



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Lethal Effect of Gamma Radiation on *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) 【Research report】

加馬射線對米象 (*Sitophilus oryzae* (L.)) (Coleoptera: Curculionidae) 之致死效應【研究報告】

Tsan Hu* and Chia-Che Chen Wu-Kang Peng

胡燦*、陳家杰、彭武康

*通訊作者E-mail :

Received: 2002/07/01 Accepted: 2002/08/09 Available online: 2002/09/01

Abstract

The rice weevil(*Sitophilus oryzae* (L.)) was reared on brown rice in a growth chamber at 27-30°C . The eggs, larvae, pupae, and adults were exposed to gamma radiation in the Institute of Nuclear Energy Research' s mega curie Co-60 irradiation plant at dosages ranged from 5 to 800 Gy. A dose of 25 Gy prevented eggs from developing to the adult stage. A dose of 40 Gy was required to prevent larvae from developing. Doses above 80 Gy appeared to produce a sterilizing effect on this species.

摘要

米象(*Sitophilus oryzae* (L.))以糙米為飼料在27-30 °C的生長箱內培養。其卵、幼蟲、蛹及成蟲均在核能研究所加馬照射廠完成照射工作。照射劑量範圍從5到800 Gy。經25 Gy照射能防止卵發育為成蟲。僅40 Gy照射可抑制幼蟲發育。成蟲的不育劑量為80 Gy。

Key words: rice weevil, *Sitophilus oryzae*, gamma radiation

關鍵詞: 米象、*Sitophilus oryzae*、加馬照射

Full Text:  [PDF\(0.53 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

加馬射線對米象 (*Sitophilus oryzae* (L.)) (Coleoptera: Curculionidae) 之致死效應

胡 燦* 陳家杰 核能研究所 桃園縣龍潭郵政 3-27 信箱

彭武康 國立台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段 1 號

摘 要

米象(*Sitophilus oryzae* (L.))以糙米為飼料在 27-30 °C 的生長箱內培養。其卵、幼蟲、蛹及成蟲均在核能研究所加馬照射廠完成照射工作。照射劑量範圍從 5 到 800 Gy。經 25 Gy 照射能防止卵發育為成蟲。僅 40 Gy 照射可抑制幼蟲發育。成蟲的不育劑量為 80 Gy。

關鍵詞：米象、*Sitophilus oryzae*、加馬照射

前 言

近年來，國人對食米消費形態改變，小包裝米風行國內。米質好、包裝精美、重量適中，深受消費者的肯定。據廠商報導，約有十分之一的小包裝米因遭蟲害而退貨。早年調查，米象(*Sitophilus oryzae* L.)為台灣地區糙米及白米儲藏時之主要害蟲(Lin, 1958)。稻穀倉儲期間，米象亦為主要害蟲之一(Peng, 1979)。早在 1957 年，Cornwell 等人曾提出利用加馬射線防治儲物害蟲。隨後有大量照射測試，以防治米象等儲物害蟲(Cogburn *et al.*, 1972)。也測定了米象不育(孕)照射劑量(Wiendl *et al.*, 1974)。

世界上，超過 40 個國家核准食物照射，照射食品商業運轉的國家也多於 30 個

(Loaharanu, 2001)。我國於民國 67 年開始研發食物照射(food irradiation)。起初衛生署採逐項審核，民國 71 年核可照射食品有食米等 10 項，逐年增加核准食品項目。後來改為以食品種類審核，到 88 年核准了穀類等 12 類食品。近年來，國內推廣食物照射成功(蒜頭照射抑制發芽)，顯示國人業已破除心理障礙坦然接受高品質的照射食品。本研究探討米象之輻射反應，藉以用合理的照射劑量切斷其生命週期，有效率的應用加馬射線防治米象為害小包裝米。

