

Uso de irradiación gamma como método de control cuarentenario de *Frankliniella australis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae)

J. E. ARAYA, T. CURKOVIC, A. CAYO

El trips negro de las flores, *Frankliniella australis* (Morgan), una especie nativa chilena, causa daños por rechazos cuarentenarios de fruta fresca de exportación. Hoy, la fumigación con BrCH_3 es eficiente para evitar estos rechazos, pero está cuestionada por afectar la capa de ozono, por lo que la irradiación de alimentos es una alternativa. Se estudió en laboratorio el efecto de la irradiación gama en *F. australis* adultos, en dosis de 250, 500, 750 y 1000 Gy, seguidas por almacenamiento a 0-5°C para simular condiciones de embarque. La mortalidad inmediatamente después de irradiar fue baja (1,5 a 22,3% a 250 y 1000 Gy, respectivamente), pero aumentó una hora después (15,8; 33,4; 44,5 y 51,7% para 250, 500, 750 y 1000 Gy, respectivamente). En esta evaluación, la mortalidad con la dosis mayor fue significativamente superior a las obtenidas con 500 y 250 Gy, mientras que los resultados con las dosis de 750 y 500 Gy no fueron diferentes entre ellas, aunque sí con la dosis menor. A las 24 horas, la mortalidad con todas las dosis superó el 91%, aunque sólo la de 1000 Gy fue significativamente superior a la de 250 Gy. Al cuarto día (96 horas) hubo al menos 98,8% de mortalidad para los tratamientos de irradiación, con diferencias significativas con el testigo, el cual presentó entonces sólo 12,8% de mortalidad. Mediante regresión logit de los resultados de las evaluaciones hasta el día 4 se estimó un probit 9 (DL_{99,9968}) para adultos de 188 Gy. Esta dosis es ligeramente inferior a las indicadas en la literatura para el control de otros tisanópteros, lo que podría explicarse por la aplicación conjunta de frío, aunque es necesario hacer más estudios de esta tecnología bajo condiciones comerciales para verificar su aplicabilidad en el control cuarentenario de *F. australis*.

J. E. ARAYA, T. CURKOVIC. Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

A. CAYO. Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago, Chile.

Palabras clave: Control cuarentenario, probit 9, trips negro de las flores.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por el ambiente ha cuestionado tratamientos cuarentenarios como el bromuro de metilo, principal fumigante agrícola mundial, especialmente por dañar la capa de ozono (MEJÍA, 2005). En 2000 se consumieron en Chile 474 ton de BrCH_3 , 20% de ellas en tratamientos cuarentenarios (INIA, 2005). Pero las importaciones de BrCH_3 se deberán congelar, reducir y eliminar paulatinamente, debido al protocolo de

Montreal (MEJÍA, 2005). Las tecnologías de control cuarentenario de plagas en productos agrícolas de exportación, incluyendo la irradiación, han sido revisadas por ARAYA y CURKOVIC (2006). Aunque la irradiación es una alternativa cuarentenaria económicamente viable para la fruta de exportación (ICGFI, 1999), no se conoce su efecto en algunas plagas, y no hay dosis genéricas para grupos de insectos o ácaros. Entre ellos, los trips causan rechazos de embarques de frutas, por lo que se debe determinar la eficien-

cia cuarentenaria de este tratamiento sobre estos insectos, particularmente el trips negro de las flores, *Frankliniella australis* (Morgan). Esta especie nativa chilena se alimenta del polen de muchas plantas, en las que no se reproduce o lo hace escasamente, pero causa daños por rechazos cuarentenarios de fruta fresca de exportación, principalmente fresas, kiwis y nectarinas (ARTIGAS, 1994).

En 1991 se recopilaron antecedentes para desarrollar protocolos de aplicación de irradiación como método cuarentenario, incluyendo dosimetría, sistemas de operación y dosis mínimas para el control de diversas plagas, principalmente moscas de la fruta, gorgojos, escamas, áfidos, trips y ácaros (ICGFI, 1991). Estudios posteriores han ampliado la lista de plagas controladas con la irradiación, y el conocimiento sobre las dosis necesarias para su control cuarentenario (IDIDAS, 2005).

