

卓蘭地區楊桃整合性防治之實證經濟分析

An Empirical Analysis on the Economic Effectiveness of Integrated Pest Management for Jhuo-Lan Carambola

萬鍾汶^{*}、劉秀妮^{**}

關鍵詞：整合性防治，楊桃，間接成本函數

* 國立中興大學應用經濟系教授 e-mail : jwwann@nchu.edu.tw

** 國立中興大學應用經濟系碩士班 e-mail : g9134012@mail.nchu.edu.tw

摘要

作物病蟲害防治傳統上以施用化學藥劑為主，宿有增加造成生產成本、環境破壞，及引發消費者對生鮮食品安全性之虞，國內外漸採整合性防治(Integrated pest management, IPM)予以導正。IPM 乃為利用多元化的防治方法控制害物族群，配合正確的農藥使用以減少收成損失之作物栽培管理方法。基於楊桃為台灣重要經濟果樹之一，為提高其外銷檢疫的便利性，防檢局自 1999 年針對楊桃主要產地推廣整合性防治，並發現有良好成效。但是必須檢驗採用整合性防治對生產經濟面的助益，對果農才具說服性。

我國採行 IPM 的經濟效益未曾進行過實證評估。本研究乃欲實證採用 IPM 對楊桃農家成本、產出及要素需求的影響。研究範圍以台灣楊桃主要產區苗栗卓蘭之農家調查資料為主，在果農追求成本極小化的假設下，設立楊桃整合性防治決策模型。實證結果發現，越瞭解 IPM 方式實行及種植經驗越高者，採用 IPM 的機率越高；但教育程度越高者，卻越不易採用 IPM；另外種植密度越大，越會採用 IPM，但大規模種植，卻不見得會採用，此表示果園內的楊桃株數及種植間距是採用 IPM 的主要考慮原因。而當採用整合性防治的機率越高，成本越低，整合性防治對成本支出彈性為 -0.1755，即表示當增加 1% 之採用機率，則會減少 0.1755% 的成本支出。

關鍵字：整合性防治，楊桃，間接成本函數

1. 前言

病蟲害的發生會直接造成農作物品質的降低，產出的減少，間接地也會讓生產者的利潤減少，因此，控制病蟲害向來是經濟果樹的栽培管理上重要的一環。多年來慣行的病蟲害防治方法主要為施用化學藥劑，但其間接會使生產成本增加，甚至造成對生態環境的破壞及引發消費者對農產品安全性的疑慮。有鑒於施用化學藥劑可能造成的諸多不良影響，整合性防治(Integrated Pest Management, 以下簡稱 IPM)的觀念漸而形成。IPM 乃源自於昆蟲防治，逐漸應用至病害防治，其有別於傳統防治「趕盡殺絕」的意味。

有關 IPM 觀念上的定義不少，如技術評價中心(Office of Technology Assessment, OTA)定義 IPM 為：在人類、植物和環境的最小風險下，藉由協調多種手段來確認作物的穩定和維持蟲害損害低於經濟傷害的水準，制訂經濟和生態上最適的有害物管理方式。USDA 的定義則為：IPM 是一種作物管理方式，鼓勵利用自然控制的方法來減少害蟲群族，藉由預測和預防蟲害問題達到經濟損害水準，合適的技術包括使用天敵、種植限制害蟲的作物、栽培的管理和正確的使用殺蟲劑(Agricultural Research Service, USDA, 1993)¹。國內係將 IPM 解釋為利用多元化的防治方法控制害物族群，減少作物之損失，配合正確的農藥使用而達到生產高品質作物及其附屬品之目的，並同時兼顧公眾健康、保護環境及有益生物之作物管理方法(楊秀珠，2000)。

我國推動農作物整合性防治的觀念已有相當時日，且自 2002 年正式成為 WTO 會員後，政府為確保農產品的品質及提高其在國外市場的競爭力，農委會動植物防疫檢疫局依據衛生與動植物防檢疫措施協定(SPS)，訂定「加入世貿組織提升植物防疫技術」計畫，針對我國重要作物建立重要病蟲害的非疫區或低流行疫區，楊桃即是選定的作物之一。由於商業栽培的楊桃近年來病蟲害種類增多，以東方果實蠅為首要害蟲，楊桃細菌性斑點病為主要病害，其他尚包括炭疽病、煤病、花姬捲葉蛾、葉蟬(紅蜘蛛)等，則因各地栽培環境條件的不同，危害的程度亦不一，以致楊桃在栽培上，必須長時間施用大量的農藥及花費更多的人力及時間來照管。其次，楊桃為台灣具有外銷潛力的水果之一(安寶貞、蔡志濃，2002；萬鍾汶，2002a)，為提高其外銷檢疫上的便利性，防檢局委託地方農政單位協助農民共同採