材料及方法

一、供試昆蟲之飼育及加馬照射劑量率

參試的米象，係國立台灣大學昆蟲學系儲

*論文聯繫人

物昆蟲研究室飼養多年的品系，經繁殖後備用。米象以粳糙米為飼料，在生長箱內進行培養，每日照光 12 小時，晝夜溫各為 30 及 27 °C。用廣口塑膠瓶為養蟲瓶，瓶蓋覆以銅絲網(#60)以利通氣，小瓶容量 150 ml、中瓶為 1 公升、大瓶 5 公升。在 5 °C 冷房內，使用#10 篩子分離成蟲與糙米。利用核能研究所加馬照射廠完成照射工作，在照射室內的小旋轉台照射米象卵；大旋轉照射其幼蟲、蛹及成蟲。以化學劑量計 Fricke 測定劑量率，小旋轉台為 3.24 Gy/min；大旋轉台是 12.78 Gy/min。

二、卵期之處理

米象卵期照射測試，分為兩批進行測試，每批各取糙米 500g 置於大養蟲瓶中，再移入米象成蟲約 2000 隻，使米象產卵於糙米，二天後篩去成蟲，將含有米象卵的糙米充分攪拌後分裝於小養蟲瓶內，每瓶含糙米 20 g。一批於篩去成蟲當日照射其卵齡為 1-2 日；另一批於次日照射齡卵為 2-3 日。有 0、5、10、15、20、25 Gy 等 6 個照射處理，重複 4 次，計 24 瓶 (6×4=24)。待羽化後挑出成蟲，逐日記錄。

三、幼蟲期之處理

米象幼蟲期照射測試，使米象成蟲約 3000 隻產卵於 600 g 糙米，產卵 6 天後篩去成蟲，再經 4 天後將含有幼蟲的糙米充分攪拌後分裝於小養蟲瓶內，進行照射，照射時幼蟲日齡為 1-6 天。另一批測試較大的幼蟲，700 g 糙米放入成蟲約 2000 隻，成蟲在糙米上產卵 10 天後篩去成蟲，再過 10 天後分裝於小瓶內隨即進行照射，照射時幼蟲日齡為 6-16 天。每組都有 20 瓶 (5×4=20)，各有 0、10、20、30、40 Gy 等 5 個照射處理，重複 4 次，每瓶含糙米 (內有幼蟲) 20 g。均待羽化後挑出成蟲，逐日記錄。

四、蛹期之處理

米象蛹期照射測試，使 2000 隻成蟲產卵於 600 g 糙米，二天後篩去成蟲，產卵 25 天後分裝於小瓶並進行照射，每瓶含糙米 (內有蛹) 20 g。照射劑量為 0、100、200、400、800 Gy 等 5 個處理，重複 4 次共計 20 瓶 (5×4=20)。待羽化後挑出成蟲，逐日記錄。

五、成蟲期之處理

米象成蟲期照射測試，包括成蟲存活率及不育(孕)性兩項測試。前者，將新羽化的成蟲，分別經 0、20、70、150 Gy 照射後，分別裝入含 33 g 糙米的小瓶中，每瓶含成蟲 100 隻，重複 4 次共計 16 瓶 (4×4=16)。每週調查並除去各瓶的死成蟲，每隔兩週更換糙米(避免 F₁ 成蟲出現)。後者，將羽化 5 天內的成蟲，分別經 0、10、20、30、40、50、60、70、80 Gy 照射後，裝入含 45 g 糙米的小瓶內，每瓶具 70 隻成蟲，重複 4 次共計 36 瓶 (9×4=36)。經 20 天後篩去成蟲，待 F₁ 世代羽化後挑出成蟲，逐日記錄。

六、統計分析方法

機率值分析(Shen, 2000)，以上米象卵、幼蟲、蛹、成蟲輻射反應資料均經機率值轉換 (probit transformation)，作迴歸分析，再經顯著性測定後，計算半致死或半不育照射劑量 (LD₅₀ 或 SD₅₀)，以及機率值-9 所需照射劑量 (LD_{99.9968} 或 SD_{99.9968})，後者為檢疫照射所要求的照射劑量(Burditt *et al.*, 1971; Tuncbilek, 1997)。

