

台灣熱帶家蚊之生物防治研究

第一類：伽瑪射線處理雄蛹的研究

Studies on the Biological Control of *Culex pipiens fatigans* in Taiwan

(1) Studies on the Effect of Gamma Irradiation on Male Pupae of *Culex pipiens fatigans*

諸亞儂 溫永福 曾文雄 蔡在壽 趙大衛

Yanung C. Wang, Yung-Fu Wen, Robert W. H. Tseng,
Tzay-Show Tsai, David Chao

摘 要

本實驗顯示台灣熱帶家蚊 *Culex pipiens fatigans*，在蛹期接受伽瑪射線的處理，會產生很高的不孕效果。以10kr的劑量處理雄蛹，至成蟲時，不孕率高達94.08%，而以11kr的劑量處理，不孕率更高97.57%。此種高度的不孕率，為蚊蟲生物防治的基本條件。蛹經伽瑪射線照射後，不但對成蟲的生命力沒有影響，而且其與正常雄蚊間對雌蚊的交配競爭能力亦無顯著之差別。此種不孕性在第二週交配的族群中反而提高，這一結果顯示其不孕性有良好的持續力。這種以伽瑪射線對雄蛹處理方法，作為台灣熱帶家蚊的生物防治，在實驗室中確有良好的效果。

緒 言

本實驗利用伽瑪射線處理台灣熱帶家蚊的雄蛹，用以觀察其不孕性、生命力、競爭性及不孕性的持續力是否能作為生物防治的實際應用。

熱帶家蚊在台灣為分佈最廣、數目最多的一種蚊蟲，這種蚊蟲對人體血絲蟲的感染擔任著重要的媒介角色。由於人類文明的進步，新的害蟲防治法迫使原先使用的方法漸漸落伍。生物防治法因其經

濟有效，且無副作用，故逐漸取代了傳統的藥物防治法。

1960年Kniling⁽⁵⁾與1965年Steiner et al.⁽¹⁰⁾分別以螺旋蠅 *Cochliomyia hominivorax* 及瓜蠅 *Dacus cucumbitae*的實驗，證實雌性昆蟲的不孕處理，可作為生物防治的最佳武器。

1959年Davis et al.⁽³⁾首次以伽瑪射線處理蛹期及成蟲期的雄瘧蚊 *Anopheles quadrimaculatus*，其不孕率很高，且經照射的雄蚊，其交配競爭性不亞於正常雄蚊。

材料及方法

實驗中所用的熱帶家蚊，係採自國立台灣師範大學校園中的卵塊，在實驗室中培養長成的成蟲，經繁殖三代以上，取其後代，作為實驗材料。

在實驗室中，大量繁殖蚊蟲；通常幼蟲約經十天蛹化，設法分出雄蛹作為照射處理之用。大量分出雄蛹最好方法是在蛹出現後，第一、二天進行，因早期蛹化者多半是雄蛹。首先將蛹和幼蟲加以分開，其方法是在一漏斗中盛3°C~4°C的冰水，將幼蟲和蛹浸浴其中，藉比重之不同將其分開（幼蟲沉下，蛹浮上）。其次再分開雄蛹和雌蛹，將鋁盒上裝置尼龍絲線編成的濾網，將蛹放入盒內浸入水

中，藉雌雄體型大小的不同與需氧的關係，個體較小的雌蛹，能自濾網穿出，以此達到分離的目的。

實驗中使用之伽瑪射線係利用台北市立中興醫院放射部門的 Gamaton，其放射性來自鈾 60 所產生的伽瑪線（ γ -ray）放射劑量的產生約為每分鐘 100 ~ 110 倫琴（Rontgens）。實驗中，距離 50 cm 照射 9 分 31 秒的照射劑量為一千倫琴（Kr）作為單位。茲將伽瑪射線處理過的雌蛹，對其成蟲之不孕率、生存力、競爭性及持續力的研究方法分述如下