¹ IPM 並非完全不使用殺蟲劑，在 IPM 下的殺蟲劑使用通常低於一般傳統防治的使用量，且若必須要使用，IPM 所使用的殺蟲劑是毒性較低的且對益蟲無害的。

購防治資材，並針對楊桃主要產地：苗栗、台中、彰化、南投、台南及屏東等地區持續推行整合性防治。對照近兩年的防治結果，顯示採用整合性防治方法確對楊桃病蟲害造成品質與量的損害有所改善，且採用整合性防治之果園的防治成本較未採用者為低(顏辰鳳、郭克忠，2002)。

農改場主要是以生物性損害的減少來進行比較，但是必須檢驗採用整合性防治對生產經濟面的助益，對果農才具說服性。因此，本研究擬實證推估楊桃整合性防治之經濟面影響，以提供果農及農政單位參考。

目前楊桃的生產分佈以台南、苗栗、屏東等地為主，本研究將以苗栗縣卓蘭鎮為研究範圍，主要考量為卓蘭仍全省第二大楊桃產地，且其對於整合性防治的推行較早亦具有規模。本研究將卓蘭地區之楊桃農家進行問卷調查，以取得個別農場防治病蟲害所花費的各項農藥與資材成本，以及各期產量與售價之初級資料。

實證上將應用 Heckman 二階段模型，第一階段為分析果農採用整合性防治決策之影響因素，並推估果農採用 IPM 之機率；第二階段為實證果農之間接成本函數，並將採用 IPM 機率納入實證函數中，利用 IPM 支出彈性的變動來分析其對農場之經濟面影響。

2. 文獻回顧

環保意識的抬頭，使得農產品與食品安全成為重要的課題。消費者日益關心農藥的使用在現代農業生產上的必要性與正當性，是以抗蟲抗病的品種相繼問世；有機肥料及栽培管理技術不斷推陳出新；更有許多新的生物防治技術在使用少量化學藥劑或甚至不使用化學藥劑下，亦能達到殺蟲抗病的效果，如整合性防治技術。

病蟲害所造成的損失在果樹實體上會造成葉片脫落、老化、落果，甚至死去，而經濟影響上會造成果實品質不佳，產量降低，投入成本增加，市場價格差，收益減少等等。整合性防治可被視為新技術的改變，或是當作一種防治的投入(input)。Wetzstein 等人(1985) 利用主成份分析法(Principal component analysis)，將 IPM 的加入視為技術上的改變，分析參與 IPM 計畫與未參與者之間的差異，並檢驗 IPM 技術和一般投入之間的關係，進而將 IPM 變數加入至要素需求函數中，利用此投入的改變來衡量採用 IPM 的經濟效果。理論上，加入 IPM 技術後會帶來產出效果和替代效果，在給定的產出水準下，若增加 IPM 投入要素，而減少一般投入的使用，則

替代效果為負，表示農藥使用量會減少。結果顯示，當參與 IPM 計畫的程度提高，產出和成本提高，而實證所得到的產出效果剛好抵消替代效果，因此農藥的使用量不變。

Fernandez-Cornejo(1994)將 IPM 視為新的生產／防治技術，當採用此新技術的預期效用高於既有技術時，IPM 會被果農所採用。其並針對美國佛羅里達州、德州及密西根州之蔬菜生產者，利用 Logit 模型實證影響 IPM 採用意願之因素，包括農場規模、農場主教育程度及務農經驗、預期價格、風險態度、是否與市場簽訂契約等，並將影響採用 IPM 機率之因子分為連續性及間斷性。結果發現，較願採用 IPM 之農民多是風險趨避者，且會使用較多之時間於管理農場上。

Fernandez-Cornejo(1996)更進一步加入自我選擇(self-selection)的概念，讓生產者自行選擇採用或不採用 IPM，並將 IPM 區分為病害管理及蟲害管理上的選擇。但在建立實證模型前，Fernandez-Cornejo 另提出幾項觀念：農民在對 IPM 採用決策及農藥的使用是同時發生的(simultaneous)，這樣的同時性可能是因為 IPM 的採用及農藥的使用之間有關連，如害蟲族群的大小，農場的位置等等；在進行分析時，並非由調查者自行將有採用 IPM 者與未採用者分組，而是由農場主自行決定採用與否。Fernandez-Cornejo 進而針對蕃茄利潤極大化的生產問題，推估利潤、生產函數，以及農藥之需求函數來分析農場在採用 IPM 技術的特質及效益。實證發現，採用 IPM 的機率上升會使利潤增加，且明顯的會使農藥使用量下降。