七、稻米照射滅蟲儲存處理

中型養蟲瓶內放入糙米 200 g、新羽化成蟲 20 隻及含幼蟲糙米(產卵後 10-20 天)40 粒，分別照射 0、20、70、150 Gy 後儲存兩

個月，重複 4 次共計 16 瓶 (4×4=16)。逐月調查每瓶內的成蟲個數，共調查二次。

結 果

米象卵期經加馬射線照射後，各劑量處理的結果如表一，兩組均顯示，卵期經 5 Gy 的加馬照射會顯著影響米象的發育，羽化成蟲數目減少；經 15 Gy 以上的照射則能羽化的成蟲很少，僅 25 Gy 的照射就無成蟲羽化。資料經機率值分析，米象 1-2 日齡卵的半致死照射劑量為 9.29 Gy，機率值-9 照射劑量為 25.56 Gy；而 2-3 日齡卵則稍高，分別為 9.56 Gy 及 25.71 Gy。

米象幼蟲期經加馬射線照射後，各劑量處理的結果如表二所示，較大幼蟲組(照射時為 6-16 日齡的幼蟲)經 20 Gy 的照射才會顯著的影響幼蟲的發育，而較小幼蟲組(照射時幼蟲為 1-6 日齡)經 10 Gy 的照射幼蟲發育就會受到顯著的影響，兩者經 40 Gy 照射就無成蟲羽化。米象大幼蟲組比小幼蟲組較耐輻射，大幼蟲組的成蟲羽化率不論在 10、20、30 Gy 都高於同劑量處理的小幼蟲組。羽化盛期也因照射而延遲，小幼蟲組的 10 Gy 組比對照組延遲 2 天，20 Gy 組遲 3 天；大幼蟲組則 10 Gy 組與對照組相似，20 Gy 組僅延後 2 天。大幼蟲組 10 Gy 組的羽化成蟲數稍高於對照組，雖未達顯著水準，可能屬於輻射刺激效應

表一 米象卵期經加馬射線照射後之效應

Table 1. Effect of gamma radiation on eggs of the rice weevil

Radiation dose (Gy)	Eggs developing to the adult stage, when irradiated at the indicated age (day)			
	1-2		2-3	
	Mean	%	Mean	%
Control	266.50 a	100.00	351.25 a	100.00
5	193.00 b	72.42	262.25 b	74.66
10	38.50 c	14.44	48.25 c	13.73
15	7.25 d	2.72	13.50 d	3.84
20	0.75 d	0.81	4.25 d	1.21
25	0.00 d	0.00	0.00 d	0.00

Means in a column followed by the same letter do not significantly differ at the 0.05 level by Duncan's test.

表二 米象幼蟲期的輻射敏感性

Table 2. Radiation sensitivity of larval stages of the rice weevil

Radiation dose (Gy)	Adults developed from larvae irradiated at the indicated age (day)			
	1-6		6-16	
	Mean	%	Mean	%
Control	766.25 a	100.00	457.50 a	100.00
10	630.50 b	82.28	458.25 a	100.16
20	377.00 c	49.20	416.25 b	90.98
30	29.00 d	3.78	59.75 c	13.06
40	0.00 e	0.00	0.00 d	0.00

Means in a column followed by the same letter do not significantly differ at the 0.05 level by Duncan's test.

(hormesis)。資料經機率值分析，米象小幼蟲組的 LD₅₀ 照射劑量為 19.05 Gy，機率值-9 照射劑量為 42.66 Gy；大幼蟲組則分別為 24.22 Gy 及 45.70 Gy。

米象蛹期輻射反應，如表三所示經 200 Gy 的照射才會顯著影響到成蟲羽化，經 400 Gy 照射則羽化的成蟲更少，800 Gy 則可完全抑制米象成蟲羽化。米象蛹期雖耐輻射，但羽化的成蟲壽命短且不活潑。資料經機率值分析，米象蛹期 LD₅₀ 照射劑量為 281.17 Gy，機率值-9 照射劑量為 866.28 Gy。

表三 米象蛹期經加馬射線照射後所羽化的成蟲
Table 3. Metamorphic development of gamma irradiated pupae of the rice weevil

Radiation dose (Gy)	Adult	
	mean	%
Control	215.25 a	100.00
100	186.75 a	86.75
200	71.00 b	32.98
400	15.50 c	7.20
800	0.00 c	0.00

Means followed by the same letter do not significantly differ at the 0.05 level by Duncan's test.