1 不孕率（Sterility）：將分離出之雌蛹 100 隻分裝為一小盤，分別接受 5、6、7、8、9、10、11、12、13 Kr 的照射劑量，待其羽化後作類似 Jefftrson⁽⁴⁾ 的交配，即 N♀（正常雌蚊）× T♂（處理過的雄蚊），正常雌蚊與等數目照射過的雄蚊交配後，餵以大白鼠（Sproque - Dawley Strain）的血。吸血後三天產卵，卵經二天孵化，為慎重計，以三天為限，即產卵後三天，取卵塊在解剖顯微鏡下計數其不孕的卵，再計算其不孕率。不孕率的計算方法如下：

$$\text{不孕率} = \frac{\text{卵總數} - \text{卵的孵化數}}{\text{卵總數}} \times 100\%$$

2 生存力（Longevity）：經伽瑪射線處理後的

表一：熱帶家蚊雌蛹經伽瑪射線處理，再與雌蚊交配的繁殖力及不孕率（Table I. Fecundity and Sterility of *C. p. fatigans* irradiated as pupae and mated with untreated females）。

放射線劑量（千倫琴） Irradiated dose (Kr)	卵塊數目 No. of egg raft	每一卵塊所含平均卵數 Avg. No. of eggs per raft	不孕率（%） Sterility
5	5	235	16.90
6	7	249	28.26
7	16	202	44.66
8	12	191	73.91
9	14	225	88.29
10	28	151	94.08
11	24	168	97.57
12	34	142	98.82
13	23	179	99.28
控制組 (Control group)	15	228	2.44

雌蛹，其成蟲的生存能力是否受到影響，可以死亡率測知。在蛹期接受 7、9、11、13 Kr 劑量照射的雌蚊，每一百隻放入一蚊箱中為雌蚊獨居者，另每一百隻經不同劑量伽瑪射線處理後的雌蚊放入蚊箱後，各加入一百隻正常雌蚊，為雌雄同住者，以此作為實驗組。並與正常雌蚊的獨居者，同住者之控制組作一比較。

3 競爭性（Competitiveness）：接受伽瑪射線處理後的雌蛹，成蟲的交配能力可能減退，故需用不同比例的不孕雄蚊，和相同比例的正常雄蚊和雌蚊在一起，觀察其競爭的結果。本次實驗，雌蛹接受 7、9、11 Kr 的照射，而以照射後的雌蚊（♂T）、正常雄蚊（♂N）與正常雌蚊（♀N）的比例為 20 : 1 : 1，10 : 1 : 1，5 : 1 : 1 及 1 : 1 : 1 四種情況下比較其競爭性。

4 持續力（Permanence）：雌蛹接受伽瑪射線照射後，以 7 天為間隔，作三次與正常雌蚊交配，觀察三次不孕率的變動情形。

結 果

1 不孕率：雌蛹經伽瑪射線處理後，所得不孕率結果如表一；

2 生命力：雌蛹處理後，所得壽命結果如表二。

表二：熱帶家蚊雄蛹經伽瑪射線處理後，單獨飼養、與正常雌蚊單獨飼養的壽命比較 (Table 2 Comparisons of longevity of male *C.p. fatigans* irradiated as pupae, caged alone, with normal females alone)

放射線劑量 (千倫琴) dose (Kr)	處理雄蚊單獨飼養 (半數致死期)* T♂ alone (LP-50)	處理雄蚊與正常雌蚊共飼 (半數致死期) T♂ with N♀ (LP-50)	正常雌蚊單獨飼養 (半數致死期) N♀ alone (LP-50)
7	26	36	> 36
9	25	35	> 36
11	30	22	> 36
13	28	36	> 36
控制組 (Control group)	25	20	> 36

* 半數致死期 (LP-50)：死亡至族群的半數時所經過的時間 (天)。

3 競爭性：雄蛹經處理後，所作競爭性實驗的結果如表三。

表三：熱帶家蚊雄蛹經伽瑪射線處理及未經照射的正常雄蚊與正常雌蚊交配競爭力的比較 (Comparisons of competitiveness between male *C.p. fatigans* irradiated (T♂) and untreated male (♂N) for normal females (N♀))

