

利用田間網籠研究抗藥性小菜蛾之防治經濟

馮海東

臺灣省農業藥物毒物試驗所應用毒理系

(接受日期：民國 76 年 2 月 1 日)

摘 要

釋放對加保扶具有不同抗藥程度之小菜蛾 (*Plutella xylostella* (L.)) 於田間網籠內，連續調查網內栽植之甘藍 (*Brassica oleracea* var. *capitata*, L.) 上小菜蛾幼蟲之密度，當每株甘藍平均含三或四齡幼蟲一隻以上 (含一隻) 時即使用 40.64% 加保扶 (carbofuran) 水懸粉之 1,200 倍稀釋液進行防治。以栽培期間不同抗藥程度小菜蛾危害區所需防治次數和各區甘藍之產量進行抗性小菜蛾影響甘藍生產之經濟評估。結果顯示，對加保扶具高抗性之小菜蛾，雖然防治用藥已顯著增加，其危害區之甘藍產量仍顯著降低，致單位生產成本大幅升高。以一般冬作栽培之甘藍生產成本為估算標準，當田間小菜蛾對加保扶之抗藥程度 (半數致死濃度除以防治用藥濃度) 達 10 倍以上時，繼續使用該藥將完全失去生產利益。文中並討論小菜蛾抗藥性的發展在室內與田間藥劑篩選下，其間之差異。

(關鍵字：抗藥性、小菜蛾，防治經濟。)

ABSTRACT

Feng, H. T. (1986) Control Economics of Resistant Diamondback Moth—A Field Cage Study. Plant Prot. Bull. (Taiwan, R.O.C.) 29 : 175—184 (1987)
Chung Cheng Road, Wufeng 43101, Taiwan, R.O.C.)

To demonstrate the dual effects of resistant diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)) on the economics of vegetable production, three insecticide-selected strains of the moth, i.e., the carbofuran-resistant, the mevinphos-resistant and the fenvalerate-resistant strain, with different resistance level toward carbofuran, were released into cages on experimental plots on the seventh day after transplantation of cabbages. The population densities of each strain were monitored every 2 days. A control threshold of 1 larva (3rd-4th instar) per plant was applied to initiate the control applications of 40.64% flowable concentration of carbofuran. Pupae of the diamondback moth of each strain were collected before harvest and the susceptibility of each strain to

carbofuran was determined. Resistance factor was then calculated by dividing the mean LC_{50} by the concentration of the insecticide when used in field. The results showed that cabbages infested by the carbofuran-resistant strain of diamondback moth, 83 fold in resistance factor, were damaged heavily and showed significant yield lost despite the obviously higher rate of control applications. However, a fair price for the cabbage will compensate all the loss. Estimated production cost is in good positive correlation with the resistance factor of the infesting diamondback moth. Considering the general price for cabbage of the past few years, it might be therefore interpreted that, when common cabbage is infested by a carbofuran-resistant population of diamondback moth, with its resistance factor exceeds 10, the crop would not be profitable if the grower still uses carbofuran to control this insect pest. In this paper, the difference between resistance development under laboratory selection and that under field selection is also discussed.

(Key words: Insecticide resistance, Diamondback moth, Control economics)

緒 言

小菜蛾 (*Plutella xylostella* (L.)) 近年來已成爲本省十字花科蔬菜之頭號害蟲⁽³⁾, 該蟲對殺蟲劑迅速產生抗藥性被認爲是主要原因之一, 截至1986年, 推薦使用於小菜蛾防治的藥劑已達三十餘種⁽⁸⁾, 是各類蔬菜害蟲化學防治所推薦藥劑種類最多者。但由一般農民依其對殺蟲劑藥效之經驗所做之防治藥劑選擇, 用藥種類侷限在小部份藥劑之情形, 以及1979年之篩選試驗結果顯示多數舊藥已不能達到理想的防治效果⁽²⁾, 甚至新推出的藥劑, 使用者對其效果快速降低之抱怨亦時有所聞, 以上種種都反映出小菜蛾防治用藥選擇上的困難。

害蟲產生抗藥性對農業生產所造成不利影響, 主要是防治成本提高, 防治效果降低使作物產量或品質降低而造成生產者之收益減少, 以及爲防治抗性害蟲而可能過量使用的殺蟲劑。所以抗藥性害蟲所帶來的不僅是經濟問題, 更是和消費安全有關的社會問題。同時, 這些也是小菜蛾抗藥性的研究在國內倍受重視的關鍵因素。雖然有關的試驗報告已再證實小菜蛾抗藥性現象存在之普遍性^(1,9,11,17,20), 更由該蟲經室內選汰時, 抗性發展之程度與速度說明其可能造成問題之嚴重性^(9,21), 然而對於解

