

# 有害生物防治經濟學

貢 毅 · 紳 譯

ECONOMICS OF PEST CONTROL

Translated

By

Ku-Sheng Kung

1975  
抽印自臺灣省立屏東農業專科學校農藝學會會報

第四卷 第一期 民國64年5月

REPRINTED FROM

BULLETIN OF THE AGRONOMY ASSOCIATION

TAIWAN PROVINCIAL PING-TUNG JUNIOR COLLEGE OF AGRICULTURE

MAY 1975.

# 有害生物防治經濟學

## Economics of pest control

### 貢毅紳譯

#### 一、緒言 ( Introduction )

經濟學者早就認為自發性市場 (Autonomous market) 系統可能並非永遠時興而具社會最適宜標準的作業，其導致市場失敗並引起公共環境的污染或貶值，直至最近尚無深入的分析或實驗處理。此種情形一般來說可認為為一例外。雖然最近的努力，顯著加強我們的認識，但立即能應用於現代社會問題的廣泛文獻尚未有之。

各小區域環境品質 (Environmental quality) 經濟文獻的稀少，具下列三主要因素：

1. 環境品質問題尚未受重視，直至最近才被認為為重要社會問題。僅有興趣及可利用資料的經濟學者能具貢獻。部分訓練或專業人員預期社會的需要，但在缺乏社會需要的實際情形與支援，期望大量訓練的努力，當然不切實際。

2. 經濟活動 (Economic activity) 與環境品質 (Environmental quality) 一般認為是相對立的，而不認為環境品質是經濟活動的產物，也不認為期望從一個經濟體系中產生參與者在該體系所期待的環境品質是合理的。因而經濟學者可能具解決問題的貢獻，很多人也無此觀念。

3. 經濟學者最高度發展的分析技術，有助予處理部分解決方案較完全者更為有利。很多環境品質問題可用此等技術分析。環境問題所以時常存在，是因為決策者 (Decision-maker) 只考慮到部分的影響。

公共物品的生產與環境品質的分析工作刻正加強努力中。一般對犯罪、衛生、保險及污染等的經濟學，更為注意。蟲害防治經濟學乃為此增加的總努力之一部分，此增加的努力實例包括下列各類：

1. 生產經濟學者 (Production economist) 分析其他投資以代替農藥。

2. 福利經濟學者 (Welfare economist) 試圖估計市場及非市場制度之形成，特別有關於環境品質問題。

3. 數學模式 (Mathematical model)，常由多方面訓練團隊 (Multidisciplinary team) 所陳述訂定，其目的將更瞭解相互間相關及依存之關係。

本文目的，在試圖論述：(1) 有害生物防治之利害的一些指標 (Indicator)。 (2) 有害生物防治研究的減少或投資之商討。 (3) 有害生物防治的經濟抉擇 (Economic alternatives)。 (4) 有害生物防治的社會策略 (Social strategy)。

#### 二、有害生物防治利害的指標

##### Indicators of benefits and hazards of pest control

###### (一) 估計效益 Estimating benefits

有害生物防治的效益，可由(1)人民願意付出防治及防治研究的費用及(2)增加作物收益或(3)就經濟立場資源開發的價值等來說明。

---

\* 譯自 G.A. Carlson and E.N. Castle, "Economics of Pest control" p 79~99 In. "Pest Control strategies for the future" National Academy of Sciences. 1972.

1969年美國國內外約八億五千一百萬美元用於九億二千九百萬磅農藥方面，1968年約為八億四千九百萬美元用於九億六千萬磅農藥。美國外銷農藥的價值在1968年約為美金二億四千一百萬元。美國國內農藥買賣價格在急劇上漲，直至最近數年，自1952~68年間，每年增漲率約為14%。但是物料每磅價格在美國上漲情形常不及產品上漲之速，因為一方面由於較低價化合物上漲不及較高價化合物上漲程度，同時一方面由於外銷數量急增。圖1示美國農藥用量和緩上昇情形。除草劑近年大量用於海外軍事上，數量急增則為例外。農藥危險程度以農藥銷售數量，較以農藥價格來衡量更為妥善。部分人士預測美國於1975年殺蟲劑用量比目前要增加一倍，而殺草劑用量還不止加倍，這是可疑的。