Fernandez- Cornejo 在 1998 年又再以葡萄生產為例，實證 IPM 的經濟問題。而結果顯示，採用 IPM 對葡萄病害防治要較蟲害防治的利潤及產出的效果皆來得顯著。

除了以上直接實證 IPM 經濟效果的研究外，對於損害控制的投入上也有相當多的文獻進行研究。整合性防治是將許多防治方法綜合使用，但單就防治技術而言，也可視 IPM 為生產中的投入。Lichtenberg 和 Zilberman(1986)曾建立一個包含損害防治投入(damage control input)的生產函數，基於損害防治投入對生產的貢獻不同於一般的投入，而將生產函數拆解成一般投入(standard inputs)和損害減輕函數(damage abatement function)。結果顯示出以一般 Cobb-Douglas 型態推估生產函數，會高估損害防治投入的生產力。不過，Lichtenberg 和 Zilberman (1986)之研究雖然能將損害防治投入的生產力和一般投入的生產力分開估算，但是卻未能說明如何衡量損害控制投入對品質和數量的影響，以及如何改善的情況。

Babcock 等人(1992)則綜合前人的研究，以北卡羅萊納州蘋果生產為例，建立損害防治投入影響生產數量和品質的函數。對產量的影響乃是延用 Lichtenberg 和 Zilberman (1986)的基本構架，將損害防治投入的貢獻分由兩個生產過程來估計：第一個是選擇投入來達到想要的潛在產出，第二個為損害防治投入對減輕產出損害的影響，即是損害減輕的函數。另外，不同於前人的研究，Babcock 等人建立了品質函數的衡量，利用政府對蘋果的分級和其農藥的使用，並進一步將損害細分為蟲害與病害，及將損害防治投入也區分為使用化學藥劑與非化學藥劑等等。結果發現，當忽略品質所造成的影響時，會低估損害防治投入的生產力。

Saha 等人(1997)則更明確將一般投入和損害防治投入之間的交互關係，建立了三種不同的模型，即：一般模型、考慮一般標準投入與損害防治投入間的交互影響效果、一般標準投入與損害控制投入設定上的分離性。Saha 等人並考慮到損害控制投入對產出多寡的機率分配，亦即環境與經濟上的不確定因素所導致損害防治投入水準有隨機性的效果。

上述文獻提供了採用 IPM 決策對農場之經濟分析，卻未單獨細分出損害防治投入對生產上的影響。由上述的相關經濟文獻的評讀得知，國外已有不少學者針對 IPM 經濟效果的研究方法加以設計並依實務課題的演進與方法的適用性不斷地琢磨、修正觀念與方法。但綜合這些研究，可發現其共同之處在於將病蟲害防治策略視為農民生產決策之一環，故對於有害生物造成的損害或防治可減輕的損失皆可從個農場層次加以剖析。

國內相關於楊桃之研究文獻則多集中在技術面的管理，經濟面評估仍為少數。萬鍾汶(2002b)就經濟面評估楊桃細菌性斑點病非疫區及疫區適用之防治策略，其認為非疫區的產地可採取最適投入使用量之決策、阻止傳入之決策及社會經濟福利極大化之決策觀點來分析 IPM 的效益；而疫區防治策略之經濟效益則適以個別農場最適生產決策作為評估之基礎。

3. 卓蘭楊桃整合性防治與產銷現況

行政院農委會 2003 年發佈的統計資料顯示，台灣楊桃全年栽培面積約 1,706 公頃，以中、南部為主要產地，目前以內銷為主。本省楊桃全年都可以有收成，但實務上將每年楊桃收成主要分為四期，其中以二、三期收穫量最多(劉碧鵬，2000)。

楊桃在台灣屬於生產相當集中的經濟果樹，各產區在自然環境條件栽

培的主力品種上有別，各地慣行的栽培管理的方式(如樹形、植株間距、套袋時機等)亦多有不同。而 IPM 需視地域性種植的條件而定，如氣溫，濕度和有害生物侵擾程度都會造成作物損害的問題，只要有害生物和作物有地區特性，IPM 計畫就必須要依照當地特性來制定(Vandeman et al.1994)。IPM 是一種對資訊相當敏感的技術(Hall and Duncan 1984)，早期多僅針對蟲害來考量，故有關蟲害的資訊是基本的 IPM 要素，也就是利用監控及檢驗的動作來防治害蟲，並判斷經濟門檻(economic thresholds)達到與否。病蟲害的處理決策是基於經濟規則，亦即當經濟門檻達到時，必須應用控制策略來減少損失。