答“田間小菜蛾抗藥性需發展至何種程度才會對蔬菜生產有明顯之不利影響?”此一問題, 目前仍嫌資料不足, 本試驗即運用田間網籠以探討在無族群遷移而致抗性因子稀釋之狀況下, 甘藍受不同抗藥程度小菜蛾危害之防治經濟。

材 料 與 方 法

田間試驗(一)——單一栽作期中小菜蛾抗藥性之變化

於1982年四至七月間在臺中市臺中區農業改良場試驗田進行。處理藥劑包括25.3%美文松 (mevinphos) 乳劑 (華農公司出品) 稀釋500倍, 40.64%加保扶 (carbofuran) 水懸粉 (正豐公司出品) 稀釋1,200倍, 20%芬化利 (fenvalerate) 乳劑 (日本住友公司出品) 稀釋4,000倍, 以及10%百滅寧 (permethrin) 乳劑 (蜆殼公司出品) 稀釋3,000倍等四種。各藥劑處理採拉丁方排列, 包括四重複小區, 合計16小區。每小區含1×5m三畦, 每畦定植甘藍 (*Brassica oleracea* var. *capitata*) 20株, 品種爲將軍。定植一週後, 各小區分別罩網, 以6×8m白色20目之尼龍紗網一張將小區之三畦完全籠罩。同時, 自臨近試驗田之十字花科蔬菜上採集小菜蛾之蛹, 携回室內繁

殖，進行室內篩選以爲田間篩選之對照，其方法如 Wang & Feng (1986) 所述⁽²¹⁾。罩網後，除因雨停止用藥外，每隔 7~10 施藥一次，全期共計施藥七次，定植 80 日後，於各處理區分別採蛹，携回室內供感受性測定。

田間試驗(二)——抗藥性小菜蛾之防治經濟評估：

試驗於 1983 年 11 月至 1984 年 2 月間在臺中縣霧峰臺灣植物保護中心試驗田進行。將室內以加保扶、美文松或芬化利篩選之抗性品系⁽²¹⁾，分別釋放於田間網籠內，並以未釋放小菜蛾之小區爲完全防治之對照區，各品系之釋放小區及對照區皆包括兩次重複，採完全逢機區集設計。各小區包括 1×6m 三畦，每畦定植甘藍 24 株，品種爲長岡初秋，各小區間另設一畦爲保護行。定植後即以 1(寬)×5(長)×1.5(高)m 白色 20 目尼龍網籠，將各小區中央一畦罩入，網內罩入甘藍 16~22 株不等。三日後各處理小區皆施用 65% 鋅乃浦 (zineb) 可濕性粉劑 400 倍及 50% 比加普 (pirimicarb) 可濕性粉劑 2,000 倍稀釋液一次，以防病害及蚜蟲之發生。畦面另施以 43% 拉草 (alachlor) 乳劑 500 倍稀釋液以防除栽作前期萌發之雜草。此外，另於定植 40 日後，網內小菜蛾正值第一世代之蛹期，以人工除草一次，其他耕作管理方式與一般相同。

定植一週後，於各小區網籠內分別釋放不同品系羽化後 1~2 日之小菜蛾成蟲 20 對，其密度約爲每株甘藍一對。自釋放後第四日始，約每隔一日調查一次，計算網內每株甘藍上小菜蛾三、四齡幼蟲之數量，當小區之平均蟲口密度達每株一隻以上(含一隻)時⁽¹⁹⁾，即於該區進行防治，施用 40.64% 加保扶水懸粉之 1,200 倍稀釋液。釋放後 72 至 84 日間，於各區連續採集小菜蛾之蛹，以測定田間小菜蛾之感受性。釋放後 80 日停止施藥，依安全採收期之規定，再經 20 日採收⁽⁸⁾，秤量各小區甘藍球重，統計缺株數，以爲計算單位面積產量之依據。

