

滅鼠靈對七種非目標動物毒性之比較研究

Effects of Rodenticide Warfarin on Seven Non-target Organisms *

呂 光 洋

摘 要

滅鼠靈 Warfarin 對七種非目標動物：泥鰍 (*Misgurnus anguillicaudatus*)，大肚魚 (*Gambusia patruelis*)，蝌蚪 (*Bufo sp.*)，淡水長臂蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*)，水蚤 (*Daphnia sp.*)，水蚯蚓 (*Tubifex sp.*) 及渦虫 (*Dugesia japonica*) 等變溫動物都有極嚴重的影響，各種動物對不同濃度的致死率，都被試出，在 96 小時的試驗期中，各種動物 100% 致死濃度分別為：泥鰍 90 ppm，大肚魚 160 ppm，蝌蚪 200 ppm，淡水長臂蝦 60 ppm (24 hrs)，水蚤 200 ppm，水蚯蚓 300 ppm，渦虫 120 ppm。除外各種動物在 96 小時之 LC_{50} 濃度分別為：水蚯蚓 230 ppm，水蚤 140 ppm，蝌蚪 160 ppm，大肚魚 140 ppm，泥鰍 80 ppm，渦虫 65 ppm 及淡水長臂蝦 58 ppm (6 hrs)，比較各動物之 LC_{50} 濃度可見滅鼠靈對淡水長臂蝦的毒性最大，泥鰍及渦虫次之，而以水蚯蚓對滅鼠靈之忍受性最大。各種動物的 LC_{50} 濃度都低於現今廣被使用之含臘毒餌塊內滅鼠靈之濃度 0.025%—250 ppm。在實驗過程中，觀察受傷渦虫的個體比正常個體對滅鼠靈的敏感度要大得多，同時滅鼠靈可使渦虫個體發生不正常的收縮現象及身體發生潰瘍，濃度在 50 及 25 ppm 時可以抑制渦虫的再生 (Regeneration)，水蚯蚓及泥鰍等在死亡時個體均有流血現象，此項顯示滅鼠靈對變溫動物之影響，可能亦在於血液或體液之破壞。

結 言

據糧食局的估計，本省每年糧食作物因鼠患所造成的損失，約值幾億台幣，故鼠患之控制一直是省農林廳及農復會等機構，歷年來主要的研究重心。三年前，由植物保護中心調查而成之含臘鼠餌 (古德業及宣永康 1975)，據實驗結果顯示效果良好 (67 年度野鼠防除計劃工作檢討)。此種毒餌的主要成分為糙米 70%，滅鼠靈 Warfarin 0.025%，其餘則為工業用臘。其特性據說是防水、防潮；

它可能停留在自然生態系中很久而不腐化或變質，換句話，它對自然生態系的衝擊，或許也因而持續很久。滅鼠靈主要的優點是藥性強，可防止血液凝固，慢性毒，老鼠無忌避的現象，對人的毒性不大，且可以 Vit. K 來解毒 (古德業、宣永康 1977(2))。

滅鼠靈 (Warfarin) 是一種抗凝血劑，最先由美國人自香苜蓿 (Sweet clover) 中提煉出來 (古德業、宣永康 1977(1))，它的抗凝血現象是在溫血動物的研究上發現的，因而它的藥性及毒理作用都是以高等動物為主 (Gains 1951; Hayes

* 本實驗部份由國科會撥款補助 # NSC-66B-0204-05(01)

& Gains 1950; Heisey. et. al. 1956; Pimentel 1955; Blumberg et. al. 1960; Siddiqui & Jack 1963)。至於滅鼠靈對於低等動物或變溫動物之有否影響，我們在文獻上找不到任何資料。

近年來，隨著農業科技的發展，各種殺蟲劑及農藥等的用量越來越大，農藥及殺蟲劑的污染問題已日漸嚴重，有關這方面的研究，我們尚在一個起步的階段。據省農林廳統計，在 67 年度之防鼠週中，共計用去滅鼠靈粉劑（100%）545.50 公斤，這些滅鼠靈在自然生態系中，最後必會滲入土壤中進而流入溪流或池塘魚塢等水生生態系中，很自然的這是一種藥劑的污染，因此滅鼠靈對於非目標性動物（Non-target organisms）的影響，尤其是對一些水生低等動物之毒性及影響的知識，是我們急欲了解的。本研究即針對此問題而設計，實驗動物包括泥鰍（*Misgurnus anguillicaudatus*），大肚魚（*Gambusia patruelis*），蝌蚪（*Bufo sp.*），淡水長臂蝦（*Macrobrachium rosebergii*），水蚤（*Daphnia sp.*），水蚯蚓（*Tubifex sp.*）及渦蟲（*Dugesia japonica*）等七種。由此實驗結果相信對於水質的鑑定及養殖業的發展，會有相當大的幫助。