El USDA-APHIS está evaluando dosis mínimas de irradiación para eliminar o esterilizar plagas cuarentenarias específicas. Estos estudios serán fundamentales para determinar dosis adecuadas y para obtener la aprobación de instituciones como el USDA-APHIS-PPQ para establecer la irradiación como un método de control cuarentenario de diversos trips (HALLMAN, 2001).

En este trabajo se estimó la dosis de irradiación necesaria para lograr un control cuarentenario efectivo (probit 9, la dosis mínima para obtener 99,9968% de mortalidad de adultos) de esta plaga. Los objetivos específicos fueron determinar la mortalidad de adultos del insecto por efecto de la irradiación gamma en dosis de 250, 500 y 1000 Gy, con el uso conjunto de almacenamiento en frío a 0-5°C postirradiación.

MATERIAL Y MÉTODOS

En diciembre de 2005 se colectó *F. australis* con aspirador manual desde flores de *Picris echioides* L. (Asteraceae) en el campus sur de la Universidad de Chile, RM. Los trips se llevaron de inmediato en una nevera a $\pm 10^\circ\text{C}$ para irradiarlos a la Comisión Chi-

lena de Energía Nuclear, Comuna de La Reina, Santiago, en un irradiador Gamma-cell 220 R con Co-60 (Figura 1), bajo cuatro dosis (250, 500, 750 y 1000 Gy), además de un control sin irradiación. La unidad experimental consistió en 100 trips adultos en frascos plásticos de 100 mL, con cuatro repeticiones por dosis, en un diseño completamente al azar. Para la aplicación uniforme de las dosis se hizo una dosimetría previa sobre una unidad experimental. La energía absorbida se midió con dosímetros Fricke modificados, preparados según la norma ASTM D-2954, que consisten en una solución de Fe^{+2} que se oxida a Fe^{+3} por efecto de la radiación. Los tiempos de exposición para que cada unidad experimental recibiera una dosis promedio de 250, 500, 750, 1000 Gy fueron 4,31; 9,32; 14,33 y 19,34 minutos, respectivamente.

La mortalidad se evaluó inmediatamente (5-10 minutos después de la exposición = Inm), a la hora y varios días después de la irradiación (Cuadro 1). En cada frasco se agregó un brote floral de alfalfa como sustrato alimenticio de *F. australis*, el que se renovó cada 5 días para los trips supervivientes. El material irradiado se mantuvo en refrigerador a temperaturas entre 0 y 5°C, para simular las condiciones de embarque de fruta de exportación y la mortalidad se midió bajo lupa estereoscópica hasta llegar al 100% de los individuos irradiados. Se consideraron muertos los insectos con deshidratación evidente y que no reaccionaron al estímulo con un pincel. Los porcentajes de mortalidad se corrigieron mediante la fórmula de ABBOTT (1925) para descartar la mortalidad natural. Estos resultados corregidos se normalizaron mediante la transformación de Bliss (arcoseno $\sqrt{\%$ mortalidad/100) y sometieron a un análisis de varianza. Para determinar diferencias significativas entre las dosis aplicadas en el tiempo se utilizaron pruebas de DUNCAN (1955).

El probit 9 ($\text{DL}_{99,9968}$) se estimó a través de una regresión logit de la mortalidades hasta el día 4 (96 horas desde la irradiación; posteriormente la mortalidad natural aumentó a niveles superiores a 20%) con las dosis aplicadas usando el programa Estadística v 7.0