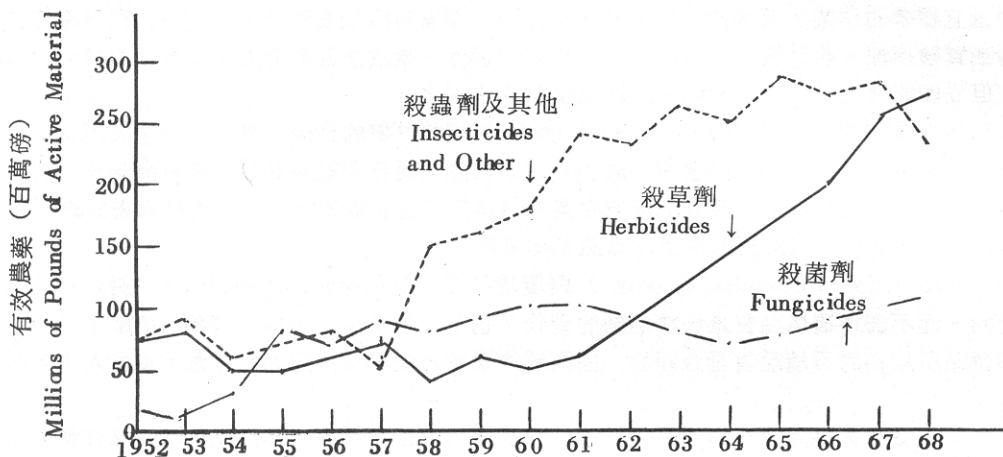


圖1 1952~1968年間美國國內農藥銷售情況圖 (U.S.D.A. 1953~1969)

除農藥需要可略加估計外，有害生物的防治需要實難預計。美國農學院培育昆蟲學者及植物病理學者每年約有1,615人。在這些投資資料分析 Peterson 氏發現，在非農場收益（甚於農場收益）的一州，與其用於昆蟲學及植物病理學研究費用間具密切正相關。彼計劃病理與昆蟲學者於1974年將達1,906人。非農業州立法委員，可能認為由於病蟲而較低作物損失，將意味有較低的食物價格；此種說明也具一州財政與政治之考慮在內。

評定有害生物的化學防治的效益，部分困難是不同性質的應用，多數人認為有害生物防治與農業有關，但最近的農業調查資料顯示，在美國1966年國內農藥用於農業者，祇有下列的百分比 (Eichers, et al., 1970)

農藥類別	殺菌劑	殺草劑	殺蟲劑	全部農藥
%	27	55	57	51

然而，多數最毒而持久的農藥，是被應用於農業的。

農場增產通常為有害生物管理效益的指標。植物學者明瞭農藥處理的作物增產百分率相當顯著。其主要缺點乃是將此等處理結果推廣到其他區域，而在其他區域病蟲害發生密度與原處理區者並非相同。很多栽培作物地區不施農藥，雖然並非所有未防治區的產量損失低於防治費用。1966年美國農作物不施用農藥的百分比情形如次：

作物	農藥類別	殺菌劑	殺草劑	殺蟲劑
玉	米	99	53	77
小	麥	99	72	98
大	豆	99	73	96
棉	花	98	48	46

農藥藥劑的生產力 (Productivity) 經濟指標 (Economic indicator) 乃為由於增加用於防治的藥劑費用而增產作物的價值。Headley 以 1963 年資料估計美國農業花費每美元農業藥劑平均增加 4 美元生產物 (Headley, 1968)。在英國的情形為 5 元 (Strickland, 1970)。Carlson (1970) 估計美國棉農為 2.25 美元, 但棉田大於 100 英畝 (Larger than 100 acres) 者僅為 0.95 美元, 除最後一項外, 農藥之應用對農友均屬有利。此等經濟研究的限制乃為彼等並未計及有害生物為害的大幅的年變異 (Annual variation)。分析需要聯合經濟研究的空間範圍與配合用藥田間的病蟲害發生密度研究, 至為明顯。

由於有害生物的防治, 自食物生產品 (Food production) 發生的資源, 是另一示明經濟效益的方法。1930 ~ 1940 年間的機械革命, 常為人們所議論, 自 1945 年起, 已增大為以肥料、農藥及遺傳等的生物革命 (Biological revolution)。表 1 表示美國農場於 1952 ~ 1968 年間的投資變異情形。在目前農業生產作業中, 農藥與肥料正替代部分勞力與土地。部分人力價值已提升為更有效的防治工作。農場投資提高單位收益以替代土地。高價土地保留或轉變支付為手段, 而使作物生產面積約四千萬英畝轉移, 農藥與肥料已使此等保留土地為可能。狩獵者及水土保持者得益於此等保留土地為遊息目的而增其效用。