材料及方法

本研究的主要項目是決定滅鼠靈對各種不同動物的毒性（Toxicity），而毒性之決定則以致死率（Mortality）之高低來表示。各實驗動物除淡水長臂蝦及泥鰍採購自市場外，其他大肚魚、蝌蚪、水蚯蚓、渦蟲及水蚤等則分別從台北市及其近郊採得。符組動物在實驗前至少讓其在實驗室內馴化 48 小時。純滅鼠靈粉劑，由台北榮民化工廠提供。由於滅鼠靈極不易溶於水，但易溶於丙酮等有機溶劑（WHO 1973）。基於此特性，在配製各種濃度之滅鼠靈溶液時，以丙酮當媒介劑（carrier），再將它溶於池水中，以調配成各種不同濃度的試驗溶液，在調配中，丙酮與池水的比例為 1000 cc 之溶液中有 10 cc 之丙酮。由於以丙酮當媒介劑，因此在各組的實驗中，有二種對照組，以確定丙酮對試驗動物是否具有毒性，第一對照組的溶液為 10 cc 之丙酮對 1000cc 之溶液，而第二對照組則為純池水，各組的試驗濃度、動物數目及處置等請分

別參看表 1-9。

在大小相等之渦蟲、水蚤及水蚯蚓等的試驗中，分別將動物放在培養皿中，再盛以 25cc 之試驗溶液，而蝌蚪、淡水長臂蝦、泥鰍及大肚魚等，則分別將一定數目的動物個體放在燒杯中，再盛以 500 cc 之試驗溶液，將各組實驗動物分別放在室溫中（15-20°C），每天觀察記錄死亡動物之數目，至少連續觀察五天，再求出各組動物的致死率（Mortality）及百分之五十之致死濃度（LC₅₀ at 96 hrs），如果在對照組中有動物體死亡，則致死率以下列公式校正之（Ludke et. al. 1971）：

$$Mx = \frac{Sc - St}{Sc} \times 100 \%$$

Sc：對照組動物在實驗結束時存活的個體數目。

St：處理組動物在實驗結束時存活的個體數目。

當渦蟲之 LC₅₀ 濃度求出之後，再進一步試驗亞致死濃度（Sublethal concentration）之滅鼠靈溶液對受傷渦蟲個體及其再生（Regeneration）之影響。受傷渦蟲個體之處置為以銳利之刮鬚刀將渦蟲切割成兩半，再分別放入 50 及 25ppm 的滅鼠靈溶液中。於再生試驗中，亦同樣將虫體切成頭尾兩半，再分別放入不同濃度之滅鼠靈溶液中，連續觀察 10 天。再生之是否完全，則以眼點（eye spot）及尾部的長出與否來決定（杉野久雄，1964）。

結果與討論

滅鼠靈對泥鰍的影響，可由表 1 及圖 1 看出，當濃度在 100 ppm 以下，對泥鰍就有極大的影響，LC₅₀ 在 96 小時的濃度約為 80 ppm，處理組的泥鰍在濃度 100 ppm 時，經過 24 小時以後致死率即達 100%。由實驗過程中觀察，泥鰍在放入高濃度的滅鼠靈溶液之後，個體即有劇烈的扭動及時時欲跳出液面之現象。當泥鰍死亡以後，個體有流血及身體呈現僵硬等現象。

滅鼠靈對大肚魚的影響，可由表 2 及圖 2 看出；溶液濃度愈高時，則大肚魚的死亡率愈高。當試驗濃度高達 200 ppm 時，大肚魚在實驗開始後五小時，死亡率即高達 90%，24 小時後，死亡率更高

Table 1. Effects of warfarin solution on pond loaches.
(*Misgurnus anguillicadatus*) within 96 hours.

Conc Time (ppm) (hrs)	100	90	80	70	60	50	40	C-1	C-2
24	16 *	15	10	6	0	0	0	0	0
	100** %	93.75 %	62.50 %	37.50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
48	16	16	12	7	3	1	0	0	0
	100 %	100 %	75 %	43.75 %	18.75 %	6.25 %	0 %	0 %	0 %
72	16	16	12	7	4	1	0	0	0
	100 %	100 %	75 %	43.75 %	25 %	6.25 %	0 %	0 %	0 %
96	16	16	12	7	4	1	0	0	0
	100 %	100 %	75 %	43.75 %	25 %	6.25 %	0 %	0 %	0 %

* : # of test animals die in 8 replicates.

** : mortality.

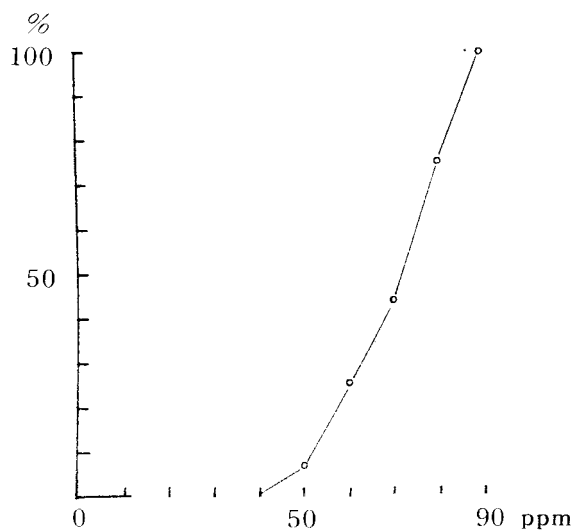


Fig. 1. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on pond loaches (*Misgurnus anguillicadatus*) after 96 hours testing.