小菜蛾對殺蟲劑感受性之測定：

採自田間之小菜蛾蛹，携回室內，以其繁殖之第一代三齡幼蟲爲材料，使用與田間試驗

相同之藥劑進行感受性測定，其方法如 Feng & Wang (1984) 所述⁽¹³⁾。

結果與討論

單一栽作期內田間網籠內小菜蛾抗藥性之發展：

本試驗嘗試建立小菜蛾對殺蟲劑感受性與甘藍在小菜蛾危害下之防治行動經濟效益間之相關性。若害蟲之感受性在田間藥劑篩選下變化迅速，則可能增加此一評估之困難性，因此，首先測試單一栽作期間小菜蛾感受性可能之變化，更將田間抗藥性及交互抗性之發展情形與室內篩選的結果進行比較，以便對室內試驗結果所導出之推論與田間實際狀況予以印證。田間試驗(一)之結果顯示，田間小菜蛾在單一栽作期間約完成 2~3 世代，歷經七次之藥劑篩選；對四種篩選藥劑：加保扶、美文松、芬化利、百滅寧之抗藥程度皆未顯著提高(表一)，且有略爲下降之勢。而室內選汰二世代之結果，則僅對加保扶有抗性上升之勢，但小菜蛾對各藥劑之感受性變化都在 3 倍以下。田間選汰之小菜蛾對各選汰藥劑之感受性皆較對其他非選汰藥劑者爲低。小菜蛾感受性可能受到季節變化的影響，抗性程度之變化不明顯；除芬化利篩選後之小菜蛾之感受性變化較爲特殊外，其他藥劑之篩選皆導致小菜蛾具有較高之半數致死濃度，此一現象和室內長期篩選結果類似⁽²¹⁾。由室內篩選結果推測，以藥劑於每一世代至少殺死 70% 之選汰壓力下，小菜蛾可能需要 10~20、1~5、10~15 及 15~20 代才會分別對美文松、加保扶、芬化利及百滅寧產生較原來高出一倍以上的抗性，在這四種藥劑中僅有加保扶之抗性發展速度較快，然而在 2~3 代之間，小菜蛾應不會在抗藥程度上大幅的變化。

田間試驗(二)將已經室內篩選之抗性品系小菜蛾釋放於田間網籠後再行選汰，各品系對加保扶抗藥性之發展却和田間試驗(一)者顯著不同(表二)，抗加保扶品系小菜蛾再經加保扶之篩選，其抗藥程度變化很小，田間持續之選汰僅能夠維持棲群之高抗性組成，但並不能使其抗藥程度更加提高。抗美文松品系原對加保扶

表一、小菜蛾經室內或田間篩選對加保扶、美文松、芬化利及百滅寧之感受性變化

Table 1. Changes in susceptibility of the diamondback moth to the four insecticides after selection in field cages or in laboratory

Selection status	LC ₅₀ in mg/ml			
	Mevinphos	Carbofuran	Fenvalerate	Permethrin
Before selection	0.53	0.79	1.08	0.31
After selection				
In field cages				
25.3% Mevinphos EC, 500X	0.63	0.17	0.73	0.11
40.64% Carbofuran F, 1200X	0.22	0.60	0.40	0.13
20% Fenvalerate EC, 4000X	0.25	<0.2	0.46	0.13
10% Permethrin EC, 3000X	0.20	<0.2	0.70	0.18
In laboratory ¹⁾	0.38	1.76	0.58	0.24
	(10-20)	(1-5)	(10-15)	(15-20)

1) Number of generations for the insect to develop a one fold higher resistance are estimated according to Wang & Feng (1986)⁽²¹⁾

表二、室內選汰品系小菜蛾經田間篩選後對加保扶感受性之變化

Table 2. Changes in susceptibility of released diamondback moth to carbofuran under selection in field cages at PPC

Resistant strain	LC ₅₀ in mg/ml				Change ¹⁾	
	Before release (BR)		After selection (AS)		Carbofuran	Original selecting agent
	Carbofuran	Original selecting agent	Carbofuran	Original selecting agent		
Carbofuran	31.2	31.2	25.5	25.5	-0.22	-0.22
Mevinphos	3.12	1.21	1.36	0.50	-1.3	-1.4
Fenvalerate	0.49	11.4	5.12	1.71	+9.4	-5.7

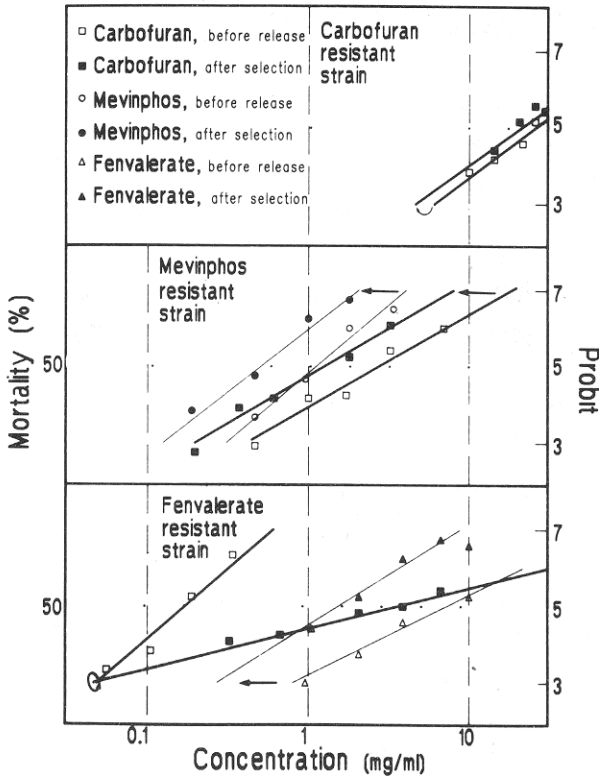
1) Change = $+(LC_{50,AS} - LC_{50,BR}/LC_{50,BR})$ when $LC_{50,BR} \leq LC_{50,AS}$ or