表 1 美國農業投資指數之變異：1952 ~ 1968

	1952	1968
勞 力 Labor	100	53
地 產 Real estate	100	109
機 械 Machinery	100	130
肥料與石灰 Fertilizer and lime	100	292
國內銷售農藥 Domestic sales of pesticides	100	269
農場總投資	100	110

勞力資源調整至市鎮與土地保留是要花相當代價的。已移至市鎮的部分勞力並無工作。此種移動已使很多鄉村的人口降低或崩潰。勞力資源從有害生物防治移動至其他經濟活動已相當顯著, 同時有些行跡代表了一種社會利益。然而, 到目前為止, 這是一個尚無答案的困難問題。

(二) 費用或危險指標 (Costs or hazard indicators)

農藥對人類、野生動物及生物圈之危險, 最近美國的國會聽證 (Congressional hearing)、專家會議 (Professional meeting) 以及大眾傳播 (News media) 已有多方的反應。費用包括花費於農藥的發現 (Discovery)、淘汰 (Screen)、生產 (Produce) 以及防治方法的推廣, 同時實際訓練操作的費用, 藉以決定何時需要防治, 以及應用何種防治系統去防治。

我們的市場制度, 是所有權交換的一種, 但我們的財產及契約權制度, 並不能完全獲得所有的報酬與損害的交換。經濟學者曾用外在經濟 (Externalities) 的名詞, 以分別此種非市場效應 (Nonmarket effect)。在農業藥劑的場合, 有幾種為非補償費用 (Uncompensated cost) 及報酬 (Return) 的型式, 可例舉如次:

例 1 一農友以殺蟲劑防治其作物害蟲, 同時部分有毒藥物飄落至其附近地區, 並損及另一附近農家之蜜蜂或飼料作物, 一農友的生產投資而影響及另一農友的生產。同一物理現象 (藥劑飄落), 當農藥飄落至附近田間而能殺死害蟲, 阻止或減少病害的發生, 傳播及害蟲的移動, 而形成一正外在經濟 (Positive externality) 情形。一區機警的農友, 可能

實際防治其鄰近田地的移動蟲害，以增加其自己的收穫。當此種外在經濟的來處及收受人易於確定時，則其損失常可由法院裁定，地方協議或聯邦保險收回。在另一方面，由政府機構接受委託防治。

例2 當食用農藥防治後收穫的作物或其製品，少量化合物（農藥）可能於消費者體內發現。假如此等農藥被證實為有害於人體者，則食物消費者將花錢買那些含有少量有害的食物。此種外在經濟型，包括人數很多，影響至大，因此地方協議或法規規定，強制執行。聯邦管理農藥，由於容許量標準的規定而引起食物利害的經濟問題。高度督訓的費用與未知的食物污染與健康間相關關係，將導致食物被充公或廢棄（由於更多食物污染的損失）時，其所增加的社會費用可能不等於生產物價值的減低。

例3 另一普遍認識的外在經濟型是減低農場勞動者，農藥應用者，以及其他暴露接近農藥生產場所人員等的平安（明顯地，部分此類危險可由高工資反應出來，但廣義說，他們並無補償，而為外在經濟）。農藥危險的程度與暴露時間長短及藥劑毒性性質有關。直接用於預防—探測—處理及復原的費用，與間接由於死亡或無工作能力而引起生產的損失等與農藥利益相左者，乃為實際權衡的經濟因子。為分析此類成本的手續已被用於數類病型，空氣污染的健康損失以及農藥毒害的區域等。

例4 野生動物、魚類、鳥類及家禽家畜數量的減少；植物生長的破壞；地表及地下水與土壤的污染農藥等耗損，通常不在市場系統反應出來。企圖單獨地評估這些損耗已有的指示相當低。但是，一般情形，為此等成本估計的環境，從國家特別訓練計劃的有效數據，並未供應適合的資料。

經濟學者通常處理外在經濟，一如市場不重要的壞機能，測定成本與收益。在農藥情形，外在經濟有很多型態存在，測定其干涉市場機能而調整以前，期望能達到經濟的病蟲害防治，必需要有更完妥而長期的資料。

### 三、農業藥劑為生物資本 Agricultural pesticides as biological capital

農友已有典型的想法，農藥費用一如種子、肥料、勞力等一年的操作費用同等。然而，如果從長期觀察世界農業，農藥效果對將來的農業生產量必需考慮。顧及現有農藥材料及應用推薦為「生物資本」（Biological capital）可能有助。那是當投資及效用若有變異，則在累積及降低效果兩者均有的一種資產。此種資本與肥料、雜交及抵抗性作物品種的生產可能性不同，其重要性是減少損失的存在。