米象成蟲存活測試，如圖一所示對照組可活達第 11 週，在第 8 週時存活率才低於一半。經 20 Gy 照射的成蟲，可活到第 9 週而第 5 週時存活率接近五成。經 70 Gy 照射組，活不到五週，大部份死於第二週。照射劑量提高到 150 Gy，絕大部份成蟲僅有一週的壽命。

米象成蟲照射後 70 隻成蟲所產生 F₁ 成蟲數如表四所示，僅 10 Gy 的照射就有顯著抑制效應，20 Gy 照射組的後裔數降為二成以下，40 Gy 組只有極少數之後裔。本試驗結果顯示，米象成蟲經 80 Gy 照射則不會產生後代。本資料經機率值分析，照射米象成蟲 18.87 Gy 則次世代成蟲數減半，機率值-9 照射劑量為 74.25 Gy。

表四 米象成蟲經加馬射線照射後產生後裔數
Table 4. Progeny of adults produced by irradiated adults of the rice weevil

Radiation dose (Gy)	Progeny F ₁	
	mean	%
Control	819.75 a	100.00
10	451.25 b	55.04
20	149.50 c	18.23
30	20.00 d	2.43
40	8.00 d	0.97
50	3.70 d	0.45
60	3.00 d	0.36
70	1.13 d	0.13
80	0.00 d	0.00

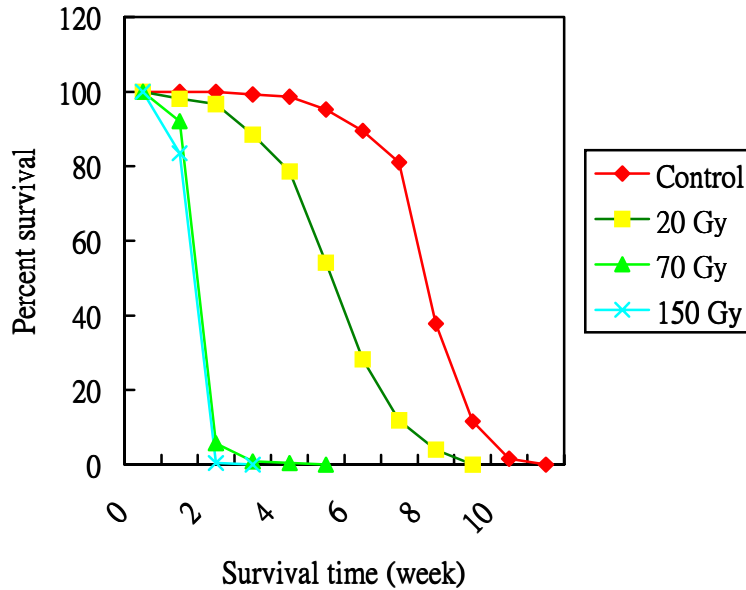
Means followed by the same letter do not significantly differ at the 0.05 level by Duncan's test.

照射滅除米象的粳糙米儲藏測試，如表五所示，儲藏後第一個月的平均每瓶成蟲個數，在對照組、20、70、150 Gy 組分別是 85.00、34.00、20.00、20.00 隻成蟲，再過一個月後則分別增加為 828.50、167.75、20.75、20.00 隻。本測試，對照組的成蟲數呈逐月鉅量增加；20 Gy 組亦逐月增加；70 Gy 組最初放進的成蟲及幼蟲在第一個月調查時已經死亡，僅第二個月微增 3 隻成蟲(4 重複合計)；150 Gy 組的兩次調查僅能見到最初放進的成蟲之屍體。

表五 儲藏照射後糙米所含米象成蟲數
Table 5. Average number of adults of the rice weevil found in irradiated brown rice

Radiation dose (Gy)	Months after irradiation	
	1	2
Control	85.00 a	828.50 a
20	34.00 b	167.75 b
70	20.00 c	20.75 c
150	20.00 c	20.00 c

Means in a column followed by the same letter do not significantly differ at the 0.05 level by Duncan's test.