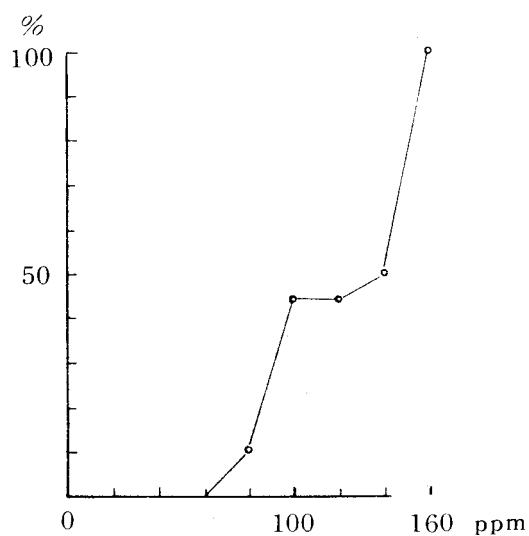


Fig 2. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on mosquito fishes. (*Gambusia patruelis*) after 96 hours testing.

達 100%，由圖 2 顯示，在 96 小時時 LC_{50} 之濃度約為 140 ppm。在實驗過程中觀察，當大肚魚放入較高濃度的試驗溶液以後，魚體亦如泥鰍一樣，做劇烈的扭動，然後肚子朝上游泳，死亡後即沈到燒杯底下，身體僵硬。除外尚有一特殊現象，即不少（約 20%）的試驗組個體在實驗期間有寄生的條虫從肛門排出，是否滅鼠靈對寄生性的動物亦有影響，則有待進一步的實驗證明。

至於滅鼠靈溶液，對於較高等脊椎動物——蝌蚪之影響，可由表 3 看出，經過 96 小時的處理以後，濃度在 140 ppm 以上的滅鼠靈溶液，就會造成蝌蚪死亡的現象，當濃度高達 200 ppm 時，死亡率即可達 100%，由圖 3 及表 3 可以看出在 96 小時時，滅鼠靈對此試驗蝌蚪的 LC_{50} 約為 160 ppm。由實驗過程中觀察，在高濃度的滅鼠靈溶液，200 及 180 ppm 時，有些動物體在三小時內即有病態發生，最通常的現象是身體倒翻，腹部朝上，以解剖針刺激時，沒有任何反應發生。

由上述滅鼠靈對於三種不同變溫脊椎動物實驗中可以看出來，它對低等的脊椎動物仍會造成死亡，見表 1—3，圖 1—3，如果將三種動物在實驗 96 小時以後之 LC_{50} 濃度：泥鰍 80 ppm，大肚魚 140 ppm，及蝌蚪 160 ppm 加以比較，可見泥鰍對於滅鼠靈最敏感。於死亡過程中觀察，三種動物對滅鼠靈的反應，似乎有一共同點，即較高濃度的滅鼠靈溶液，會使動物體劇烈扭動，而且死亡的個體，均呈僵硬現象。

不同濃度的滅鼠靈溶液，對節肢動物同樣有影響，由表 4 可以看出，滅鼠靈濃度達到 200 ppm 時，實驗開始後 6 小時，淡水長臂蝦的死亡率即達 100%，而在 24 小時之後，所有在 60 ppm 濃度以上溶液中的蝦子全部死亡，圖 4 顯示出，淡水長臂蝦在實驗 6 小時， LC_{50} 之濃度約為 58 ppm。觀察蝦隻死亡過程中，有少數蝦體在死亡時步行足有斷落的現象。至於滅鼠靈對於水蚤的影響可由表 5 看出，當處理濃度在 80 ppm 以上，滅鼠靈對水蚤就會造成死亡。當水蚤在滅鼠靈溶液中 96 小時以後，200 ppm 的溶液，即可造成約 98% 的水蚤死亡。圖 5 顯示，在 96 小時處理後，滅鼠靈對水蚤之 LC_{50} 濃度約為 140 ppm。由致死率與 LC_{50} 致死濃度的比較來看，淡水長臂蝦比水蚤對滅鼠靈

敏感多了！Gains 在 1951 年曾經指出，以 0.10 mg/g (body wt.) 的比例，將滅鼠靈餵給實驗用的東方家鼠吃，寄生在此鼠類身上之跳蚤 *Xenopsylla cheopis*，其健康情形及第一、二代的生殖力，都沒有受到顯著的影響。由 Gains 的報告看來，滅鼠靈似乎對跳蚤不發生壞的影響。雖然跳蚤、淡水長臂蝦及水蚤等同屬於節肢動物類，但滅鼠靈對此三類動物卻有不同程度的影響，此點可能要歸究於三種動物不同的生活情況，血緣關係的疏遠及不同的實驗狀況。

滅鼠靈溶液對於水蚯蚓同樣有壞的影響，表 6 顯示，當滅鼠靈溶液濃度在 300 ppm 以下時，實驗經過 24 小時之後，水蚯蚓都沒有死亡的現象，但經過 96 小時之後，300 ppm 的溶液就會造成水蚯蚓的全部死亡。圖 6 顯示，在 96 小時時，滅鼠靈對水蚯蚓之 LC_{50} 約為 230 ppm，此濃度比起上述各實驗動物之 LC_{50} 都要高。由實驗過程之觀察，水蚯蚓在較高濃度之處理溶液時 (> 200 ppm)，大部份的個體都會分泌一層黃色的粘狀物質，包在身體之周圍，同時在死亡個體的附近，亦往往可以見到血液流出的現象。當初滅鼠靈之化合物由香苜蓿被提煉出來以後，其藥理特性在溫血動物的個體上即被鑑定出來，可以阻碍血液的凝固（古德業、宣永康，1977 年）。在此實驗中，泥鰍及水蚯蚓等死亡流血的現象看來，似乎滅鼠靈對此二種動物之毒性亦與血液之被破壞有關。當然了，滅鼠靈對於低等動物作用的機制，尚有待生理及生化學家更進一步之研究。