#### (一)需求 (Demand)

當抵抗性品系 (strain) 的有害昆蟲、蟎、雜草及作物病害發展發生生物資本的長期降低效果，農藥之應用可能暫時的提高每年用藥的次數（縮短應用時間的間隔，增加單位面積的用量）或提高濃度以圖維持作物產量。最後，當生產者更換其他防治方法時，需要將會急劇下降。已知二百種以上的昆蟲種 (species) 已發展具抵抗一種或多種的農藥。R.F. Smith 最近曾提示在計劃中的防治方法，必須假設任何節足動物曝露於高度農藥的情況下發展成抵抗性的品種 (Smith, 1970)。其抵抗性發展的速率，及其地理影響呈與致死百分率，種的變動性，一年中代數及其他生態因子有關。此處呈現對訓練者與預測抵抗性發育十分需要，正為在決定病蟲害防治投資之主要成分。

有關生物資本貶值直接的例子，在從國外侵入的有害生物，次級有害生物的猖獗，以及制度限制農藥應用的情況下較少。每一例子，除非有其他農場投入 (inputs) 平衡支付，其生產能量將降低。

(二) 供應 (Supply)

有幾種重要的經濟因子影響新農藥資本的供應。化學公司寧願研究能用於防治多種不同作物上的多種不同的害蟲。淘汰 (Screen)、試驗 (Test) 及生產等用費能分攤於較大的出售量上。然而，農藥的非市場成本 (外在經濟型) 將隨其應用範圍而增大，因在自然界對哺乳動物的毒性及毒力持久性等可能亦增加。因為新農藥必須符合登記條件，同時在投資前呈有利可圖的情況，未來的特效藥劑 (Specific chemical) 不會很多。

投資無效的簡單說明，如圖 2 所示。圖 2 (1) 及 (2) 分別表示某一指定農藥能防治害蟲種類的範圍與獲利率及社會成本 (Social cost) 的關係。圖 2 (1) 正確形狀將隨生產量與成本下降速率如何以及指定農藥的價值與其他病蟲害防治法費用的相對關係而定。一種農藥的環境損害潛能，除處理區域外，隨其他因子而變，但並不影響討論。圖 2 (3) 反應現有的技術 T T' 情況下，在高獲利率與高非市場費用間交易關係。因為化學公司具變更投資機會，他們僅願投資於假設其獲利超過 A 的農藥研究。假如環境保護機構僅能給社會費用潛能較 B 為少的藥劑登記，則現有的技術將不能產生新的藥劑。僅有市場調整將允許有利益的農藥投資移動至右方 T' T' 以替代 T T，方可落於可行性範圍 (feasible region)。此類移動當生產成本降低或病蟲害防治費用相當高時即可發生 (高級食料及纖維成本也可包括在內)。