Change = $-(LC_{50,BR} - LC_{50,AS}/LC_{50,AS})$ when $LC_{50,BR} > LC_{50,AS}$.

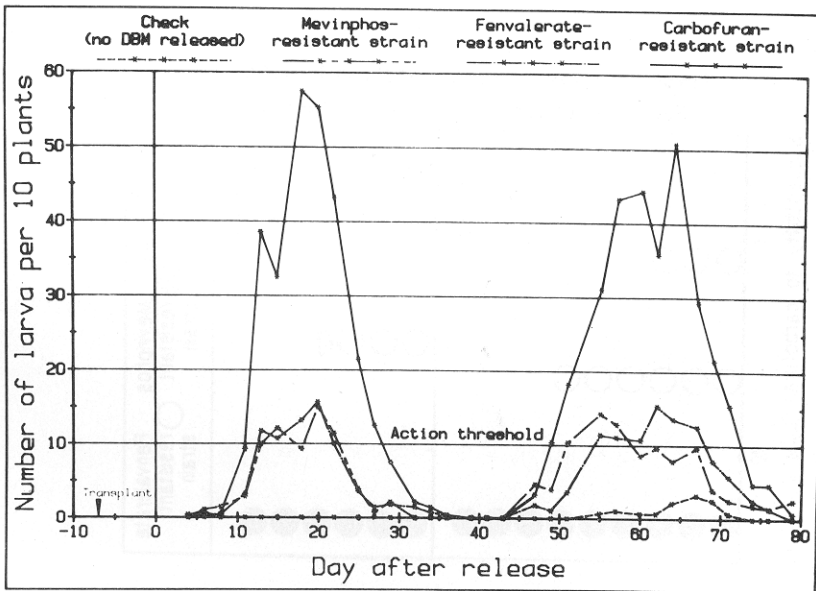
似有交互抗藥之現象⁽²¹⁾，但在田間選汰後，對加保扶及美文松之抗藥程度却都呈下降之勢。抗芬化利品系對加保扶並無交互抗藥之情形⁽²¹⁾，在田間選汰後，却對加保扶產生高倍之抗性，由劑量——死亡率迴歸直線之變化(圖一)可發現，加保扶之選汰作用使抗芬化利品系之小菜蛾棲群中之抗藥遺傳因子異質化，表

現了棲群抗藥性選汰過程中的特徵。同時，該品系對芬化利之抗藥程度則大幅降低。

小菜蛾對加保扶與芬化利之抗藥性，由氧化酵素之抑制劑 piperonyl butoxide 之協力作用推斷，其抗藥機制中，多功能氧化酵素(mixed-function oxidases)是十分重要的代謝機制⁽¹⁴⁾，但參予加保扶和芬化利代謝之氧



圖一、田間篩選下室內培育抗性品系小菜蛾之劑量—死亡率迴歸直線之變化
 Fig. 1 Changes in dose-response regression line of the 3 resistant strains of diamondback moth to carbofuran, mevinphos and fenvalerate after released in field



圖二、相同防治基準下室內培育抗性小菜蛾釋於田間後其棲群密度變化趨勢
 Fig. 2 Population trends of the 3 released strains of diamondback moth in field under control applications of carbofuran evoked by a action threshold of 1 larva per plant