為促使農藥合理使用及降低防治成本，農改場依楊桃病蟲害週年發生消長情形，配合農民慣用之防治方法，擬定可行之病蟲害防治技術供農民參考。2002 年針對楊桃於苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、台南縣及屏東縣等地，規劃設置重要作物共同防治區，以績優農業產銷班為基礎，協助生產者共同採購防治資材合計 1,000 公頃，進行共同防治來降低生產成本。苗栗卓蘭所舉辦的防治示範是以建立示範區及對照區的方式來比較防治的成本及效果。2003 年苗栗區仍有對照區及示範區的比較，採用整合性防治的示範區其成本減少及防治的效果較對照區來的顯著。現行楊桃整合性防治的原則包括：

- (1) 全年懸掛花姬捲葉蛾性費洛蒙誘引劑或甲基丁香油誘殺果實蠅，可有效降低害蟲密度及減少施藥次數。鄰近果園之落果應加強清除，才能有效降低果實蠅密度。
- (2) 減少殺蟲劑的施用，才能有利田間天敵(捕植蟎)的繁殖。
- (3) 正確的選擇藥劑施用，才能達到較佳的防治效果。
- (4) 隨時注意氣候變化及田間病蟲害發生的時期，在發生初期開始防治，方可有效抑制病蟲害之發生。

目前全省楊桃平均生產成本為 759,273 元，在果樹類中屬高成本作物之一，對照近年楊桃的平均生產成本比較，目前楊桃之平均生產成本明顯下降，主要的降幅是出現在人工費用及間接費用(如地租等)；農藥費的平均支出約佔總成本百分比為 4~6%，全部支出費用之中人工費用佔總成本比例高達 60~64%，顯示人工費用支出佔楊桃生產絕大部份。而人工費用中，又以病蟲害防治、整枝及收穫出售佔較大比重。

苗栗縣平均每公頃人工費用為 542,589 元，其中在防治病蟲害相關的人工成本支出如病蟲防治約佔 18%、剪定整枝約佔 18%、疏果套袋約佔 16%。因此，防治病蟲害及維持楊桃品質的人工成本即佔了苗栗縣楊桃產銷成本五成以上。苗栗縣以卓蘭鎮主要楊桃產區，楊桃的種植面積約為 242 公頃，種植品種主要為馬來西亞種，苗栗縣 2003 年楊桃收穫量為 3,988 公噸，佔全省近 15% 的產量，其楊桃產量約佔苗栗縣產量 95% 以上。

2002 年楊桃受會造成腎病報導之負面影響，市況低迷，產值較前一年跌幅約為 12.4%。雖然國內的銷售情況並不理想，但卻意外地開啟外銷大門，許多較有規模的農場，開始進行外銷，因此台灣楊桃仍有甚大的發展空間。

4. 實證模型

本研究將整合性防治視為新技術導入生產行為的選擇決策，並假設此種防治技術可以帶給果農更好的經濟效益，但生產者需選擇是否採用 IPM，將此視為一自我選擇(self-selection)的過程。在自我選擇的模型中，果農採用 IPM 條件為採用後之比較利益(comparative advantage)較大，因此果農才會決定參與。本研究應用 Heckman(1976)的兩階段估計法推估楊桃果農之成本函數，第一階段模型如下：

$$D_i = \eta'Z_i + u_i \quad (1)$$

(1)式代表第 i 個果農採用 IPM 之迴歸方程式， D_i 為是否採用整合性防治， $D_i=1$ ，表示採用 IPM； $D_i=0$ ，表示未採用； Z_i 為影響採用整合性防治之變數，如農場大小、栽種密度、農民教育程度和經驗等； u_i 為隨機誤差項，符合標準常態分配。

(1)式之期望值可表示如下：

$$\begin{aligned} E(D_i | D_i > 0) &= \eta'Z_i + E(u_i | u_i > -\eta'Z_i) \\ &= \eta'Z_i + \sigma \frac{\phi(\eta'Z_i / \sigma)}{\Phi(\eta'Z_i / \sigma)} \end{aligned}$$

因此，(1)式也可改寫成：

$$D_i = \eta'Z_i + \sigma \frac{\phi_i}{\Phi_i} + v_i, \quad E(v_i) = 0 \quad (2)$$

由於資料為截斷型(truncation)型態， $E(u_i) \neq 0$ ，故違反最小平方法(OLS)

的假設，若使用 OLS 來進行估計，則會產生遺漏變數(omitted variables)的問題。因此 Heckman(1976)提出兩階段估計法來解決模樣本選擇的問題。Heckman 兩階段的估計步驟為，第一階段先藉由 Probit 模型估計結果求出樣本的 Mill 反比例(inverse Mill's ratio) λ_i ，即式(3-2)之 $\frac{\phi_i}{\Phi_i}$ 。接著再將 λ_i 及相關解釋變數引進第二階段估計式中。