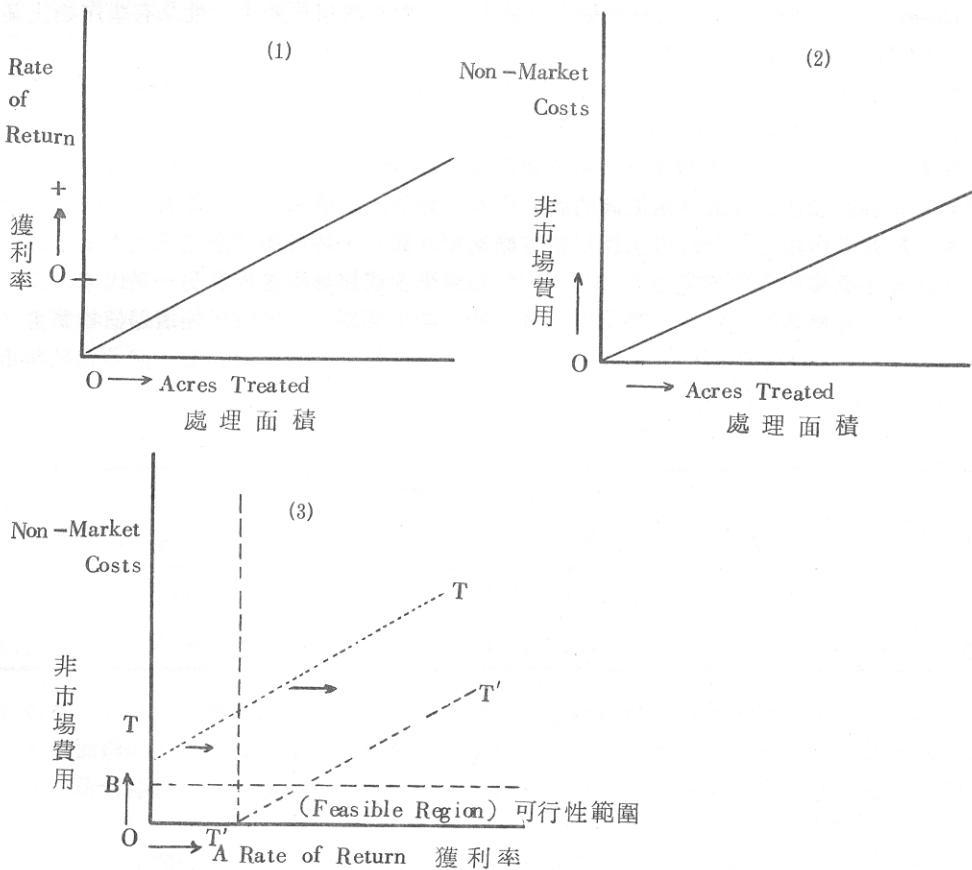


圖 2 農藥投資無效圖

有害生物防治的需要與供應能量為動態的而不穩定的。由於外在經濟的認識，登記因而慎重，將減低私人的農藥研究興趣。但抵抗性的發展是連續性的，因此對有害生物防治方法

的發現將更為有利。有害生物防治的外在經濟的存在，是病蟲防治更為公共投資的經濟爭論點。基本的爭論點是假如我們要求有同一平準的有害生物防治與清潔環境，必須有人為此而付出代價。

#### 四、有害生物防治的不同經濟決擇 Economic alternatives in pest control

在有害生物防治影響收益分配方面，有很多調整的建議，為了方便討論起見，茲就生產者、消費者或空間的調整分述如次：

##### (一)生產者調整 (Producer adjustments)

在有限的範圍內，生產者可從有效可利用的生物的、栽培的或抗性作物的防治計劃中選擇。雖然對數種作物的數種病蟲害作戲劇性及創造性防治努力，但大多數的農業，應用農藥仍屬最低(市場)成本防治方法。其他防治方法破壞農業生態系統 (Agroecosystem) 的情形，遠不如農藥之嚴重。因此如作物的抗性變種等之利用，已較以往更為重視。用一種防治計劃代替另一種時，必須考慮到所有公私資源的消耗。

最近，對農藥類別間的替代，已有相當的討論。可否替代？其經濟效益若何？一個有趣的例子是較毒的有機磷劑 (Organophosphorous compounds)，取代較持久的有機氯劑 (Organochlorine insecticides)。此種改變，乃由於害蟲對有機氯劑產生抗性及有些作物上某些有機氯劑殘餘毒性清除發生困難而發生。

農友關心者，為維持其產量每磅有機氯劑需若干有機磷劑的用量，方能達到目的。美國經濟研究服務處農藥組估計主要有機氯劑應用作物的替代率 (Substitution rate)，在表 2 所示，平均而言，約  $\frac{3}{4}$  磅有機磷或氨基甲酸鹽系劑 (Carbamate) 殺蟲劑替代有機氯劑一磅是必要的。根據此項估計 (假設是正確的話) 以及已知的比較價值估計可能有 75% 的有機氯劑減少應用於此等作物上 (75% 以上農場用有機氯劑計算)，將增加美金二千六百七十萬元的成本，或每英畝處理費增加美金 2.23 元。有些經濟學者或昆蟲學者曾有另一替代率之建議 (0.3 ~ 0.4 磅有機磷劑 / 每磅有機氯劑，替代 50% 減少範圍)。同時可能遭遇植物藥害 (Phytotoxicity) 或抗有機磷的品系發展也將快速。此種變更的純社會利益，必須包括非市場成本的差異。

表 2 替代率，有機氯劑減少，用有機磷替代而增加的生產成本

	棉	玉 米	花 生	烟 草	合 計
替 代 率	0.68	1.17	0.61	1.32	0.76
有 機 氯 劑 減 少	87%	33%	100%	100%	76%
增 加 生 產 成 本	\$ 3.12	\$ 1.23	\$ 2.90	\$ 4.22	\$ 2.23

同樣，分析 Phenoxy 除草劑對八種主要除草劑應用之作物取代情形，也形成顯著較高的成本，取代除草劑，增加作業練習，勞工以及土地皆為維持生產需要的。在美國而言，淨增加成本估計約二億九千萬美元，或每畝處理費用為 4.64 美元，這個數字比目前什草的防治費用約增加了三倍。