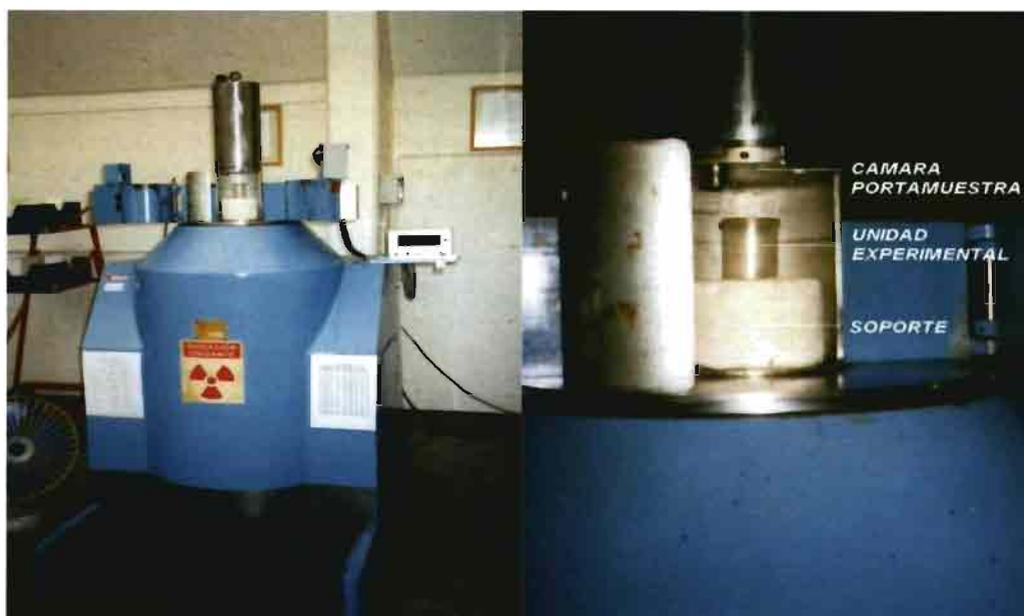


Figura 1. Irradiador Gammacell 220R de Cobalto 60.

[no se aplicó una regresión lineal por no cumplirse el supuesto de continuidad y de distribución normal de la variable dependiente (DOBSON, 1993; TAUCHER, 1999)].

RESULTADOS

Inmediatamente después de irradiar (Inm), las dosis de 1000 y 750 Gy presentaron mortalidades promedio corregidas de 22,3 y 10%, respectivamente, aunque sin diferencias significativas entre ambas. Las

dosis de 500 y 250 presentaron menores promedios de mortalidad corregida, 9 y 1,5%, respectivamente, aunque sin diferencia significativa entre ellas. El testigo, por el contrario, presentó una diferencia significativa con los tratamientos, con sólo 0,5% de mortalidad (Cuadro 1). Después de una hora, todos los niveles de mortalidad aumentaron. Las dosis de 500, 750 y 1000 Gy causaron mortalidades promedio de 33,4; 44,5 y 51,7%, respectivamente, sin diferencias significativas entre las dos mayores. En esta

Cuadro 1. Promedios acumulados de mortalidad de adultos de *F. australis* a varios intervalos (horas) desde la exposición a varias dosis de radiación ionizante y almacenamiento en frío (0-5°C) postirradiación.

Gy	Inm*	1 H	24 H	48 H	72 H	96 H	168 H	288 H
1000	22,3 e	51,7 d	98,9 c	99,7 b	100,0 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b
750	10,0 de	44,5 cd	96,8 bc	99,7 b	100,0 c	100,0 c		
500	9,0 cd	33,4 c	95,6 bc	97,8 b	98,9 bc	99,6 bc	100,0 b	
250	1,5 bc	15,8 b	91,4 b	97,8 b	98,8 b	99,3 b	100,0 b	
0	0,5 a	0,5 a	4,0 a	8,3 a	12,8 a	25,2 a	52,7 a	96,5 a

Promedios con la misma letra en una columna no son diferentes (P<0,05) según pruebas de rango múltiple de Duncan (1955). Inm*: evaluación inmediatamente después de irradiar.

medición, la dosis de 250 Gy presentó una mortalidad de 15,8%, diferente significativamente de las demás dosis aplicadas, y significativamente superior al testigo. A las 24 horas de la irradiación, la supervivencia disminuyó y sólo hubo diferencias significativas entre las dosis mayor y menor. Las mortalidades promedio fueron 91,4; 95,6; 96,8 y 98,9% para las dosis de 250, 500, 750, 1000 Gy, respectivamente, todas significativamente superiores al testigo. Estos niveles de mortalidad siguieron aumentando posteriormente, hasta alcanzar promedios de prácticamente 100% a las 96 horas. Bajo las condiciones del experimento, los trips adultos del control sobrevivieron aproximadamente 15 días.