由於採用 IPM 的決策是由農民自行決定，因此本研究對實證模型的設計尚再加入以下的考量：

- (1) 農民對於 IPM 的採行及農藥的使用是可以同時進行的，主要是因為生產的決策、IPM 採用及農藥的使用都是相關的，如害蟲族群的大小、害蟲的抵抗力、農場的位置和農民的觀念都和病蟲害控制有關。
- (2) 農民是否採行 IPM 並非在實驗時自行分為兩組(採用及非採用)，而是由其自行判定，但有可能會和純粹採用 IPM 的農場有些混淆。因此，在實際調查楊桃的果農時，將仔細詢問農民認知的 IPM 技術為何，以印證其是否確實有採行 IPM。

在第二階段中，將建立採用整合性防治之成本函數以分析 IPM 採用後的影響。假設果農生產函數為 $Y=F(X)$ ，在一定期間內於既定的技術水準下，投入 $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 的要素組合，最多可得到 Y 的產出水準。當投入要素的價格為 $P=(P_1, P_2, \dots, P_n)$ 時，欲生產 Y 產量，所需要之最小成本為 $C(P, Y)$ ，亦即生產成本為 P 及 Y 的函數。因此在相同的條件下，以成本函數及其相對之生產函數所估算出的結果相同時，表示兩函數間存在對偶性。

雖然台灣果農常會利用多種投入及產出的組合來達利潤極大化，但以楊桃而言，果農的生產決策應會依各種作物產期的不同而集中資源於單一作物上。因此本研究以將以單一產出及 n 個投入的技術來推導經濟行為。在既定的生產技術下，假設楊桃果農為各要素市場的價格接受者，其生產成本最小化的決策問題為：

$$\begin{aligned} \text{Min}_X \quad & C = \sum P'X \\ \text{st.} \quad & Y=F(X) \\ & X \geq 0 \end{aligned} \tag{3}$$

C ：總成本；

P ：生產要素價格向量，包括農藥價格、肥料價格、勞動價格、材料價格及其他價格；

X：生產要素投入數量向量；包括農藥投入、肥料投入、勞動投入、材料投入及其他投入；

Y：產出。

(3)式為一受限制的最適化問題，需透過拉氏乘數法求得一階最適條件，再對之聯立求解即可得最適解，即要素需求函數：

$$X_i = F(P, Y) \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

將(4)式之要素投入需求函數代入(3)式中之目標函數，可得到成本極小化最適成本函數，其為要素價格及產出水準之函數關係，即：

$$C^* = C(P, Y) \quad (5)$$

此成本函數乃表示在特定的產出水準下，生產者針對每組的要素價格，會適時的調整生產要素的使用量，以使近求生產 Y 產量的成本為最低，而成本函數也必需滿足正規條件(Regularity Conditions)(Varian, 1992)。

實證推估的成本函數必需符合二次可微的理論性質，一般常用的二次式函數型態有：超越對數 (Transcendental logarithmic，簡稱 Translog)、Cobb-Douglas、固定替代 (Constant Elasticity of Substitution)、Homothetic、Leontief、Box-Cox function form 等。而常態函數型態主要的選取原則為(林灼榮，鄒季博，1989)：(1) 參數值的限制越少越好；(2) 具適當伸縮性 (flexibility)。是以本研究採取以伸縮性較好的 Translog 函數型態來推估楊桃間接成本支函數。

Diewert(1974)就生產對偶理論，導出了 Translog 的成本函數，假設只使用 i 和 j 兩種投入，其型式如下：

$$C = (\alpha_0 + \sum_i \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j) Y \quad (6)$$

(6)式解除了成本彈性為一的限制，透過二階泰勒展開式(Second-Order Taylor expansion form)取其近似函數，可將超越成本函數表示為：

$$\ln C = \ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y + \frac{1}{2} \alpha_2 (\ln Y)^2 + \sum_i \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \rho_i \ln Y \ln P_i \quad (7)$$

本研究針對楊桃生產及卓蘭地區特性，將楊栽培生產楊桃使用的要素設定為農藥(X_P)、肥料(X_F)、勞動(X_L)、材料(X_M)、其它(X_O)等五種，其價格分別為 P_P、P_F、P_L、P_M 及 P_O，Y 為產量，因此本研究實證之成本函數可