圖一 米象成蟲的存活率

Fig. 1. Survival curve of the rice weevi

討 論

要探討米象為害小包裝米，必先了解米象入侵途徑。如果在稻穀或糙米時業已受到米象污染，在精米過程中(由糙米碾為白米)，僅 2 成的米象會存活下來(Lucas and Riudavets, 2000)，可能是小包裝米的蟲源之一。另外，在精米後包裝前也可能受到米象污染，當小包裝米所含的蟲口很少消費者不易察覺，在販賣儲存時經多世代的繁殖才能造成米商退貨損失(退貨率約為 1/10)。

利用加馬射線照射滅除儲物害蟲，必需先確定滅蟲照射劑量，因此需要了解害蟲生活史中各時期的輻射反應，才能應用最經濟的照射劑量滅蟲。文獻記載，稻米儲物害蟲輻射反應資料甚少且不完整：諸如米象成蟲不育照射劑量為 70 Gy (Wiendl *et al.*, 1974)，米象成蟲經 132 Gy 照射最多存活 21 天(Tilton *et al.*,

1966)，同屬的穀象成蟲的不育劑量為 100 Gy (Aldryhim and Adam, 1999)。米象生活史包含卵、幼蟲、蛹、成蟲四個時期，據本研究結果，僅需 40 Gy 的加馬照射即可消除米中所含的米象卵及幼蟲。米象蛹及成蟲雖然較耐輻射，成蟲經 80 Gy 照射具不育性，不能孳生後代。

優良包裝材料是保證小包裝米照射滅蟲成功的要件，可防止外界米象的再度入侵。民國 84 年西螺農會測試，該農會生產的小包裝米(非真空包裝者)送核研所照射後，置放於該農會蟲害嚴重的倉庫中儲藏 4 個月(3 月到 7 月)，經農會檢查包裝內的白米無蟲害，證實加馬照射的滅蟲效果，及該農會的一般小包裝米之包裝材料(具有針孔)，足可防止外界害蟲的侵入為害。

輻射滅除米象的研發推廣，曾有頗多的學者參與。早期研究，就有利用加馬照射滅除米

象者(Cornwell *et al.*, 1957)。隨後的小麥失重研究，經 100 Gy 加馬照射就能有效抑制米象為害(Brower and Tilton, 1973)。另外，僅經 70 Gy 的加馬照射，就能消除米象為害防止了玉米、稻米、通心粉的失重(Wiendl *et al.*, 1974)。大規模照射試驗，122 公噸遭米象為害的小麥經 274 Gy 的加馬照射後，有效防治了米象繼續為害(Cogburn *et al.*, 1972)。雖然各學者所使用的照射劑量有所出入，但近於或大於 80 Gy 的不育劑量，均能有效的切斷米象生活史，証實了加馬照射滅蟲效應。本研究的照射滅除米象的糙米儲藏測試，結果相同。

米象會不會對輻射產生抗性，是學者注意的焦點。據報導，低於致死劑量照射米象 6 世代後並無增加抗輻射性(Brower *et al.*, 1973)。地球上，自有生物始就與輻射(來自太空及地球)共存至今，可信應不會產生抗性。

照射會不會影響食米品質，是大眾關注的要點。據報導，白米經 500 Gy 以下劑量照射不會影米質及烹調品質(Lin *et al.*, 2001)。我國衛生署核准的滅蟲照射劑量為 1 kGy，而切斷米象生活史的照射劑量僅 80 Gy，遠低於官方規定劑量。因此，經 80-500 Gy 加馬照射即可消滅米象又維持食米品質及風味。

真空包裝、冷藏法也可以解決國內小包裝米蟲害。據西螺農會告知，以真空包裝米雖無蟲害，但包裝材料及設備都比一般包裝白米貴許多。冷藏法，是可行的避免蟲害方法(Yao and Lo, 1999)，但電費也很可觀。一般包裝的小包裝米，應用加馬射線照射滅蟲，是一種成本低及省能源的好方法。

引用文獻

Aldryhim, Y. N., and E. E. Adam. 1999. Efficacy of gamma irradiation

against *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 35: 225-232.