La regresión logit resultó en la ecuación

$$y = \exp(-0,69315 + (0,1) * x) / [1 + \exp(-0,69315 + (0,1) * x)]; R^2 = 0,76$$

donde (x) representa la dosis aplicada, e (y) la mortalidad obtenida. Así, para obtener el probit 9 se reemplazó la variable (y) a un 99,9968% de mortalidad en la ecuación. Con ello, la dosis necesaria para obtener el nivel probit 9 de seguridad cuarentenaria se estimó en 188 Gy para las condiciones de esta investigación.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo una hora después de la exposición (33,4 a 51,7% de mortalidad con dosis de 250 a 1.000 Gy) son ligeramente inferiores a los de ARAYA *et al* (2007) para el trips de las flores *F. occidentalis* (Pergande) (44,7 a 67,5% para dosis de 500 y 1.000 Gy). Sin embargo, la mortalidad a los 14 días en ese estudio, fue mucho menor (79,6 versus 100% después de una semana en nuestro trabajo). Las diferencias entre ambos estudios pueden deberse, en parte, a los rangos de temperaturas distintos en cada estudio.

El probit 9 de 188 Gy estimado para mortalidad de adultos de *F. australis* en este trabajo es escasamente menor a los resultados recopilados por IDIDAS (2005) para otros

trips. Esto se debe probablemente al efecto de un factor sinérgico, como las condiciones de frío post irradiación en las que se mantuvieron los insectos en nuestro estudio. Estos resultados aumentan la información sobre el efecto de la irradiación en el género *Frankliniella* obtenida por ARAYA *et al.* (2007) con *F. occidentalis*, una especie cercanamente relacionada, muy común pero sin importancia cuarentenaria. Otros trips como *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford) y *Retithrips syriacus* (Mayet) requieren dosis de 200 Gy para su control (IDIDAS, 2005).

El probit 9 de seguridad cuarentenaria aceptado por varios países equivale a no más de 32 sobrevivientes en un millón de individuos tratados (uno en 31.250) (IAEA, 1985). En la actualidad, sin embargo, este nivel ha sido cuestionado, debido principalmente a que la seguridad cuarentenaria total debería basarse en estudios de esterilidad post irradiación, como ocurre en moscas de la fruta, donde se estipula un probit 9 (99,9968% de prevención de emergencia de otra generación de estados adultos) que se logra con 150 Gy.

Las dosis mínimas para inhibir el desarrollo de estados juveniles y aquellas para esterilizar los adultos de diversas plagas se encuentran en IAEA (2002). En la base de datos IDIDAS (2005), para Thysanoptera, se conocen niveles de esterilidad en *Frankliniella schultzei* (Trybom) con dosis de 250 Gy (YALEMAR *et al*, 2001). En *F. pallida* (Uzel), la esterilidad se logra con 100 Gy; *Frankliniella intonsa* (Trybom) requeriría 200 Gy, aunque con dosis de 100 Gy se alcanzaría la esterilidad en varios estados preadultos; *Thrips palmi* (Karny) y *T. tabaci* (Lindeman) requieren 300 Gy para esterilizar adultos y 350 a 400 Gy para inhibir el desarrollo de los estados juveniles (IDIDAS, 2005). Este parámetro de esterilización deberá ser considerado en otros estudios con *F. australis*.