渦虫 (*Dugesia japonica*) 對不同濃度的滅鼠靈溶液，同樣是非常敏感的。由表 7 可以看出，當滅鼠靈濃度達到 120 ppm 時在 6 小時之內，就足以造成全部實驗動物個體之死亡。經過 96 小時處理之後，100 ppm 的滅鼠靈溶液即可造成 93% 之死亡。圖 7 顯示，渦虫經過 96 小時之處理，滅鼠靈對渦虫之 LC_{50} 約為 65 ppm，而當濃度低於 50 ppm，動物體就很少有死亡的現象發生。進一步的，當渦虫個體在受傷（人為切割）時，牠對不同濃度滅鼠靈溶液之敏感度，似乎有增加的現象。由表 7 及表 8 可以看出，同樣在 50 ppm 及 25 ppm 之濃度時受傷個體的致死率要比沒有受傷個體的致死率要高得多，50 ppm 時，47.8% (H)，55.6

Table 2. Effects of warfarin solution on mosquito fish (*Gambusia patruelis*) within 96 hours.

Conc. Time (ppm) (hrs)	200	160	140	120	100	80	C-1	C-2
5	36 *	30	3	3	0	2	0	0
	90 ** %	75 %	7.5 %	7.5 %	0 %	5 %	0 %	0 %
24	40	30	12	12	4	2	2	1
	100 %	75 %	26.32 %	26.32 %	5.26 %	0 %	0 %	0 %
48	40	38	21	15	14	6	2	1
	100 %	94.74 %	50 %	34.21 %	31.58 %	10.52 %	0 %	0 %
72	40	38	21	17	18	6	2	1
	100 %	94.74 %	50 %	39.47 %	42.10 %	10.52 %	0 %	0 %
96	40	40	21	19	19	6	2	2
	100 %	100 %	50 %	44.74 %	44.74 %	10.52 %	0 %	0 %

* : # of test animals die in 10 replicates.

** : mortality.

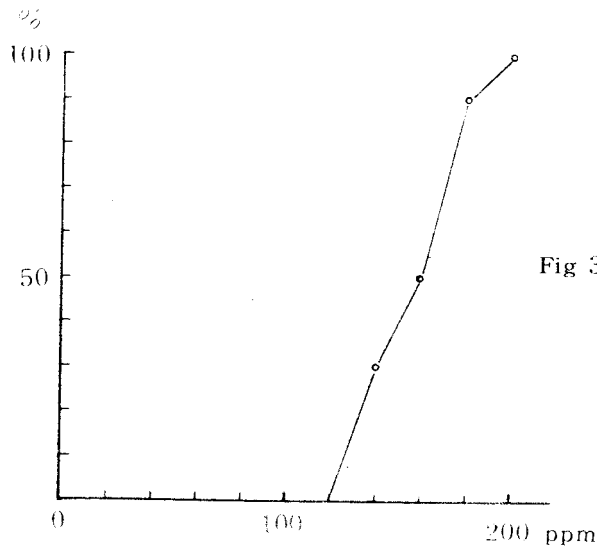


Fig 3. Percentages of mortality V.S. various concentrations of warfarin solutions on tadpole (*Buffo. sp.*) after 96 hours testing.

Table 3. Effects of warfarin solution on tadpole.
(*Buffo. sp.*) within 96 hours.

Conc. Time (ppm) (hrs)	200	180	160	140	120	100	C-1	C-2
3	15 *	4	0	0	0	0	0	0
	75 ** %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
24	17	15	3	0	0	0	0	0
	85 %	75 %	15 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
48	19	16	9	3	0	0	0	0
	95 %	80 %	45 %	15 %	0 %	0 %	0 %	0 %
72	19	18	10	4	0	0	0	0
	95 %	90 %	50 %	20 %	0 %	0 %	0 %	0 %
96	20	18	10	6	0	0	0	0
	100 %	90 %	50 %	30 %	0 %	0 %	0 %	0 %

* : # of test animals die in 5 replicates.

** : mortality.

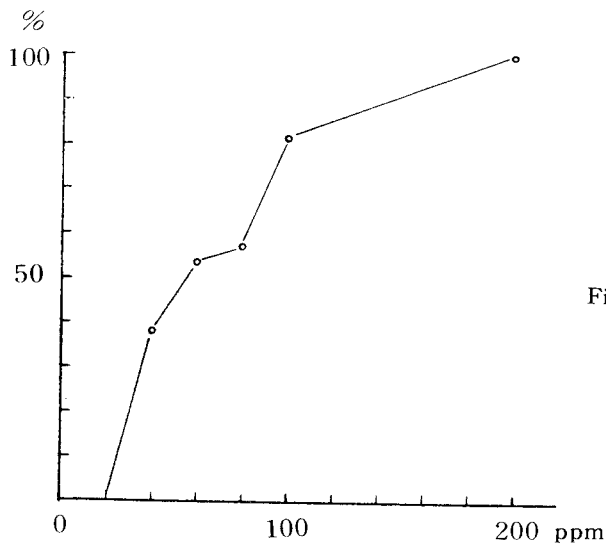


Fig 4. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on fresh water shrimps. (*Macrobrachium rosenbergii*) after 6 hours testing.

