão de acordo com os encontrados neste experimento. O tempo de exposição de 1 minuto foi escolhido para a realização do experimento porque seria o tempo ideal para os frutos serem expostos na casa de embalagens antes da classificação. Devido ao grande volume e fluxo de frutos nas esteiras de processamento, períodos superiores a esse não se enquadrariam na logística dos produtores no período de safra.

A exposição dos frutos à irradiação UV-C, também não foi eficiente no controle preventivo de *R. stolonifer*. No segundo dia após a inoculação, a incidência de frutos doentes já se encontrava bastante elevada em praticamente todos os tratamentos (Tabela 3).

Nigro *et al.* (1998) verificaram que uvas irradiadas 24 e 48 h antes da inoculação com *B. cinerea* apresentaram menor incidência de frutos doentes do que aquelas inoculadas imediatamente após a irradiação, provavelmente devido à indução de mecanismos de defesa no fruto. Em limão, a irradiação UV-C somente foi eficiente em controlar a doença quando foi aplicada pelo menos 24 h antes da inoculação com *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc., havendo um aumento no nível da fitoalexina scoparone nos frutos irradiados (Ben-Yehoshua, 1992).

No tratamento curativo, nenhuma dose de UV-C foi eficiente em reduzir a incidência ou a severidade da podridão parda. Não houve correlação entre as doses de luz UV-C aplicadas e incidência ou severidade da doença (Figura 2). Segundo Gardner & Shama (2000), a inativação direta de fungos pode ser limitada pela superfície do fruto, já que a UV tem poder de penetração extremamente limitado

TABELA 1 - Incidência da podridão parda (% de frutos doentes) em pêssegos cv. 'Tropic Beauty' irradiados com luz UV-C (1,04 kJ.m⁻²) durante 1 min. e inoculados com *Monilinia fructicola* imediatamente após e 16, 24 e 40 h após o tratamento. Após a inoculação os frutos permaneceram armazenados a 25±1°C / 80-90% UR

Dias de armazenamento	Tratamentos	Intervalo entre tratamento e inoculação			
		0 h	16 h	24 h	40 h
3	Sem luz UV-C	32 Bb	56 ABa	84 Aa	88 Aa
	Com luz UV C	68 Aa	60 Aa	84 Aa	76 Aa
4	Sem luz UV-C	44 Ba	60 ABa	88 Aa	88 Aa
	Com luz UV-C	72 Aa	64 Aa	92 Aa	80 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste não paramétrico de comparação múltiplas e duas proporções, conforme descrito por Zar (1999).

TABELA 2 - Severidade da podridão parda (diâmetro da lesão em cm) em pêssegos cv. 'Tropic Beauty' irradiados com luz UV-C (1,04 kJ.m⁻²) durante 1 min. e inoculados com *Monilinia fructicola* imediatamente após e 16, 24 e 40 h após o tratamento. Após a inoculação os frutos permaneceram armazenados a 25±1°C / 80-90% UR

Dias de armazenamento	Tratamentos	Intervalo entre tratamento e inoculação			
		0 h	16 h	24 h	40 h
3	Sem luz UV-C	1,20 Bb	2,52 Aa	2,92 Aa	2,52 Aa
	Com luz UV-C	2,40 Aa	2,42 Aa	2,58 Aa	2,64 Aa
	C.V. (%)			27,18	
4	Sem luz UV-C	2,56 Bb	3,98 Aa	4,40 Aa	4,04 Aa
	Com luz UV-C	3,72 Aa	4,10 Aa	3,80 Aa	3,54 Aa
	C V (%)			17,32	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey $P \leq 0,05$).

Interação = n.s., para o terceiro dia de armazenamento e * para o quarto dia de armazenamento.