En la actualidad, sólo EE.UU. ha aceptado y aplicado protocolos de comercialización utilizando la irradiación como herramienta cuarentenaria. Japón, Nueva Zelanda y Australia han avanzado en esta materia y se espera que a medida que la tecnología se desarro-

lle, la percepción pública mejore y se incorporen países como Corea, China, Taiwán e India, países sudafricanos, de América Central y Sudamérica (HEATHER, 2002). Por el bajo número de investigaciones aún no se ha desarrollado un protocolo de irradiación como tratamiento cuarentenario para el control de trips y sólo se han hecho pequeñas experiencias sobre el efecto combinado con otros tratamientos cuarentenarios. En marzo de 2002 se hizo el primer ensayo de comercialización incluyendo la irradiación para el control cuarentenario de trips en la exportación de orquídeas desde Tailandia a Nueva Zelanda. Las flores expuestas al BrCH_3 para el control del trips de la orquídea *Thrips palmi* sufrían daño, y se optó por un tratamiento cuarentenario combinado consistente en inmersión en el insecticida imidacloprid 10% SL, irradiación a 350 Gy y almacenamiento en frío a 15°C. Este procedimiento fue eficaz y económico para el control de este trips en las orquídeas (BANSIDDHI *et al.*, 2002).

A pesar de los antecedentes anteriores, mientras no existan estudios que permitan estandarizar el reconocimiento de la esterilidad durante las inspecciones en los sitios de inspección cuarentenaria de productos agrícolas, el probit 9 se seguirá utilizando para determinar la seguridad cuarentenaria en términos de mortalidad.

CONCLUSIONES

La evaluación de mortalidad inmediatamente después de aplicar las dosis de irradiación indicó un efecto escaso, ya que las dosis de 250, 500, 750 y 1000 Gy presentaron mortalidades corregidas promedio de sólo 1,5; 9,0; 10,0 y 22,3%, respectivamente. A la hora de irradiar se logró un mayor control, ya que las dosis de 250, 500, 750 y 1000 Gy aumentaron la mortalidad a 15,8; 33,4; 44,5 y 51,7%, respectivamente. Para las dosis de 1000 y 750 Gy, el 100% de mortalidad se obtuvo al tercer día de la irradiación, momento en que el testigo presentó 12,8% de mortalidad. Las dosis de 250 y 500 Gy causaron mortalidad total a 7 días de la exposición. Una regresión logit con los resultados obtenidos hasta el día 4 estimó un Probit 9 de 188 Gy, dosis ligeramente menor a aquellas indicadas en la literatura para otros tisanópteros. Bajo condiciones de frío (0-5°C) y con brotes florales de alfalfa como alimento, algunos adultos sin irradiar sobrevivieron hasta 15 días. Ello demuestra que la irradiación es una alternativa al BrCH_3 en postcosecha para el control cuarentenario de *F. australis*, que el efecto de estos tratamientos depende de las dosis aplicadas, y que la mortalidad aumenta con el tiempo luego de la exposición.

ABSTRACT

ARAYA J. E., T. CURKOVIC, A. CAYO. 2007. Use of gamma irradiation as a quarantine control method for *Frankliniella australis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 33: 589-594.

The black flower thrips, *Frankliniella australis* (Morgan), a Chilean species, causes quarantine rejections of fresh fruits for export. Today, fumigation with CH_3Br is efficient to avoid these rejections, but is questioned because it affects the ozone layer, irradiation of foods being an alternative. The effect of gamma irradiation was studied in the laboratory on *F. australis* adults, at dosages of 250, 500, 750, and 1000 Gy, followed by storage at 0-5°C to simulate shipping conditions. Mortality immediately after irradiation was low (1.5 to 22.3% at 250 and 1000 Gy, respectively), but increased an hour later (15.8, 33.4, 44.5, and 51.7% with 250, 500, 750, and 1000 Gy, respectively). In this evaluation, mortality with the greatest dosage was significantly larger than with 500 and 250 Gy, while results with 750 and 500 Gy were not different between them but different with the smallest dosage. At 24 hours, mortality with all dosages surpassed 91%, although only that at 1000 Gy was significantly greater than at 250 Gy. At day 4th (96 hours) there was at least 98.8% mortality for the irradiation treatments, with significant differences with the control, which then presented only 12.8% mortality. Using logit regression with

results up to day 4, a probit 9 ($LD_{99.9968}$) for adults was estimated at 188 Gy. This dosage is slightly less to those indicated in the literature for control of other thrips, which may be explained because of the combined use of cold storage, although more studies are necessary of this technology under commercial conditions to verify its applicability for quarantine control of *F. australis*.