Table 4. Effects of warfarin solution on fresh water shrimp.
(*Macrobrachium rosenbergii*) within 48 hours.

Time (hrs) \ Conc. (ppm)	200	100	80	60	40	C-1	C-2
6	32 *	26	18	17	12	0	0
	100 ** %	81.25 %	56.20 %	53.10 %	37.5 %	0 %	0 %
24	32	32	32	32	20	0	0
	100 %	100 %	100 %	100 %	62.5 %	0 %	0 %
48	32	32	32	32	26	2	0
	100 %	100 %	100 %	100 %	81.25 %	0 %	0 %

* : # of test animals die in 8 replicates.

** : mortality.

Table 5. Effects of warfarin solution on water flea.
(*Daphnia sp.*) within 96 hours.

Time (hrs) \ Conc. (ppm)	200	160	120	80	C-1	C-2
24	0 *	1	1	1	0	0
	0 ** %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	0 %	0 %
48	2	1	1	1	0	0
	5 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	0 %	0 %
72	19	5	6	4	0	0
	47.5 %	12.5 %	15 %	10 %	0 %	0 %
96	39	33	9	5	0	0
	97.5 %	82.5 %	22.5 %	12.5 %	0 %	0 %

* : # of animals die in 10 replicates.

** : mortality.

Table 6. Effects of warfarin solution on aquatic oligochaeta.
(*Tubifex sp.*) within 96 hours.

Conc. Time (ppm (hrs))	400	300	250	200	100	50	C-1	C-2
24	0 *	0	0	0	0	0	0	0
	0 ** %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
48	28	28	4	4	0	0	0	0
	87.5 %	87.5 %	12.5 %	12.5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
72	32	32	20	8	2	2	0	0
	100 %	100 %	62.5 %	25 %	6.75 %	6.75 %	0 %	0 %
96	32	32	22	8	4	2	0	0
	100 %	100 %	68.75 %	25 %	12.5 %	6.75 %	0 %	0 %

* : # of test animals die in 8 replicates.

** : mortality.

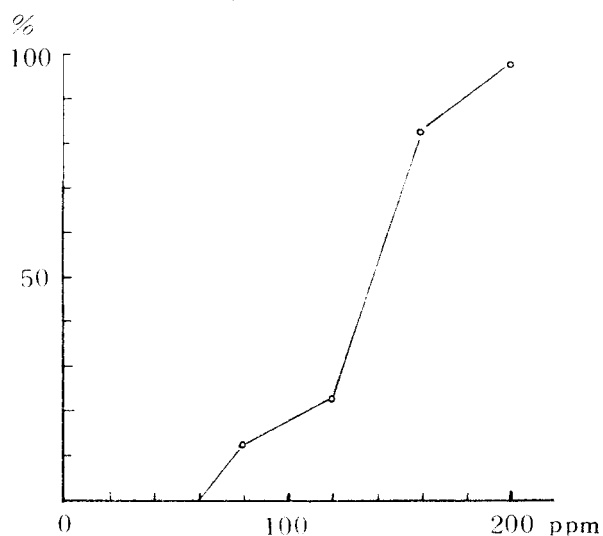


Fig 5. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on water flea. (*Daphnia sp.*) after 96 hours testing.

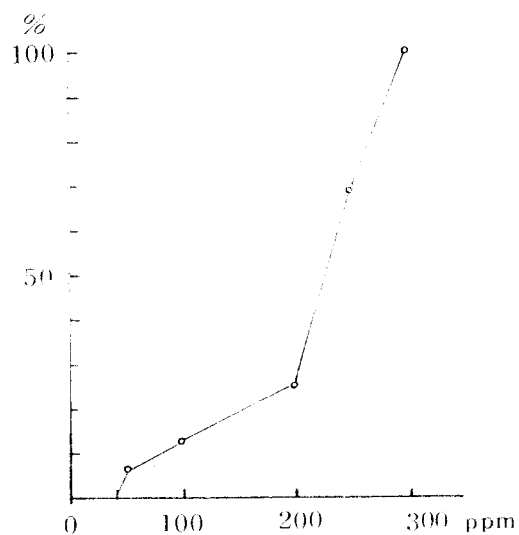


Fig 6. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on aquatic oligochaeta. (*Tubifex sp.*) after 96 hours testing.

Table 7. The effects of various concentrations* of Warfarin solutions on % mortalities of *Dugesia japonica* within 120 hours.

Conc.	100	80	75	60	50	25	C-1	C-2
24 hrs.	66.7 **	53.3	10.0	3.3	10.0	0	0	0
48 hrs.	80.0	70.0	36.6	10.0	10.0	0	0	0
72 hrs.	90.0	80.0	53.3	23.3	10.0	0	0	0
96 hrs.	93.0	80.0	73.3	40.0	10.0	0	0	0
120 hrs.	96.7	80.0	73.3	46.6	10.0	0	0	0

* At 200 ppm, 150 ppm, and 120 ppm, all animals tested were dead within 6 hours.