化酵素可能並不完全相同⁽¹²⁾，以致在抗性及交互抗性之發展上有此一特殊現象。

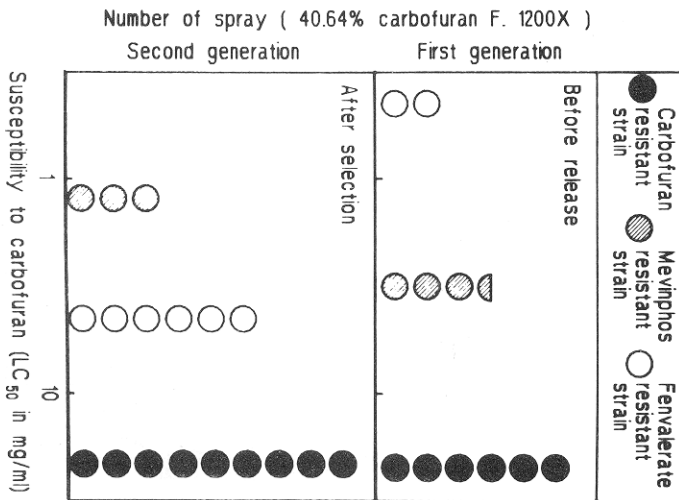
由上可知，過去選汰藥劑之種類將會影響小菜蛾對後續選汰藥劑抗藥性之發展，以目前田間用藥之複雜歷史，由一般室內試驗，如篩選某一特定遺傳組成或採自一特定地區之小菜蛾棲群，而欲推測小菜蛾抗性發展之速率，極難有確切的預測能力。此外，選擇無交互抗性之替代防治藥劑並不一定能減緩或消弭抗性之快速發展，雖然化性或作用機制相異之藥劑，其產生抗藥性的機制也不可能大不相同，但至少亦有“前一選汰藥劑對增變基因 (mutator gene) 之篩選，加速後續使用其他藥劑抗性之發展”一說⁽¹⁸⁾，可說明更複雜之交互抗藥的機制存在之可能。

田間試驗(一)之棲群密度調查結果(圖二)顯示，抗加保扶品系小菜蛾在田間密度昇高較快，可能因該品系之小菜蛾具有較高之內在增殖率⁽¹⁶⁾，而在室內與田間都表現出相同之特性。此外，各供試品系小菜蛾的發生都出現一類似的變化趨勢，在栽作期中發生之二世代，每在防治用藥後棲群密度都呈現一短暫的降低，高抗性品系約在施藥後之4~10日間，其他二

品系則在 2~4 日內棲群密度有一起伏變化，而後棲群密度之變化似不受更多的藥劑施用之影響。由於田間調查之對象為 3~4 齡之幼蟲，這種密度之起伏現象，很可能表示部份齡期或部份比例之感受性個體的死亡，而存活之蟲隻不再為後續施用之藥劑所毒殺。加保扶為殘效較長之殺蟲劑，短期內密集之用藥，使小菜蛾可能接受之劑量不斷提高，但是提高劑量仍不能發揮致死效力的原因，除了因老齡幼蟲可能擁有較高之忍受力外，加保扶為多功能氧化酵素之誘發物質亦極有可能，存活之小菜蛾代謝功能強化後而能忍耐更高劑量之加保扶，倘無此機制，提高之劑量應足以發揮毒殺之功能。若此現象屬實，或更可例證亞致死劑量 (sublethal dose) 之加保扶對抗性因子之表現所具有之加強作用。

抗加保扶小菜蛾之防治經濟觀

比照花椰菜 (*B. O. var. botrytis*, L.) 上小菜蛾之防治基準，以平均每株甘藍上3~4齡小菜蛾幼蟲之密度達一隻時進行施藥⁽¹⁹⁾，不同抗藥程度之小菜蛾需以不同之防治用藥頻度來加以控制 (圖三)。抗藥程度和施藥次數間之關係顯示抗藥程度之升高將使防治成本增



圖三、相同防治基準下室內培育抗性小菜蛾釋於田間後所需防治之施藥次數
Fig. 3 Number of sprays initiated to control the 3 resistant strains of diamondback moth with 40.64% Furadan F. in field

加。比較田間網籠內小菜蛾所完成之二世代間之防治施藥次數和各品系小菜蛾在釋放前及篩選後之感受性，可發現當小菜蛾在田間之第二世代發生時（約為定植後 50 日），甘藍已屆結球期，葉片繁茂，可提供小菜蛾幼蟲較佳之蔽蔭，藥劑防治效果可能較差。這也說明第二世代時，防治次數需較第一代為多的事實。但生長期不同之甘藍對蟲害之忍耐力不同，若於結球期後之甘藍仍利用相同之防治基準則可能用

藥次數偏高。Chen & Su (1986) 也說明甘藍在葉片數達十片以上時，其防治基準可提高為每株 2 隻小菜蛾當量 (DBM unit)⁽¹⁰⁾。圖二之棲群密度資料亦顯示，抗藥程度高之小菜蛾並不因增加施藥頻度，而能將棲群壓制於防治基準下，故可由此推測這種危害情況，將增加甘藍之損失。

比較各處理區之甘藍產量 (表三)，在去除缺乏商品價值 (球重小於 500 公克) 者後，

表三、利用相同防治基準施用加保扶防治不同抗藥程度小菜蛾危害甘藍之產量分析

Table 3. Yield statistics of common cabbage under applications of carbofuran evoked by density of 1 larvae per plant to control the released strains of diamondback moth¹⁾