Key words: Black flower thrips, probit 9, quarantine control.

REFERENCIAS

- ABBOTT, W. S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide, *J. Econ. Entomol.*, **1118**: 265-267.
- ARAYA, J. E., CURKOVIC, T. 2006. La radiación gamma como tratamiento cuarentenario de plagas en productos hortofrutícolas de exportación, *Aconex*, **91**: 13-17.
- ARAYA, J. E., CURKOVIC, T., ZÁRATE, H. 2007. Mortality of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) by gamma irradiation, *Agricultura Técnica (Chile)*, **67** (en prensa).
- ARTIGAS, J. 1994. *Entomología económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario*, Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile, Vol. I, 1126 p.
- BANSIDDHI, K.; SIRIPHONTANGMUN, S.; RUMCHIAPIKUL, S.; KIENMEESUKE, P.; PRASONGSAB, S.; JAIPETCH, U.; KASA, S.; ONBOON, P.; KAMNUNSAK, V. 2002. Combination treatments with irradiation for controlling orchid thrips, *Thrips palmi*. In: *Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities*, IAEA-TECDOC-1427. Joint FAO/IAEA Div. of Nuclear Tech. in Food and Agriculture 2002, Edited Nov. 2004.
- DOBSON, A. J. 1993. *Introduction to statistical modeling*, Chapman & May, London.
- DUNCAN, D. B. 1955. Multiple F and multiple range test, *Biometrics*, **11**: 1-41.
- HALLMAN, G. J. 2001. Ionizing irradiation quarantine treatment against sweet potato weevil (Coleoptera: Curculionidae), *Florida Entomol.*, **84**, 3: 415-417.
- HEATHER, N. W. 2002. Generalized quarantine disinfestation research protocol. In: *Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities*. IAEA-TECDOC-1427. Joint FAO/IAEA Div. of Nuclear Tech. in Food and Agriculture 2002. Edited November 2004.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1985. *Summary report on the use of irradiation as a quarantine treatment of agricultural commodities*, IAEA, Vienna, Tech. Doc. **326**: 5-15.
- IAEA. 2002. Final FAO/IAEA Research Coordination Meeting (RCM) of the Coordinated Research Project on "Irradiation as a Technique for Food and Agricultural Commodities", Vienna 4-8 Nov. 2002, rev. 24 abril 2006 in: <http://www.iaea.org/programmes/nafa/d5/crp/phytosanitary-final-nov02.pdf>.
- ICGFI (International Consultative Group on Food Irradiation). 1991. *Irradiation as a quarantine treatment of fresh fruits and vegetables*, Report of a Task Force Convened by the International Consultative Group on Food Irradiation Bethesda, Maryland, 7 to 11 January 1991, Document 13, rev. 24 abril 2006 in: <http://www.iaea.or.at/icgfi/documents/13document.htm>.
- ICGFI. 1999. *Facts about food irradiation*, Vienna, Austria, 48 p.
- IDIDAS (International Database on Insect Disinfestation and Sterilization). 2005. (No title), Joint FAO/IAEA Div. of Nuclear Tech. in Food and Agriculture, rev. 24 abril 2006 in: <http://www-ididas.iaea.org/IDIDAS/default.htm>.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2005.6 en: www.alternativasbromurometilo.cl.
- MEJÍA, M. 2005. Bromuro de metilo, *Boletín NAPPO (North American Plant Protection Organization)*, marzo 2005.
- TAUCHER, E. 1999. *Bioestadística, segunda edición*, Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 310 p.
- YALEMAR, J.; HARA, A.; SAUL, S.; JANG, E.; MOY, J. 2001. Effects of gamma irradiation on the life stages of yellow flower thrip, *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae), *Ann. Appl. Biol.*, **138**: 263-268.

(Recepción: 21 junio 2007)

(Aceptación: 11 enero 2008)