** Each treatment with 6 replicates of total 60 animals.

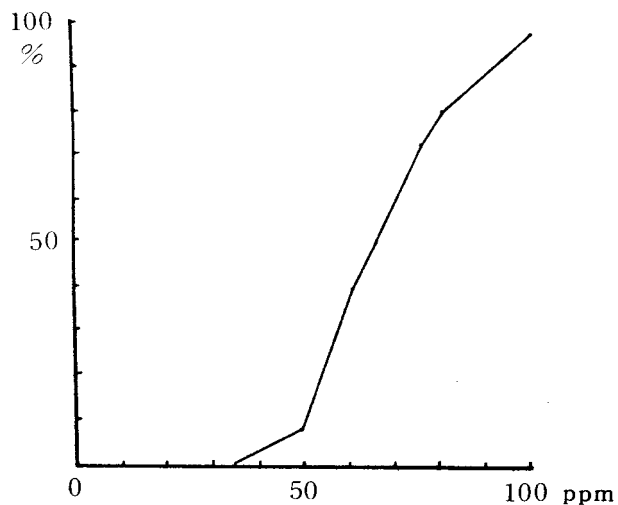


Fig 7. Percentages of mortalities V.S. various concentrations of warfarin solutions on *Dugesia japonica* after 96 hours testing.

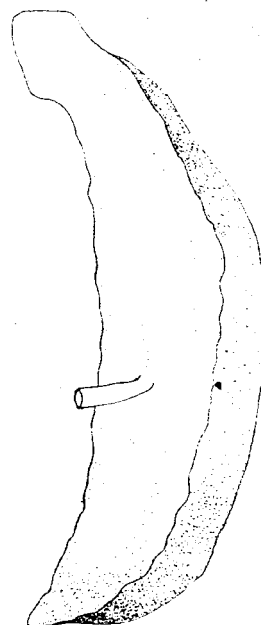


Fig 8. The protruding of planarian proboscis after being treated with warfarin solution

Table 8. The effects of various concentrations of Warfarin solutions on % mortalities of wounded *Dugesia japonica*. *

Conc.	50 ppm		25 ppm		Control	
	Head	Tail	Head	Tail	Head	Tail
24 hrs.	26.7	31.1	0	5.0	0	0
48 hrs.	41.1	43.3	0	6.7	0	0
72 hrs.	45.0	45.0	0	8.9	0	0
96 hrs.	47.8	55.6	0	10.0	0	1.1
120 hrs.	50.0	58.9	4.0	15.6	0	2.2
144 hrs.	52.2	59.4	10.0	20.0	0	3.3
168 hrs.	61.1	73.3	11.1	21.1	0	4.4
192 hrs.	62.2	75.6	13.3	27.8	0	4.4
216 hrs.	66.7	75.6	13.3	31.1	0	4.4
240 hrs.	70.0	76.7	20.0	36.7	0	5.6

* Each treatment with 6 replicates of total 60 animals.

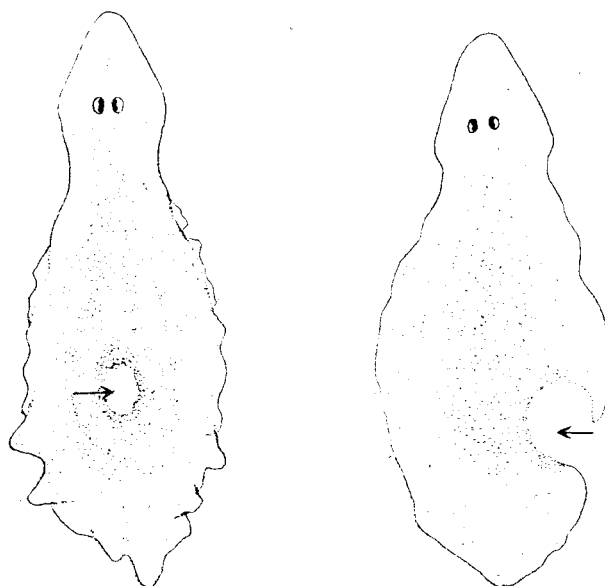


Fig 9. The necrosis of *Dugesia japonica* after being treated with warfarin solution. The arrow indicates the portion of necrosis.

Table 9. The effects of various concentrations of Warfarin solutions on the regeneration of wounded *Dugesia japonica*.

Conc.	50 ppm						25 ppm						Control					
	Head			Tail			Head			Tail			Head			Tail		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
24 hrs.	2*	7	0	8	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	**																	