寫成：

$$\begin{aligned}
\ln TC = & \ln \alpha + \alpha_1 \ln Y + \frac{1}{2} \alpha_2 (\ln Y)^2 + \beta_P \ln P_P + \beta_F \ln P_F + \beta_L \ln P_L + \beta_M \ln P_M + \beta_O \ln P_O \\
& + \gamma_{PF} \ln P_P \ln P_F + \gamma_{PL} \ln P_P \ln P_L + \gamma_{PM} \ln P_P \ln P_M + \gamma_{PO} \ln P_P \ln P_O + \gamma_{FL} \ln P_F \ln P_L \\
& + \gamma_{FM} \ln P_F \ln P_M + \gamma_{FO} \ln P_F \ln P_O + \gamma_{LM} \ln P_L \ln P_M + \gamma_{LO} \ln P_L \ln P_O + \gamma_{MO} \ln P_M \ln P_O \\
& + \frac{1}{2} \gamma_{PP} (\ln P_P)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{FF} (\ln P_F)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{MM} (\ln P_M)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{LL} (\ln P_L)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{OO} (\ln P_O)^2 \\
& + \rho_{YP} \ln Y \ln P_P + \rho_{YF} \ln Y \ln P_F + \rho_{YM} \ln Y \ln P_M + \rho_{YL} \ln Y \ln P_L + \rho_{YO} \ln Y \ln P_O \\
& + \delta IPM + \pi PERIOD + \theta \lambda + \upsilon
\end{aligned} \tag{8}$$

其中 IPM 為採用 IPM 之機率， $PERIOD$ 為是否在主力期生產之虛擬變數， λ 則為 Mill 反比例。

另根據 Shephard 定理，對(8)式中各項要素價格加以偏微分，可求得每項要素的成本份額方程式(Cost Shares Equation)：

$$S_P = \beta_P + \rho_P \ln Y + \gamma_{PP} \ln P_P + \gamma_{PF} \ln P_F + \gamma_{PM} \ln P_M + \gamma_{PL} \ln P_L \tag{9a}$$

$$S_F = \beta_F + \rho_F \ln Y + \gamma_{FP} \ln P_P + \gamma_{FF} \ln P_F + \gamma_{FM} \ln P_M + \gamma_{FL} \ln P_L \tag{9b}$$

$$S_L = \beta_L + \rho_L \ln Y + \gamma_{LP} \ln P_P + \gamma_{LF} \ln P_F + \gamma_{LM} \ln P_M + \gamma_{LL} \ln P_L \tag{9c}$$

$$S_M = \beta_M + \rho_M \ln Y + \gamma_{MP} \ln P_P + \gamma_{MF} \ln P_F + \gamma_{MM} \ln P_M + \gamma_{ML} \ln P_L \tag{9d}$$

$$S_O = \beta_O + \rho_O \ln Y + \gamma_{OP} \ln P_P + \gamma_{OF} \ln P_F + \gamma_{OM} \ln P_M + \gamma_{OL} \ln P_L \tag{9e}$$

其中參數 γ_{ij} 、 β_i 、 ρ_i 皆為原成本函數中之參數。由於所有要素的成本份額加總和為一，故本研究實證推估時捨棄其它成本份額，以總成本及其它 4 條成本份額進行聯立推估，並利用 Zellner(1962)之近似無相關迴歸法 (Seemingly Unrelated Regression Method; SUR) 來進行估計。

5. 資料收集

為估計農場層次楊桃整合性防治的最適成本，本研究實地調查楊桃農家以取得楊桃生產之經濟性初級資料。本研究對於楊桃栽培必需投入的生產要素項目訂定，主要是依據農產品生產成本調查報告中採用的生產成本細項而訂。為了增進資料蒐集之可能性及完整性，本研究於問卷設計之初即先進行試調，實地拜訪苗栗卓蘭白布帆一帶頗有規模之楊桃果農，並與農改場專家討論相關問題與生產細節後，就問卷內容提出意見並進行修

改。調查時間為 2003 年全年之楊桃生產成本，共得有效問卷 60 份，樣本的分佈包括上新里 16 家、內灣里 30 家、苗豐里 3 家、新厝里 5 家、新榮里 2 家及豐田里 4 家等 6 區。

本研究將楊桃之生產成本分為直接生產資材投入成本及勞動成本；直接生產資材投入成本包括種苗費、租賃費、農藥費、肥料費、資材費用(包括套袋費及包裝紙箱費)及其它費用(水費、電費、棚架費、燃料費用、租賃費用及種苗費用)。勞動成本則包含家工及僱工兩種，並假設勞動力間可以完全替代，因此在家工薪資皆以鄰近僱工最低薪資來進行計算。

比較 2003 年採用 IPM 及未採用者樣本群體之成本差異(參見表 1)。有採用 IPM 之樣本果園平均之成本高於未採用之果園，只有在每公頃人工費用上，高於未採用之果園，約為每公頃 150 萬元，各類成本之間差異頗大。由表 2 可發現雖然採用 IPM 之樣本果園產值較未採用為高，但 2003 年楊桃產值偏低，與楊桃銷售情況不佳有很大關係。