Strain released	Mean No. of applications ²⁾	% of plants			Mean head weight (kg)	Projected yield (kg/ha)
		Dead	Under weight	Marketable (>500g)		
Carbofuran-Resistant	15.0 a (13-17)	7 a	25 a	68 b	0.98 a	17,771
Fenvalerate-Resistant	8.0 b (5-11)	11 a	3 bc	86 a	1.08 a	24,768
Mevinphos-Resistant	6.5 bc (4-9)	0 a	11 ab	89 a	1.06 a	25,158
None (Check)	0 c	14 a	0 c	86 a	1.18 a	27,062

1) Means followed by the same letter are not significantly different. (Duncan's multiple range test, P=0.05).

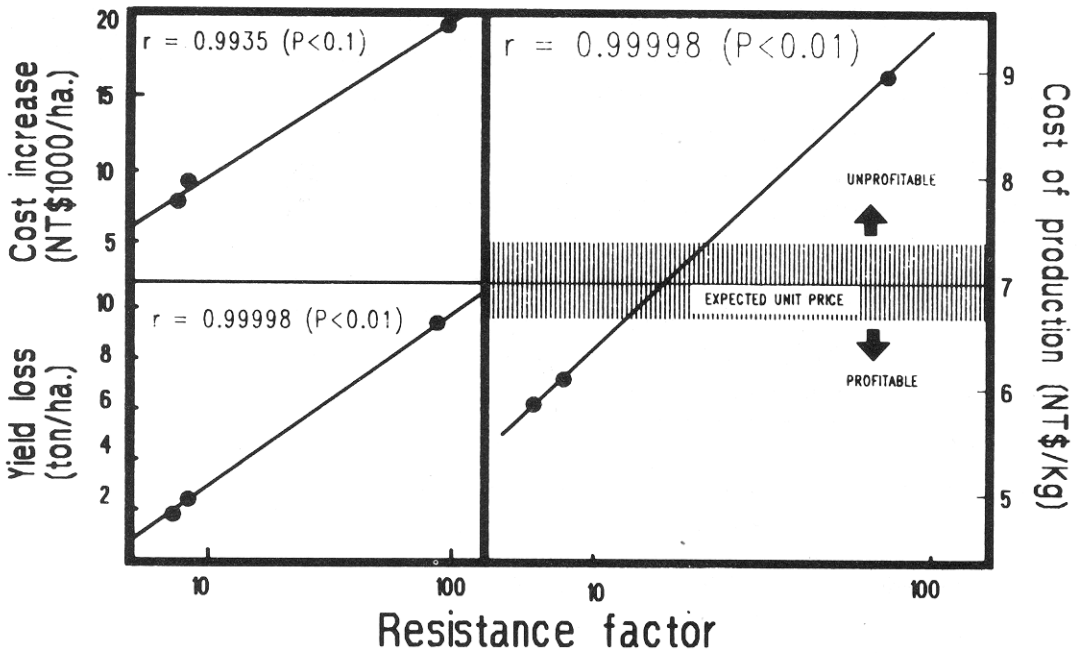
2) Actual No. of applications of carbofuran are listed in parenteses.

甘藍之平均球重約為 $1\text{kg}\cdot\text{head}^{-1}$ ，各區間無明顯差異。各處理區之缺株率亦無顯著差異。但於抗加保扶品系釋放區所生產之甘藍，其球重低於 500g 者偏高，達 25%，是鱗翅類害蟲造成甘藍產量損失之典型非直接危害方式⁽¹⁵⁾。

本試驗由經濟之觀點，說明小菜蛾抗藥性之意義，期能進而界定一會使生產者利益受損之抗藥程度標準，用之於抗藥性實際評估。由前述(一)抗藥性小菜蛾之防治成本提高，(二)抗藥性小菜蛾之危害使甘藍產量減少等二因素與小菜蛾抗藥程度間的關係 (圖四) 可初步探討抗藥性對生產經濟的影響。

引用 Su & Chen (1984) 對於防治經濟

之運算方法⁽¹⁹⁾，以 NT\$ 136,850ha⁻¹ 為防治費用以外之各項生產成本總和⁽⁵⁾。防治費用則依每次施藥 NT\$ 700ha⁻¹ 之人工費及 NT\$ 650ha⁻¹ 之藥劑費用等二項計算，由各處理之平均施藥次數計算各釋放區所需之防治費用及總生產成本。再由各釋放區所得之推測單位面積產量計算單位生產成本，即損益為零，收支平衡時之單位價格 (表四)。由於試驗期間各小菜蛾品系對加保扶之感受性具變化，但其與施藥次數間具相關性，因此，將二世代之計施藥次數合併，並取篩選前後二次測定感受性半數致死濃度之平均值為求取相關性之依據。此外，為了表示具有田間意義之抗藥性程度，避