Brower, J. H., and E. W. Tilton. 1973. Weight loss of wheat ingested with gamma-radiated *Sitophilus oryzae* (L.) and *Phyzopertha dominica* (F.). J. Stored Prod. Res. 9: 37-41.

Brower, J. H., M. M. Hossain, and E. W. Tilton. 1973. Radiation sensitivity of successively irradiated generations of *Tribolium Castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae), and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera, Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 9: 43-49.

Burditt, A.K.Jr., S. T. Seo, and J. W. Balock. 1971. Basis for developing quarantine treatments for fruit flies. Disinfestation of fruit by irradiation. PL-422/5 pp, 27-31 International Atomic Energy Agency, Vienna. 1971.

Cogburn, R. R., E. W. Tilton, and J. H. Brower. 1972. Bulk-grain gamma irradiation for control insects infesting wheat. J. Econ. Entomol. 65: 818-821.

Cornwell, P. B., L. J. Crook, and J. O. Bull. 1957. Lethal and sterilizing effects of gamma radiation on insects infesting cereal commodities. Nature 179: 670-672.

Lin, T. 1958. Bionomic studies of rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). J. Agric. Res. China 8: 44-55. (in Chinese).

- Lin, Y., H. Y. Liu, X. L. Li, and P. X. Shi.** 2001. The establishment of good irradiation practice for insect disinfestations of cereal grain products. *Acta Agric. Nuclear Sinica* 15: 311-314. (in Chinese).
- Loaharanu, P.** 2001. Rising calls for food safety. Radiation technology becomes a timely answer. *Int. Atomic Energy Agency Bull.* 43: 37-42.
- Lucas, E, and J. Riudavets.** 2000. Lethal and sublethal effects of rice polishing process on *Sitophilus oryzae*. *J. Econ. Entomol.* 93: 1837-1841.
- Peng, W. K.** 1979. The occurrence of Coleopterous insect pests in stored *Japonica*, *Indica* and long grain *Indica* type rice. *Natl. Sci. Counc. Monthly* 7: 602-608. (in Chinese).
- Shen, M. L.** 2000. Statistical methods in biological assay. Zeou Chou Book, Taipei. 444 pp. (in Chinese).
- Tilton, E. W., W. E. Burkholder, and R. R. Cogburn.** 1966. Effects of gamma radiation on *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum*, and *Lasioderma serricorne*. *J. Econ. Entomol.* 59: 1363-1368.
- Tuncbilek, A. S.** 1997. Susceptibility of the saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), to gamma radiation. *J. Stored Prod. Res.* 33: 331-334.
- Wiendl, F. M., J. M. Pacheco, J.M.M. Walder, R. B. Sgrillo, and R. E. Domarco.** 1974. A method of determining the gamma radiation doses for the sterilization of stored product insects. Sterility principle for insect control IAEA. Proceedings of a symposium, Innsbruck. IAEA-SM-186/2 289-315.
- Yao, M. C., and K. C. Lo.** 1999. Evaluation of several mineral insecticides for control of stored product insects. *Chinese J. Entomol.* 19: 365-376. (in Chinese).

收件日期：2002年7月1日

接受日期：2002年8月9日

Lethal Effect of Gamma Radiation on *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

Tsan Hu* and Chia-Che Chen Institute of Nuclear Energy Research, Taoyuan, Taiwan 32525, R.O.C.

Wu-Kang Peng National Taiwan University, Taipei, Taiwan 106, R.O.C.

ABSTRACT

The rice weevil(*Sitophilus oryzae* (L.)) was reared on brown rice in a growth chamber at 27-30°C. The eggs, larvae, pupae, and adults were exposed to gamma radiation in the Institute of Nuclear Energy Research's mega curie Co-60 irradiation plant at dosages ranged from 5 to 800 Gy. A dose of 25 Gy prevented eggs from developing to the adult stage. A dose of 40 Gy was required to prevent larvae from developing. Doses above 80 Gy appeared to produce a sterilizing effect on this species.

Key words: rice weevil, *Sitophilus oryzae*, gamma radiation