TABELA 3 - Incidência da podridão mole (% de frutos doentes) em pêsegos cv. 'Tropic Beauty' irradiados com luz UV-C ($1,04 \text{ kJ.m}^{-2}$) durante 1 min. e inoculados com *Rhizopus stolonifer* imediatamente após e 16, 24 e 40 h após o tratamento. Após a inoculação os frutos permaneceram armazenados a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ / 80-90% UR

Dias de armazenamento	Tratamentos	Intervalo entre tratamento e inoculação			
		0 h	16 h	24 h	40 h
2	Sem luz UV-C	80 Aa	72 Aa	84 A a	100 Aa
	Com luz UV C	80 ABa	56 Ba	72 ABa	96 Aa
3	Sem luz UV-C	84 Aa	72 Aa	84 Aa	100 Aa
	Com luz UV-C	80 ABa	56 Ba	84 ABa	96 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e, minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% pelo teste não paramétrico de comparação múltiplas e duas proporções, conforme descrito por Zar (1999).

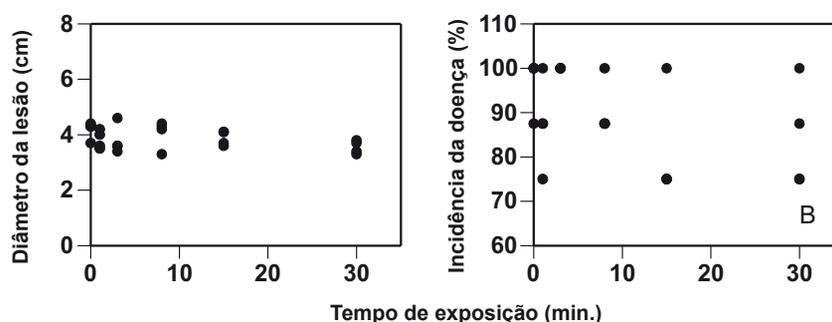


FIG. 2 - Severidade da podridão parda (diâmetro da lesão em cm - A) e incidência da doença (% de frutos doentes - B) em pêsegos cv. 'Chiripá' inoculados com *Monilinia fructicola* e tratados, após 4 horas de incubação, com luz UV-C durante 0, 1, 5, 10, 15 e 30 minutos de exposição, que correspondem às doses de 0, 1,04, 5,22, 10,44, 15,66 e 31,32 kJ.m^{-2} , respectivamente.

em sólidos. A ineficiência do tratamento com UV-C também pode ser explicada pelo fato dos frutos serem irradiados após 4 h da inoculação, quando o patógeno já se encontrava no interior dos tecidos dos frutos não sendo atingido pela irradiação UV-C. De acordo com o relato de Gardner & Shama (2000), a inativação direta de fungos ocorre somente se doses suficientemente elevadas de UV-C forem acumuladas pelos microrganismos. Provavelmente, como foram utilizadas baixas doses de UV-C, essas não foram suficientes para a inativação de *M. fructicola*. Marquenie *at al.* (2002) também verificaram que a aplicação de luz UV-C nas doses de 0; 0,05; 0,10; 0,50; 1,00 e 1,50 J.cm^{-2} em cerejas previamente inoculadas com *M. fructicola* não apresentou efeito significativo no controle do patógeno. A irradiação de figos da índia na dose de $0,75 \text{ kJ.m}^{-2}$ de luz UV-C não reduziu a incidência de frutos doentes, além de causar bronzeamento na epiderme dos frutos (Piga *at al.*, 1997). A ineficiência da irradiação UV-C no controle de podridões pós-colheita também foi verificada em mamões cv. Golden inoculados com *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. e tratados com irradiação UV-C (0 a $2,4 \text{ kJ.m}^{-2}$) 10 horas após a inoculação (Cia, 2005). A autora verificou

que embora a UV-C tenha apresentado efeito germicida *in vitro* sobre *C. gloeosporioides*, em doses acima de $0,2 \text{ kJ.m}^{-2}$, essas mesmas doses não foram eficientes em suprimir a infecção nos frutos inoculados antes da irradiação.