圖四 小菜蛾抗藥程度與其危害甘藍所造成之防治成本增加、產量損失及生產成本之關係
 Fig. 4 Correlations of control cost, yield lost, unit cost of production with resistance level of the diamondback moth

表四、不同抗藥程度小菜蛾危害下甘藍之最低獲利單價

Table 4. Minimum profitable unit price of common cabbage infested by strains of diamondback moth with different susceptibility to carbofuran

Strain released	Average susceptibility ¹⁾ (mg/ml)	Resistance factor ²⁾	Control cost (NT\$/ha)	Projected yield (kg/ha)	Unit price ³⁾ (NT\$/kg)	
					Profit = 0	profit = NT\$49,736/ha
Carbofuran	28.2	83	22,900	17,771	9.0	11.8
Fenvalerate	2.51	7	13,450	24,768	6.1	8.1
Mevinphos	2.06	6	11,425	25,158	5.9	7.9
None	—	—	4,000 ⁴⁾	27,062	5.2	7.0

1) Mean LC₅₀s are averaged from the two LC₅₀ values assayed before and after selection.

2) Resistance factor = $\frac{\text{average susceptibility}}{\text{concentration of carbofuran used in field (0.34mg/ml)}}$

3) Profit = Yield × unit price - (control cost + NT\$136,850).

4) Cost for the control of other pests.

免運用將半數致死濃度和標準感受品系比較之方式，而將平均半數致死濃度除以實際防治用濃度所得比值，來代表各品系感受性之高低。因為感受性和施藥量是決定藥劑田間效果之兩項主要因子，使用此比值所代表之相對關係更可延用於不同藥劑間，感受性和防治效果關係的比較。

田間試驗(二)所得結果(表四)估算出在6, 7, 83 倍於防治用藥濃度之半數致死濃度的抗藥基準下，小菜蛾危害後甘藍之單位生產成本分別為 NT\$ 5.9kg⁻¹，NT\$ 6.1 kg⁻¹，NT\$ 9.0kg⁻¹。因此在小菜蛾棲群密度未高至使甘藍栽作完全無收成時，產品之合宜價格，仍是決定獲利與否之主要因素。換言之，高抗性小菜蛾危害下所投入之高防治成本仍可由較高的產品價格所彌補。若以單一栽作期(1984 年第二期作)平均淨收益 NT\$ 49,736 ha⁻¹⁽⁵⁾為計算基礎，則在前述抗藥程度小菜蛾危害下，合宜之產地價格分別須於 NT\$ 7.9 kg⁻¹，NT\$ 8.1 kg⁻¹，NT\$ 11.8 kg⁻¹ 以上，農民才能獲取合理之利益。完全防治對照區的結果亦顯示，即使無須防治小菜蛾，甘藍之單價仍需維持在 NT\$ 5.2 kg⁻¹ 以上才有利可圖。由於甘藍價格波動甚大，預估不易，1982 年至 1984 年至 1984 年三年中二月份之產地平均價格分別為 NT\$ 1.31 kg⁻¹⁽⁴⁾，NT\$ 0.97 kg⁻¹⁽⁶⁾，NT\$ 6.19 kg⁻¹⁽⁷⁾，因此，在前述生產成本下，不論危害甘藍之小菜蛾抗藥程度如何，終將造成生產者之虧損，只是抗藥性害蟲將問題之嚴重性稍加擴大而已。若運用種植前或初期評估防治藥效的方式，選擇有效藥劑，似乎較能確保產量以及最低的防治費用投資，但由於產品價格之預估困難，對於生產之獲利與否並不能有效的預測。畢竟，施用農藥之花費僅佔總生產成本之 20% 左右⁽⁵⁾。

雖然農產品價格受到供需量影響，波動很大，但由歷年來(1978~1984)之產地平均價格⁽⁷⁾波動範圍及生產成本⁽⁵⁾等資料，顯示出 NT\$ 7.0kg⁻¹ 左右是一般較能使生產者獲利之單價。依此推測(圖四)，若小菜蛾對加保扶之抗藥性在其半數致死濃度達田間防治用藥濃度之 10 倍以上時，即可能造成生產者之虧損。裡作