其他投資也可替代藥劑，如表 1 所示，農友已有農藥取代土地與勞力的情形，此種經濟可行性情形能否反向的進行？Headley 氏曾建議由保留種植田發放以取代農藥。彼估計增加作物地田 1%，約可減少應用殺蟲劑 6%，雖然此種估計需要更精密考慮，但已可使我們想到資源調整幅度包括維持生產和農藥投資限制。

Carlson 氏 (1970) 曾發現假如區域作物損失預測工作發展及運用良好時，很多預防應用的殺菌劑可以避免應用。例如，美國加州產桃區估計結果：假如能按照簡易預測工作進行的話，4 次循例的殺菌劑應用祇有一次是需要的，並且增進生產者利益 15% 是可能的。此種防治處理包括資料供應及農藥管理之替代。

多用農藥，視同減少被害的可能增大。那麼減少農藥應用對作物保險有何貢獻？在 1961 ~ 1967 間，美國所有作物保險增至 190 % (USDA, 1968)。瑞典有經驗的作物保險無需預防的防治處理，但美國聯邦作物保險有限公司的政策在保險前需要有正常的預防性的農藥處理，才能得到病蟲害損失的賠償。合併處理各種作物損失與取代農藥可能性的調查，為提高社會福利，可能決定有些可接受的調整 (處理)。

(二) 消費者調整 (Consumer adjustments)

消費者的見解隨時空而變更，當一種食品較其他一種昂貴時，人們常調整其食物。消費者能識別物品品質不同時，對有病蟲害損害的食物 (或食物混有昆蟲殘體) 付出的價款較少，而對無農藥食物付出的價款較多。表 3 所示，為美國 1966 年每磅有效農藥產生各種農產品平均價格之估計。例如，用一磅殺蟲劑在棉花生產上僅能生產 19 美元的價值，但用在苜蓿上，則約有 500 美元的生產價值。此種「農藥負擔」(pesticide load) 以金錢計 (以每元費用計) 因作物的不同而差異極著。這是一個任何圖將農藥全部成本加在購置應用農藥生產產品的消費者的粗放估計。依據 W. Leontief (1970) 研究指示擴大投入產出分析 (Input - Output analysis)，各類型的污染發生與最後消費者的產品 (Final consumer products) 有關。

表 3 各種農產品平均價格 / 每磅有效農藥應用 1966<sup>a</sup>

產 品	殺 蟲 劑	殺 草 劑	殺 菌 劑
棉	\$ 19.25	\$ 688.55	\$ 896.98
蘋 果	23.16	b	19.00
花 生	49.14	93.72	16.44
馬 鈴 薯	208.54	274.12	175.52
玉 米	215.19	103.19	d
苜 蓿	502.84	1,397.19 <sup>c</sup>	d
大 豆	683.27	245.31	d
小 麥	2,322.13	259.54	d

a Eichers et al. (1970) ; USDA (1967)。

b 大部為石油

c 包括用於所有乾草者

d 無可利用之資料

認清一種貨物的農藥負擔，就了解變更消費方式的可能性。假如病蟲害防治費用提高，合成纖維取代棉花的速率更快。就殺蟲劑稅金對消費者而言，花在大豆油的費用比花生油或棉籽油者為少。

Jensen 委員會及其他有關方面，已有結論：由於大眾需要，在果實與蔬菜上適度的應用農藥，已引起大眾的注意 (USDA, 1969)。由此觀點，聯邦的等級及聯邦市場規定品質標準的修正，使消費者負擔較少的農藥費用，極待努力。

(三)空間的調節 (Spatial adjustments)

英國經濟學家 E. J. Mishan 在他最近的著作 “Technology and growth: The Price We Pay” 指出，使污染形成活動 (pollution-producing activity) 與其他活動空間隔離的費用，可能比補助、稅金、或投資限制等為較少的花費調整。其重點為既非農藥應用者，也非受害方面，依據增加其生產或消費平準，在損害上能增加其要求。問題因此而起，何種空間計劃可能減少病蟲害防治的社會費用。

表 4 所示，美國十區，各區每畝用農藥量，顯示逐年多少有變化。(主要蘋果區，1964 年每畝用殺蟲劑約 15 磅)，並能顯示出各區間殺蟲劑之應用及棲群密度的不同。例如，棉花生產在美國東南及 Delta 各州每畝用殺蟲劑要比重要南部平原及太平洋區多很多倍。表 5 所示為更完善的分類細目，說明在 1964~66 年間殺蟲劑在棉田應用詳情。這兩個調查顯示 1966 年在美國太平洋區棉花應用殺蟲劑不同情形。表 5 的結果可能較有代表性，因在同一指定作物，其有較好的取樣 (5,000 農場)。