O controle curativo da podridão mole, por sua vez, apresentou resultados mais promissores. A exposição à irradiação UV-C reduziu significativamente a incidência da doença (Figura 3) no intervalo de 1 a 15 minutos de exposição à luz. O modelo exponencial foi o que apresentou melhor ajuste aos dados de incidência da doença em relação aos intervalos de exposição dos frutos ($R^2 = 0,38$). O tratamento com luz UV-C durante 10 min. foi o que apresentou menor incidência de frutos com podridão mole, apresentando em média 25% de frutos doentes enquanto o tratamento testemunha apresentava 81% de frutos doentes no terceiro dia de armazenamento a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. No período de 30 min. de exposição à luz UV-C houve um aumento na incidência de frutos doentes em relação às demais doses aplicadas (53% de frutos doentes, dados não apresentados). Este tempo de exposição causou danos na superfície dos frutos favorecendo, provavelmente, a penetração do patógeno.

Corroborando com os resultados obtidos *in vivo*, a

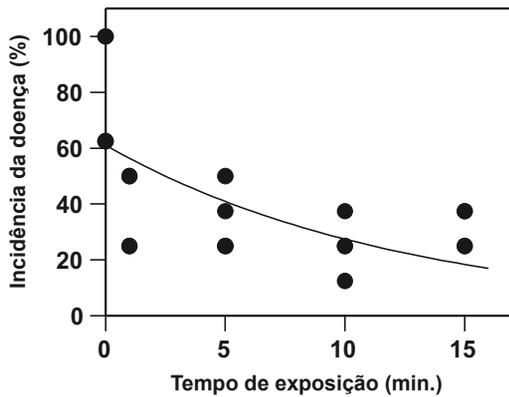


FIG. 3 - Incidência de podridão mole (% de frutos doentes) em pêssegos cv. 'Chiripá' inoculados com *Rhizopus stolonifer* e tratados, após 1 hora de incubação, com luz UV-C durante 0, 1, 5, 10 e 15 minutos de exposição, que correspondem às doses de 0, 1,04, 5,22, 10,44 e 15,66 kJ.m⁻², respectivamente. A avaliação foi realizada no terceiro dia de armazenamento. Pontos representam a incidência da doença em cada repetição e linha representa o ajuste do modelo exponencial aos dados ($y = 61,07 \exp(-0,08 \cdot x)$, onde y é a incidência da doença e x , o tempo de exposição, $R^2 = 0,38$).

aplicação de UV-C *in vitro* durante 10 e 15 min. reduziu o crescimento micelial de *R. stolonifer* e a dose aplicada durante 30 min. inibiu completamente o crescimento micelial (Figura 1B).

O controle das podridões nos frutos pelo uso da irradiação UV-C é considerado uma alternativa interessante aos fungicidas, porém, neste estudo verificou-se que a UV-C não é eficaz no controle da podridão parda, apesar de reduzir significativamente a podridão mole quando aplicada no controle curativo.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à concessão de bolsa de estudo oferecida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo 03/02225-8). Os autores Lilian Amorim e Silvia A. Lourenço agradecem à bolsa recebida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico - CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEN-YEHOSHUA, S., RODOV, V., KIM, J.J. & CAMELI, S. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 40:1217-1221. 1992.

CAMILI, E.C., BENATO, E.A., PASCHOLATI, S.F. & CIA, P. Avaliação de irradiação UV-C aplicada em pós-colheita na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinerea*. *Summa Phytopathologica* 30:306-313. 2004.

CAPDEVILLE, Q., WILSON, C.L., BEER, S.V. & AIST, T.R. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested "Red Delicious" apple fruit. *Phytopathology* 92:900-908. 2002.

CIA, P. Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*). Tese de Doutorado. Piracicaba SP. Universidade de São Paulo - ESALQ. 2005.