48 hrs.	9	9	2	8	7	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72 hrs.	9	9	3	8	8	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
							4	2					6	6	7	8	8	7
96 hrs.	9	10	5	9	9	5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	1		3					6	3				7	8	8	8	10	9
120 hrs.	9	10	7	9	9	8	2	0	1	1	1	2	0	0	0	1	1	0
	1		3					8	5	2	8	5	8	5	6	9	8	10
							1	1					2	1	5	4	1	10
144 hrs.	9	10	9	9	10	8	3	0	1	2	1	2	0	0	0	1	1	0
	1		1				3	8	9	4	2	4				5	4	3
													3	10	10	10	4	5
168 hrs.	9	10	9	9	10	9	4	0	1	2	1	2	0	0	0	1	1	0
	1		1	0	0		3	8	9	4	2	4				4	3	3
													3	10	10	10	4	6
192 hrs.	10	10	9	10	10	9	4	0	2	3	3	3	0	0	0	2	1	0
			1				4	7	8	4	2	4				4	3	2
							1						3	10	10	10	4	6
216 hrs.	10	10	9	10	10	9	4	0	2	4	3	3	0	0	0	2	1	0
			1				4	7	8	4	2	4				3	1	2
							1						3	10	10	10	5	8
240 hrs.	10	10	9	10	10	9	4	0	2	4	3	4	0	0	0	2	1	0
			1				4	7	8	5	5	4				3	1	1
							1						2	10	10	10	5	8

* # of dead animals.

** # of animals with new regenerated tissue.

*** # of animals with complete new tail or eye spots.

% (T): 10% 及 25 ppm 時 0% (H), 10% (T): 0%, 由此可見滅鼠靈的毒性, 對受傷的渦蟲比正常的個體毒性要大得多。在實驗的過程中觀察, 當渦蟲剛放入不同濃度的滅鼠靈溶液時, 虫體做劇烈的收縮, 同時除了不能正常的爬行之外, 其吻 (proboscis) 有翻出體外的現象 (圖 8)。當濃度愈高時, 此些不正常的行為越容易看到, 在實驗結束時, 沒有死亡的個體, 其身體往往有潰爛的現象 (Necrosis) (圖 9)。

渦蟲是一種很容易再生的動物, 由表 9 可以看出來, 在致死濃度以下 (Sublethal concentration) 的滅鼠靈溶液, 可以影響渦蟲的再生。對照組實驗動物的個體, 在切割 72 小時之後, 就有新的組織長出 (圖 10), 尤其是在頭片的處理中。反觀在 50 ppm 及 25 ppm 的處理組中, 卻觀察不到。在處理 10 天 (240 小時) 之後, 對照組的動物大部分已再生完全 (尤其是在頭片的處理組中); 而在 50 ppm 及 25 ppm 的頭片及尾片不是死亡就是再生不完全。從新組織出現的延後, 加上解剖顯微鏡下的觀察, 處理組中虫體的傷口癒合較慢。Needham 在 1952 年已指出, 不管動物組織的再生或傷口的癒合, 與動物體本身之血液及體液的流通有極大的關係。他指出, 至少體液及血液可以運送白血球或其他細胞至傷口處來抵抗外來物的入侵。Anges & Brondsted (1953) 的報告指出, 受傷的組織可以放出組織胺 (Histamine) 來, 它可以促進血管的收縮, 進而促進白血球的輸送, 藉以抵

抗外來物, 使再生迅速發生。渦蟲雖然是一極為低等的動物, 而滅鼠靈在已知的作用中, 亦僅僅作用在已試驗過的溫血動物之血液中, 然而由此實驗結果: 傷口癒合的減慢, 加上潰爛的現象, 我們可以很合理的推測到滅鼠靈對渦蟲的體液亦有破壞的現象, 因此而導致再生現象的被抑制。

由以上的結果與討論看來, 滅鼠靈對於變溫動物也會有影響的, 雖然其作用機制我們還不清楚, 但由試驗動物的死亡現象, 滅鼠靈對七種試驗動物的毒性 (Toxicity) 是可以肯定的, 這七種被試驗動物包括脊椎動物與無脊椎動物, 因為血緣關係的不同, 所以各種動物對滅鼠靈的敏感度略有差異。如

Table 10. Comparison of warfarin LC_{50} concentrations on various types of tested animals.

試驗動物		LC_{50} 濃度
水 蚯 蚓	96 小時	230 ppm
水 蚤	96 小時	140 ppm
蝦	6 小時	58 ppm
蝌 蚪	96 小時	160 ppm
泥 鰍	96 小時	80 ppm
大 肚 魚	96 小時	140 ppm
渦 虫	96 小時	65 ppm

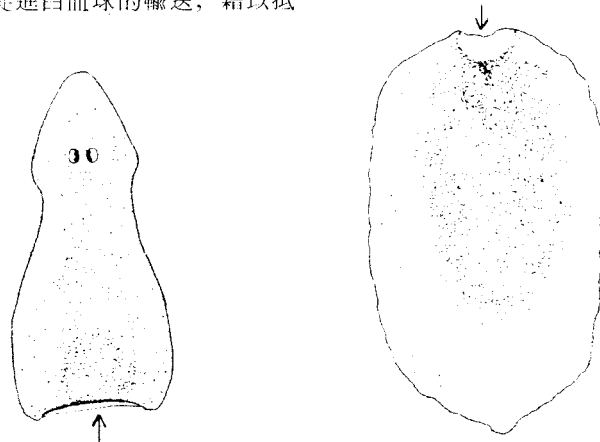


Fig 10. The regeneration of *Dugesia japonica*. The arrow indicates the new tissue.