表 4 美國各區作物每公畝殺蟲劑用量<sup>a\*</sup>統計表 1966<sup>b\*\*</sup>

Table 4 Quantity<sup>a</sup> of Insecticides Used per Acre on Selected Crops by Region, United States, 1966<sup>b\*\*</sup>

	棉花 Cotton	玉米 Corn	大豆 Soybeans	紫花苜蓿 Alfalfa	馬鈴薯 Potatoes	蘋果 Apples
東 北 區 Northeast	-	0.03	0.05	0.31	2.85	15.50
阿 帕 拉 契 區 Appalachian	5.03	0.07	0.31	1.07	0.60	10.55
東 南 區 Southeast	16.58	0.03	1.17	-	0.30	-
三 角 洲 州 區 Delta States	8.90	0.02	0.03	0.02	-	-
玉 米 帶 Corn Belt	0.80	0.53	0.01	0.02	6.18	33.87
五 湖 區 Lake States	-	0.16	-	-	2.73	12.82
北 部 平 原 Northern Plains	-	0.37	-	0.04	1.09	-
南 部 平 原 Southern Plains	2.66	-	0.18	0.37	0.06	1.00
山 地 Mountain	10.92	0.25	-	0.30	1.03	3.91
太 平 洋 區 Pacific	1.71	0.27	-	0.06	2.94	4.67
美國本部 48 州 48 States	6.27	0.36	0.09	0.12	1.99	12.58

<sup>a\*</sup> 殺蟲劑用量以有效成分的磅數表示。

<sup>b\*\*</sup> 依據 Eichers et al. (1970)。

表 5 美國棉田每畝殺蟲劑平均用量 (單位=磅) 統計表

Table 5 Average Pounds of Insecticides Applied per Acre of Harvested Cotton<sup>a b</sup>

生 產 地 區 Production Region	1964	1965	1966
東南 Southeast			
南部皮得蒙高原 Southern Piedmont	22.44	16.78	20.26
東部海岸平原 East Coastal Plains	24.30	31.62	32.42
南部海岸平原 Southern Coastal Plains	26.68	31.62	32.42
石灰石谷地 Limestone Valley	3.86	8.22	19.28
黏土丘陵 Clay Hills	8.58	8.22	19.28
黑土帶 Black Belt	11.12	16.78	20.26
棕沃土 Brown Loam	6.68	6.88	9.30
南中部 South Central			
密西西比三角洲 Mississippi Delta	13.70	16.82	14.46
阿肯薩東北 Northeast Arkansas	4.30	5.02	6.72
黑土草原 Black Prairie	3.80	5.28	5.40
海岸草原 Coastal Prairie	13.44	11.00	8.74
下里約格蘭河 Lower Rio Grande	28.88	26.70	37.32
起伏丘陵 Rolling Hills	1.72	2.12	2.62
高原 High Plains	0.96	0.64	0.66
北 West			
南爵奎流域 South Joaquin Valley	25.72	33.50	24.74
南加州及西南阿里桑州 Southern California and Southwest Arizona	27.42	24.34	21.34
南阿里桑州 Southern Arizona	39.28	17.04	23.26
上里約格蘭河 Upper Rio Grande	27.12	17.06	17.24
平均 United States average	11.38	12.48	12.84

<sup>a</sup> Dollar expenditures have been converted to pounds of insecticides at the average price of \$50 per pound.

<sup>b</sup> Starbird and French (1967 ~ 1969).

即使是其他生產成本及作物價值相等應有制度的或政治的強制農業生產的地區遷移至病蟲害棲群最低的地方。爲了減少農藥的應用，國與國間的土地利用轉移性是可希求的。美國可輸入在美國高農藥應用的產物 (High pesticide-utilizing products) 如棉花、蘋果等，那是可能的。此等產物可能生長在世界上病蟲害棲群密度較低的地方。一個重要而尚未解決的政治問題，是否我們要允許，選擇環境品質較低的地方維持農業及工業的發展。區域間的影響 (Inter-regional effect) 對地方分權價值及地方的選擇，如何才能達到平衡？

## 五、(有害生物)病蟲害防治之社會策略

### A social strategy for pest control

一個指定的經濟機構 (Economic organization)，可能失敗在其與決策有關的成本與收益的反應能力。當明顯跡象發生時，公共的調停可能是公正的。不論其是否可靠，或導致較佳的業務境遇，有三種糾正市場失敗 (Market failure) 的普通方法：政府所有或社會化 (Government ownership or socialization)，行政管理調整 (Administrative regulation) 及改善獎勵體制 (Incentive framework)。