表 1 樣本果園成本 單位：元／公頃

項目	採用狀況	平均數	變異數	最小值	最大值
農藥費用	non-IPM	109,859	9.86E+09	17,045	388,000
	IPM	85,565	3.50E+09	5,684	250,000
肥料費用	non-IPM	144,442	6.58E+09	33,333	275,000
	IPM	114,384	4.85E+09	6,522	250,000
人工費用	non-IPM	1,113,531	3.51E+11	300,000	2,280,000
	IPM	1,505,373	2.34E+12	219,375	6,930,000
材料費用	non-IPM	217,211	1.83E+10	28,714	428,000
	IPM	127,775	4.71E+09	18,750	305,000
其它費用	non-IPM	72,199	6.84E+09	2,400	330,000
	IPM	50,757	9.02E+09	3,158	600,741

資料來源：本研究整理。

表 2 樣本果園產出情況

項目	Non-IPM(N ₁ =18)	IPM(N ₂ =42)
產值 (元/公頃)	609,253.70	690,937.84
產量 (公斤/公頃)	17,593.67	16,669.29
栽植株數 (株/公頃)	237.30	280.57

資料來源：本研究整理。

農政單位持續在楊桃病蟲害疫區推行 IPM 的觀念已久，卓蘭地區大部分果農對 IPM 的意義皆有所瞭解，由調查結果中發現(表 3)，約有七成(73.33%)的果農瞭解何為 IPM，且亦約有 70%的楊桃果農採用 IPM，且有近九成的樣本認為 IPM 的方法能有效防治病蟲害對楊桃的侵擾。約有 32%的果農表示 IPM 有執行上的困難，其原因包括：防治效果並不確定，且 2002 年楊桃市場價格差，並無法明確得到防治之有效性；若鄰近農場未採行 IPM，則病蟲害仍會到處傳染，不能全面控制。雖然如此，仍有超過九成的受訪果農表示會繼續栽種楊桃。

表 3 樣本果園對 IPM 之認知及栽培意願 (%)

問 項	總樣本(N=46)		Non-IPM(N ₁ =18)		IPM(N ₂ =42)	
	是	否	是	否	是	否
1. 知道什麼是整合性防治	44 (73.33)	16 (26.67)	6 (33.33)	12 (66.67)	38 (90.48)	4 (9.52)
2. 去年有參加觀摩會	31 (51.67)	29 (48.33)	4 (22.22)	14 (77.78)	27 (64.29)	15 (35.71)
3. 整合性防治能有效防治 病蟲害	43 (71.67)	17 (28.33)	13 (72.22)	5 (27.78)	30 (71.43)	12 (28.57)
4. 整合性防治有執行上的 困難	19 (31.67)	41 (68.33)	10 (55.56)	8 (44.44)	9 (21.43)	33 (78.57)
5. 是否會續種楊桃	55 (91.67)	5 (8.33)	15 (83.33)	3 (16.67)	40 (95.24)	2 (4.76)

資料來源：本研究整理。

6. 實證推估

在訪問個別農場後發現，在各要素的使用量上並無詳細記錄，因此無法計算各生產要素價格的資料，且與農委會成本調查比較後發現，果農填寫之成本有高估的現象，因此本研究生產要素價格，以單一果農對 i 生產要素所花費之成本，佔平均全部果農對 i 生產要素所花費之成本的比例為代表。此值並非實際生產要素價格，而是一比重的概念，即亦謂，若單一果農對 i 生產要素所花費之成本的比重很低，則表示此果農之 i 生產要素價格較其餘果農之 i 生產要素價格來的低。

第一階段先利用 Probit 模型來進行影響採用決策之估計，依變數為採用 IPM 之決策，共有 9 個自變數，包括果農的社經特性及果園條件等，表

4 列示第一階段 Probit 模型之各項變數符號及所代表之定義。

表 4 Probit 模型之變數說明

估計變數	預期符號	說明
AGE	?	年齡，年
EDU	+	教育程度，國小=1，國中=2，高中=3，大專以上=4
EXP	+	種植經驗，年
KNOW	+	瞭解 IPM 為何，是=1，否=0
EFFI	+	農場提供之防治器材是否有效，是=1，否=0
DIFF	-	實行 IPM 是否有困難，是=1，否=0
CONT	?	會續種楊桃，是=1，否=0
CHA	?	楊桃種植面積，公頃
DEST	?	種植密度，株／公頃
EXPONY	?	種植楊桃出口，是=1，否=0
PERIOD	?	主力期 (第二、三期)生產，是=1，否=0

資料來源：本研究整理。

第二階段為採用 IPM 之果園最適化成本函數之估計，假設在既定的生產技術下，楊桃果農皆以追求生產成本極小為經濟目標，將會視各種要素投入量、要素價格的相對變化來調整各種要素的使用量。因此，根據先前所推導出之式(8)與式(9)之聯立方程式進行推估，本文依實務將楊桃栽培使用之要素分為五項：農藥(X_P)、肥料(X_F)、勞動(X_L)、材料(X_M)、其它(X_O)，價格分別為 P_P 、 P_F 、 P_L 、 P_M 及 P_O ， Y 為產量。