果從各被試動物之 LC_{50} 濃度來加以比較，表 10 我們可以看出滅鼠靈對淡水長臂蝦的毒性最大，泥鰍及渦虫次之，而對水蚯蚓的毒性最小，所有被試七種動物其 LC_{50} 濃度都低於 250 ppm。

現在廣被使用的毒餌成分，含滅鼠靈的濃度為 0.025%，即 250 ppm [古德業，宣永康 1977 (1)]，如果這些毒餌放置在野外沒有被野鼠採食，餌塊經過腐爛分解以後，其中的滅鼠靈會跑到土壤或水生環境中。固然水中濃度由此要達 250 ppm 似乎很困難，然而問題往往出在重點來源 (point sources)，例如某些耕地餌塊的放置量往往超過平常餌塊使用量甚多，這些多餘的滅鼠靈當然進入水中，如果被污染的水流入池塘或魚塢中，經過長期水份的蒸發後，其內的滅鼠靈濃度往往會增高，很有可能就達 60 ppm 或 80 ppm，到了這濃度當然對水池中的泥鰍或蝦子就會有不利的影響。當然上段所述僅是一種可能的污染而已。淡水長臂蝦及泥鰍已有人從事養殖，相信此實驗結果，可以提供養殖業，做為水質良好與否的一個根據。

誌 謝

本研究在實驗過程中承蒙林秋麗小姐之幫忙，得以順利完成，特此誌謝。

參考文獻

- Agnes C. & H. V. Brondsted. 1953. The acceleration of regeneration in starved planarian by ribonucleic acid. *J. Exptl. Morph.* 1(1): 49-54.
- Blumberg H., H. B. Dayton & S. M. Gordon. 1960. Effect of warfarin (coumatin) sodium administration during lactation on blood coagulation of nursing rats. *proc. soc. Exptl. Biol. & Med.* 105(1): 35-38.
- Gains T. B. 1951. The failure of the rodenticide warfarin to injure oriental rat fleas when the poison is fed to the host rat. *J. Parasitol.* 37(5): 489-490.
- Hayes W. J. Jr., & T. B. Gains. 1950. Control of Norway rats with the residual rodenticide warfarin. *Publ. Health. Repts.* 65(47): 1537-1555.
- Heisey. S. R., J. P. Saunders & K. C. Olson. 1956. Some anticoagulant properties of 2-acyl-1,3-indandiones & warfarin in rabbits. *J. Agric & Food chem.* 4(2): 144-147.
- Ludke J. L; M. T. Finley & C. Lusk. 1971. Toxicity of Mirex to crayfish. *Procambarus blundigi*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 6(1): 88-96.
- Needham. A. E. 1952. Regeneration and Wound-healing.
- Pimentel. D. 1955. The control of the mongoose in Puerto rico. *Amer. J. Trop. Med. & Hyg.* 4(1): 147-151.
- Siddiqui. S. M. & J. L. Fry. 1963. Studies with warfarin on the incidence of blood spots & in relation to prothrombin time., egg quality & mortality in laying hens. *Poultry Sci.* 42(5): 1125-1130.
- W. H. O. 1973. Technical warfarin & warfarin concentrates, pressed in specifications for pesticides used in public health; Insecticides., Molluscicides, Repellents, methods. 4th. ed. Geneva 216-217, 229-231.
- 古德業、宣永康，1977(1). 抗凝血性殺鼠劑 warfarin 之應用與鼠類產生抗藥性問題之探討，*科學農業* 25(1-2): 51-56.
- 古德業、宣永康，1977(2). 鼠類防除法與殺鼠劑種類，(鼠類防除研究座談專集 鼠害防除) 植保中心印，35-44。
- 杉野久雄，1962. Mutual transplantation in planarians collected from various localities. *Memories of the Osaka. Uni. of Liberal Arts. & Education. Bull. Natl. Sci.* # 11.
- 六十七年度野鼠防除計劃工作檢討會議程，中興新村台灣省政府，1978。

Abstracts

Rodenticide - Warfarin has significant effects on seven non-target poikilothermic animals, pond loaches (*Misgurnus anguillicadatus*), Mosquito fishes (*Gambusia patruels*), tadpole (*Buffo sp.*), freshwater shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*), water flea (*Daphnia sp.*), fresh-water oligochaeta (*Tubifex sp.*), and planarian (*Dugesia japonica*). Mortalities v.s. various concentrations for 100% mortality on each animal are pond loaches, 90 ppm; mosquito fishes, 160 ppm; tadpole, 200 ppm; shrimp, 60 ppm (24 hours); water flea, 200 ppm; fresh-water oligochaeta, 300 ppm; and planarian, 120 ppm. LC_{50} concentrations are fresh-water oligochaeta, 230 ppm; water flea 140 ppm; tadpole, 160 ppm; mosquito fishes, 140 ppm; pond loaches, 80 ppm; planarian, 65 ppm and fresh-water shrimp, 58 ppm (6 hours). According to LC_{50} concentration for each animal, fresh-water shrimp is the most susceptible species to Warfarin among animals tested, pond loaches and planarian follow. Tubifex has the highest tolerance to Warfarin among seven organisms. All LC_{50} concentrations for experimental animals are relatively low. They are all lower than the concentration of Warfarin - 250 ppm in Warfarin wax baits. The wounded individuals of planarian are more susceptible to Warfarin solutions than normal ones. The regeneration of planarian is inhibited at 50 and 25 ppm of Warfarin solutions. The bleeding of dead pond loaches and tubifex indicates that Warfarin may also has some effects on blood and body fluid of poikilothermic animals.