甘藍產量高，約佔全年生產之二分之一以上，價格較低，所以在抗性小菜蛾危害下，所能容忍因防治措施不當而造成之損失，極為有限，若欲從中獲利，端賴有效防治藥劑的選用。

本試驗旨在例證抗藥性小菜蛾對甘藍生產利益上——減產及增加成本等双重損失之影響。然實際田間害蟲之發生情況可能有所不同，至少有棲群遷出、遷入所造成之抗藥性稀釋作用。尤其裡作甘藍栽種初期，小菜蛾之遷移較緩，田間棲群密度較低時，害蟲抗藥與否絕非作物收成獲利多寡之主要決定因素。但在防治策略運作之時，有效藥劑之選擇基礎，當可建立在此一以防治經濟著眼、以防治用藥濃度為基準之抗藥基準上，給予較實際之藥效預估。

謝 辭

本研究之田間試驗，部份蒙臺中農改場方敏男股長協助，以及本所蘇文瀛先生提供寶貴意見，特此一併致謝。

引 用 文 獻

1. 李順連、李文台。1979。小菜蛾對常用殺蟲劑之抗藥性研究。中華農業研究 28:225-236。
2. 李錫山、吳國家、劉達修、溫宏治。1979。小菜蛾及白粉蝶之殺蟲劑防治比較試驗。臺灣農業 15(6):28-36。
3. 貢毅紳。1984。臺灣主要蔬菜害蟲之經濟重要性變遷與防治展望。蔬菜害蟲研討會(民國七十二年三月一日~二日)專刊。p. 3-30。農林廳編印。
4. 臺灣省政府農林廳。1983。臺灣農業年報(民國七十二年版)。288pp。
5. 臺灣省政府農林廳。1984。臺灣農產品生產成本調查報告(民國七十三年期)。428pp。
6. 臺灣省政府農林廳。1984。臺灣農業年報(民國七十三版)。348pp。
7. 臺灣省政府農林廳。1985。臺灣農業年報(民國七十四年版)。342pp。
8. 臺灣省政府農林廳。1986。植物保護手冊。378pp。

9. 鄭允。1984。蔬菜鱗翅類害蟲之化學防治及抗藥性。蔬菜害蟲研討會(民國七十二年三月一~二日)專刊。p. 100-110。農林廳編印。
10. Chen, C.N. & W.Y. Su. 1986. Ecology and control thresholds of the diamondback moth on crucifers in Taiwan. In "Diamondback Moth Management". Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan. 11-15 March, 1985. p. 415-421. AVRDC. Shanhuia, Taiwan. 471pp.
11. Cheng, E.Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* L. II. A general survey (1980-81). Jour. Agric. Res. China 30:285-293.
12. Cheng, E.Y., C.H. Kao, D.F. Lin and T.C. Tsai. 1986. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) VIII. The specificity of oxidative detoxication mechanism in larval stage. Jour. Agric. Res. China 35:375-386.
13. Feng, H. T. and T. C. Wang. 1984. Selectivity of insecticides to *Plutella xylostella* (L.) and *Apanteles plutellae* Kurd. Plant. Prot. Bull. (R.O.C.) 26: 275-284.
14. Feng, H. T. and T. C. Wang. 1985. Synergism of PB and EPN on 9 insecticides in Phosdrin-, Furadan-, Somicidin- and Kestrel-selected diamondback moth. In "Abstracts of Papers Presented at 1985 Annual Meeting of the Plant Protection Society of the Republic of China, December 7-8, 1985 at National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C." Plant. Prot. Bull. 27:468-469.
15. Hoy, C.W., A.M. Shelton and J.T. Andalaro. 1986. Action thresholds for processing cabbage, a short-term solution to a long-term problem. Agric. Ecosyst. Environ. 16:45-54.
16. Liu, H. 1983. The population parameters in relation to insecticide susceptibility of diamondback moth (*Plutella xylostella* (L.)) (Lepidoptera: Plutellidae) and its computer simulation. Master thesis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C. 101pp.
17. Liu, M.Y., Y.J. Tzeng and C.N. Sun. 1982. Insecticide resistance in the diamondback moth. J. Econ. Entomol. 75:153-155.
18. May, M.R. 1985. Evolution of pesticide resistance. Nature 315:12-13.
19. Su, W.Y. and C.N. Chen. 1984. Optimal control of the diamondback moth on winter cauliflower in Taiwan. Plant Prot. Bull. (R.O.C.) 26:41-53.
20. Sun, C.N., H. Chi and H. T. Feng. 1978. Diamondback moth resistance to diazinon and methomyl in Taiwan. J. Econ. Entomol. 71:551-554.
21. Wang, T.C. and H.T. Feng 1986. Diamondback moth resistance and cross resistance to four commonly used insecticides in Taiwan. Bull. Int. Zool. Academia Sinica 25:99-104.