放射劑量 (千倫琴) dose (Kr)	蚊 蟲 數 量 No. of mosquitoes T♂ : N♂ : N♀	成 功 : 失 敗 + : -	卡 方 值 x ²
7	1 : 1 : 1	5 : 6	0.42
	5 : 1 : 1	16 : 11	3.32
	10 : 1 : 1	17 : 9	4.15*
	20 : 1 : 1	14 : 1	0.24
9	1 : 1 : 1	11 : 19	0.61
	5 : 1 : 1	17 : 13	3.88
	10 : 1 : 1	11 : 7	3.47
	20 : 1 : 1	15 : 3	0.47
11	1 : 1 : 1	5 : 15	1.70
	5 : 1 : 1	11 : 19	2.56
	10 : 1 : 1	11 : 1	0.48
	20 : 1 : 1	13 : 2	0.09

+：競爭成功的卵塊 (不孕率 ≥ 20%) 數目

-：競爭失敗的卵塊 (不孕率 < 20%) 數目

*：0.1 > P > 0.05

4. 持續力：雄蛹接受 10 Kr 處理後之持續力，可由三次不孕率之變化表示，結果如表四：

表四：熱帶家蚊雄蛹經伽瑪射線處理，每間隔七日與正常雌蚊交配，前後三次的交配持續力的比較 (The Comparisons of permanence of three matings with normal females each with 7 days of *C.p. fatigans* irradiated as pupae)

組別 (Exp No)	不孕率 (Sterility)	第一週持續力 (%)	第二週持續力 (%)	第三週持續力 (%)
		P ₁ (%)	P ₂ (%)	P ₃ (%)
1		99.17 ± 0.35	98.45 ± 1.17	79.77 ± 9.23
2		96.52 ± 1.95	99.35 ± 0.35	97.36 ± 0.00
3		85.35 ± 6.60	99.41 ± 0.97	91.31 ± 5.44
平均 (average)		93.68 ± 2.97	99.07 ± 0.83	89.48 ± 4.89

討 論

以 10 Kr 以上的伽瑪射線處理熱帶家蚊的雄蛹，不孕率達 94.08% 以上；其不孕率隨照射劑量增加而提高（表一），因此利用此法作為熱帶家蚊的生物防治，具有良好的基本條件。

雄蛹經伽瑪射線處理後，其壽命與正常雄蚊比較，非但未曾減短，反而略為增長。由於本研究所需了解者為成蚊的早期，即有交配行為的這一段時間，對其最長能活多久並不重視，故至 36 天以後即不再繼續觀察。由於蛹經伽瑪射線處理過的雄蚊，其生命力均超過 25 天以上，同時雄蚊的交配均在成蚊的早期完成，因此以伽瑪射線處理後的雄蚊其生命足以完成交配的使命。

在競爭性的實驗中，從表二可以看出，實驗組的雄蚊對雌蚊的交配能力略為降低，可是利用 χ^2 (2×2 Contingency table with Yates correction) 法，得知除 7 Kr 之 10 (T♂) : 1 (N♂) : 1 (N♀) 有顯著差異 (P 值大於 0.05 但小於 0.1) 外，其餘皆無顯著差異，由此可知，處理過的雄蚊對雌蚊的交配能力仍保持一定。但是本實驗設計中，所使用的實驗箱，體積皆一樣，而放入的蚊蟲數目不同，例如 1 : 1 : 1 者放入雌雄蚊共 150 隻，而 20 : 1 : 1 者，蚊蟲的數目竟達 1100 隻，或許由於空間的不同，對其競爭性會有所影響。有關競爭的成功與否，作者等以一個卵塊中，含 20% 以上的不孕蟲卵者，則認為其競爭成功，因為在不孕率的實驗中，控制組的不孕率不超過 2.5% (表一)，因此以 20% 以上的不孕率認為競爭成功，