(一) 社會化 (Socialization)：政府控制生產及市場運銷等可能糾正污染問題 (Pollution problem)，事實上社會主義的國家也有環境品質問題的經驗，不過較所有制 (Ownership) 型更為基本。

(二) 行政管理調整 (Administrative regulation)：行政管理調整通常為在經濟體系中所行的要求或強制約束的形式 (或個別的在那體系內)，對此體系期望取得一致。此種調整，自屬必要。但必需考慮者，在糾正經濟制度處理中為比較粗放而單純的方法。他們處理病症，並非病因。

(三) 獎勵體制的改善 (Modification of the incentive framework)：多數經濟學者相信，假如現有的獎勵體制不能達到期望的環境品質平準要求，即使有適當的經濟制度也不能發生作用。因此，經濟學者為解決環境品質問題，將致力於改善獎勵體制。

為處理病蟲害防治問題，考慮改善獎勵體制有屬社會策略的廣泛範圍，社會的目標與對象等問題邏輯地隨即發生。對獎勵體制信賴的決定，包括基本問題是相對的一種，並非絕對的。例如為 DDT 絕對安全的應用，結果將使食物成本提高。一般建議，改善獎勵體制的適當目標為決策者所應沉思熟慮者。當發生於社會時，其利益與花費之應有相同之比例。很明顯地，為冒險或未定的事，對社會成本及獲益有所了解或估計，以及其應得的補助。當然，嚴格考慮不會置之不問，或有系統地自考慮中排除。雖然在病蟲害防治方面，空間的限制阻止了一個完善獎勵改進計劃的出現，但可引以說明獎勵改善體制系統的事實，頗不乏例。

(四) 外在經濟說 (Tax on externalities)：這個處置很明顯的，企圖把由於農藥為害而增加的社會費用放在應用農藥的經濟單位上。明顯的困難是在決定為害的平準與每種農藥型態的適當稅率。有些爭論如此的稅不管是“污染許可證” (“License to pollute”) 的取得。這個意思是正確的話，例如農藥的損失很大，那末由於稅金的影響而造成此種病蟲害防治方法的費用亦很大。

(五) 補助費 (Subsidies)：有兩種普通形式的補助費。一是補助給 (農藥) 受害的人。此種形式的補助是不穩定的。並且在客觀的情況比獎勵體制的改善為早。另一種是補助設計、或發明的人，以更經濟、有效及安全的方法來替代。例如(1)補助農業工業致力發展“狹效藥劑” (Narrow-spectrum chemicals)。R.F. Smith (1970) 以及其他學者，曾有爭論，很多農藥已被檢定，因為此等藥劑僅能殺死少數種類的昆蟲，由於其銷售量的關係，不能達到其所應得之利潤而被忽視。此等藥劑實為目前所需要者。應有計劃的安排大學研究室做藥劑學研究，專利權給予私人廠商製造並配售此等藥劑，專利權持有人及配製者間，應具有特權的安排。彼等在小區域裡能有利的生產及販賣特別藥劑。(2)補助公私行號 (代理商店)，諸如聯邦作物保險有限公司，加強作物保險以替代農藥應用。

(六) 政府對所有權定義再商榷 (Redefinition of property right by government action)

在我們目前的經濟體系裡還存在着公私混合 (Public-private mixture) 的制度，政府為改善其各類活動及計劃推行，明顯影響到經濟的獎勵體制，那是很可能的。

例如：(1)准許土地分配轉移至病蟲害密度低的地區。

(2)有關狹效藥劑 (Narrow-spectrum chemicals) 的專利時期增長。

(3)農藥應用者許可證的發給。

(4)降低果品及蔬菜等級將有減少農藥使用的效果。

(t) 限定投資的市場分配 (Market allocation of restricted input)

事實已被決定，農藥特殊形態的集體平準是具有特殊平準的市場力量對分配限制投資可能為一期望方法。例如，假如已決定DDT應減低90%，雖並非完全禁用，可由政府售予領有許可應用者為限。此種手續，可將DDT分到那些生產者能做最有利的應用。同樣情形，為限定其他很多的經濟活動，也有出售許可證者，諸如計程車執照、飲料出售執照、土地分配等均屬之。

上述有關改善獎勵體制之資料，冀能以實例說明一種分類系統。其對象為認定那些方法可助決策者對直接及間接的社會成本及利益，可能有的與使用特殊農藥相關聯，宜加注意。