EL GHAOUTH, A., WILSON, C. & CALLAHAN, A.M. Induction of chitinase, β -1,3-glucanase, and phenylalanine ammonia lyase in peach fruit by UV-C treatment. *Phytopathology* 93:349-355. 2003.

GARDNER, D.W.M. & SHAMA, G. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. *Journal of food Protection* 63:63-70. 2000.

GONZALEZ-AGUILAR, G.A., WANG, C.Y., BUTA, J.G. & KRIZEK, D.T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science and Technology* 36:767-773. 2001.

KUĆ, J. Development and future direction of induced systemic acquired resistance in plants. *Crop protection* 19:859-861. 2000.

LIU, J., STEVENS, C., KHAN, V.A., LU, J.Y., WILSON, C.L., ADEYEYE, O., KABWE, M.K., PUSEY, P.L., CHALUTZ, E., SULTANA, T. & DROBY, S. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *Journal of Food Protection* 56:868-872. 1993.

LU, J.Y., LUKOMBO, S.M., STEVENS, C., KHAN, V.A., WILSON, C.L., PUSEY, P.L. & CHALUTZ, E. Low-dose UV and gamma-radiation on storage rot and physicochemical changes in peaches. *Journal of Food Quality* 16:301-309. 1993.

LU, J.Y., STEVENS, C., KHAN, V.A. & KABWE, M. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal of Food Quality* 14:299-305. 1991.

LUCAS, J.A. Plant immunization: from myth to SAR. *Pesticide Science* 55:193-196. 1999.

MARQUENIE, D., MICHIELS, C.W., GEERAERD, A.H., SCHENK, A., SOONTJENS, C., VAN IMPE, J.F. & NICOLAI, B.M. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *International Journal of Food Microbiology* 73:187-196. 2002.

MERCIER, J., BAKA, M., REDDY, B., CORCUFF, R. & ARUL, J. Shortwave ultraviolet irradiation for control decay caused by *Botrytis cinerea* in Bell pepper: induced resistance and germicidal effects. *Journal American Society Horticultural Science* 126:128-133. 2001.

NIGRO, F., IPPOLITO, A. & LIMA, G. Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 13:171-181. 1998.

OGAWA, J.M., ZEHR, E.I., BIRD, G.W., RITCHIE, D.F., URIU, K. & UYEMOTO, J.K. Compendium of stone fruits diseases. Saint Paul MN. APS Press. 1995.

PIGA, A., D'HALLEWIN, G., D'AQUINO, S. & AGGABIO, M. Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packaging Technology and Science* 10:59-68. 1997.

SHAMA, G. & ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation. *Trends in Food Science and Technology* 16:128-136. 2005.

- SHOLBERG, P.L. & GAUNCE, A.P. Fumigation of stone fruit with acetic acid to control post-harvest decay. *Crop Protection* 15:681-686. 1996.
- STEVENS, C., KHAN, V.A., LU, J.Y., WILSON, C.L., PUSEY, L.P., KABWE, M.K., IGWEGBE, E.C.K., CHALUTZ, E. & DROBY, S. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection* 17:75-84. 1998.
- STEVENS, C., KHAN, V.A., LU, J.Y., WILSON, C.L., CHALUTZ, E., DROBY, S., KABWE, M.K., HAUNG, Z., ADEYEYE, O., PUSEY, L.P. & TANG, A.Y.A. Induced resistance of sweetpotato to *Fusarium* root rot by UV-C hormesis. *Crop Protection* 18:463-470. 1999.
- WILSON, C.L., EL GHAOUTH, A., CHALUTZ, E., CROBY, S., STEVENS, C., LU, J.Y., KHAN, V. & ARUL, J. Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease* 78:837-844. 1994.
- ZAR, J.H. More on dichotomous variables. In: Zar, J.H. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River, New Jersey. Prentice Hall. 1999. pp. 516-570.

Recebido 5 Maio 2006 - Aceito 27 Julho 2007 - FB 6053