在應用上是十分可靠的。

由表四中我可以看出雄蛹在 10 Kr 照射後的不孕率，在第一週交配 (P₁) 所得的不孕率為 93.68%，此與不孕率的實驗 (表一) 結果 (10 Kr 之不孕率為 94.08%) 非常接近。第二次交配 (P₂) 所得的不孕率為 99.07%，可知照射後第二次交配所得的不孕率反而提高。由此結果可以看出，不論處理過的雄蚊在羽化後第一週內交配或第二週內交配，其不孕率均非常高，即使有少數在第三週交配，其不孕率仍高達 89.5%。由此可知經 10 Kr 處理過的雄蚊，其不孕性的持續力，在應用上是可行的。

總之，以不孕法處理過的雄蚊當作工具，為一種最可能用以防治熱帶家蚊的方法。不過在實際應用以前，尚應先以野外箱 (Field cage) 作實驗，以實驗室中的操作方法和結果為基礎，施行於野外箱中，例如試驗野外箱中正常的♀♂蚊蟲，經多少次施放處理過的雄蚊以及每次施放，其間隔的時間應為多久，始漸被消滅等。野外箱中試驗成功後，再作野外試驗。在此以前尚需對實驗地區熱帶蚊蟲的族群及其他生態因子先作詳盡的調查。有關野外箱的實驗結果待以後再行報導。

誌 謝

本研究由師大生物系前訪問教授蕭之的博士策劃，國科會連續資助兩年，中興醫院提供伽瑪射線設備，以及師大生物系賈愛華、黃麗文、潘淑英、王榮芳等同學的協助，始克完成，特此誌最誠懇的謝忱。

參考文獻

- 1 Anonymous 1970. Chem. Ent. News 48 (33) : 51
- 2 Dame, D. A. and Ford, H. R. 1964. Nature (Lond) 201 , 733 ~ 734
- 3 Davis , A. A., Gahan , J. B; Weidhaas, D. E. and Smith , C. N. 1959. J. Econ. Ent. 52, 868 ~ 870
- 4 Jefferson, M. E. 1960. Nucleonics 18 , 74 ~ 76.
- 5 Knipling, E. F. 1960. Scient. Amer. 203, 54 ~ 61
6. Krishnamurthy , B. S., Ray, S. N. and Joshi , G. C. 1962. Indian J. Malar. , 16 , 365 ~ 373
7. Morlan, H. B , Mcclray, E. M. and Kilpatrick, J. W. 1962. Mosquito News 22 , 295 ~ 300
8. Patterson, R. S., Weidhaas, D. E., Ford , H. R. and Lofgren , C. S. 1970. Science 168, 1368 ~ 1370
9. Smittle, B. J. 1968. The Florida Entomologist 51, 59 ~ 61
10. Steiner, L. F., Harris , E. J., Mitchell , W. C., Fufimoto, M. S. and Christenson, L. D. 1965. J. Econ. Ent. 58 , 519 ~ 522

Studies on the Biological Control of *Culex pipiens fatigans* in Taiwan(1) Studies on the Effect of Gamma Irradiation on Male Pupae of *Culex pipiens fatigans*

Yanung C. Wang, Yung-Fu Wen, Robert W. H. Tseng.

Tzay-Show Tsai, David Chao

Culex pipiens fatigans, the most common mosquitoes in Taiwan, when treated with γ -ray irradiation at pupal stage, the treated males : (1) result in high sterility. The sterilities are 94.08 % and 97.57 % with dosage of 10 kr & 11 kr respectively (Table 1). This high sterility is the basis for biological control of *C. p. fatigans* (2) either caged alone or cohabited together with normal females show little difference of longevity from normal control group (Table 2). (3) decrease mating ability, the competitive-

ness is lower than normal on 1:1 basis, but there is no significant difference at 5% level (Table 3). (4) Three matings were made with 7-days intervals each, the sterilities show no difference among these three matings within 21 days (Table 4).

In short, the biological control of *C. p. fatigans* by using γ -ray irradiation has got satisfactory results in laboratory. It shows high sterility, equal longevity, fair competitiveness and permanence of sterility on treated male mosquitoes.