實證的第一階段係將以 Probit 模型進行推估，結果如表 5 所示，共有 8 係數顯著，其中與採用機率呈正向關係的變數有四：楊桃種植經驗、對 IPM 的瞭解、種植密度及出口；而呈負向的關係亦有四：執行 IPM 的困難、年齡、教育程度與種植面積。

表 5 Probit 模型估計結果

估計變數	係數	t-ratio (d.f. =10)
CONSTANT	-11.3110	-0.9798
AGE	-0.2602	-1.7736 *
EDU	-0.8551	-1.5858 *
EXP	0.3247	1.8574 *
KNOW	14.7560	1.9310 **
EFFI	-9.7601	-0.3778
DIFF	-8.7977	-1.9499 **
CONT	16.0690	0.5909
CHA	-20.8890	-2.1261 **
DEST	0.0920	1.9209 **
EXPONY	10407	2.1246 **
PERIOD	2.8598	1.1945
Likelihood Ratio	62.9657	

資料來源：本研究估計。

註：*表通過 10%顯著水準，**表通過 5%顯著水準，***表通過 1%顯著水準。

選入至第二階段的樣本估計為採用整合性防治之樣本農場共 42 戶，由於其中具有自我選擇的決策過程，採用 IPM 與不採用的決策是由農民自行決定，因此為了抵消樣本選擇的誤差 (Heckman 1979)，Mill 反比例 λ'_i 需加入到成本函數中。本研究事先假設所推估之成本函數為價格一階齊次性，即要素份額中以下限制： $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ ， $\sum \beta_i = 1$ ， $\sum \rho_i = 0$ ， $\sum \gamma_{ij} = \sum \gamma_{ji} = 0$ 。

第二階段推估之 Translog 成本函數結果如表 6。由於資料來自於橫斷面樣本，可能導致模型係數估計時的偏誤，本研究乃對 42 個樣本農場資料進行模型異質性檢定，利用 Breusch & Pagan Test 檢定 (Breusch, Pagan 1979)，檢定結果 χ 值為 9.9676，小於 $\chi^2_{(0.01,29)}=49.6$ ，無法拒絕 H_0 ，表示實證模型並無異質性的問題。

卓蘭楊桃成本函數之 31 個係數中，最大概似值為 202.970，有 18 個係數達 1%顯著水準，3 個達 5%顯著水準，3 個達 10%顯著水準。而 Mill 反比例 λ 值的係數估計值(-50.0340)在 1%下顯著，表示農民在採用 IPM 之決策與成本支出決策間的確有些關聯。

對於所估得之成本函數必需檢驗是否符合經濟理論，方可做為後續分析之依據，滿足之條件如下：

(1) 單調遞減性(non-decreasing)：對產出量作一階微分後(式(12))，其值必

須大於或等於零。由表 6 資料的整理可得以樣本平均值計算楊桃總成本產出彈性為正(0.8339)，故符合成本函數為非遞減性。

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln Y + \rho_{YP} \ln P_p + \rho_{YF} \ln P_F + \rho_{YM} \ln P_M + \rho_{YL} \ln P_L + \rho_{YO} \ln P_O \geq 0 \quad (10)$$

- (2) 單調性：以估得的成本函數對各投入要素價格一次微分，將樣本平均值代入一階導式後得出正值，故表示成本函數為投入要素價格之非遞減函數。以樣本平均值計算之各要素價格對總成本之彈性推估值，檢驗結果發現，各投入要素價格對成本的彈性皆為正，故符合單調性。
- (3) 凹性：實證估得之超越對數成本函數，需為二次可微且樣本平均值的海氏矩陣(Hessian Matrix)符合負半定(negative semi-definite)的要求。

本研究對於成本函數是否符合凹性的檢驗有 27 個樣本點(超過半數)符合凹性。Hsu(1984)認為此屬於統計上的結果，無法判斷這樣的偏差是否顯著，故而建議繼續採用實證推估結果。

表 6 Translog 成本函數參數估計結果

變數	參數符號	係數	t-ratio (df=17)
constant	α_0	154.2400	6.8973 ***
lnY	α_1	-9.2285	-4.7086 ***
(lnY) ²	α_2	0.1891	1.2687
lnP _P	β_P	-6.6350	-2.9703 ***
lnP _F	β_F	7.9552	3.4934 ***
lnP _L	β_L	-5.9176	-1.5646 *
lnP _M	β_M	11.6590	2.0573 **
lnP _O	β_O	8.6993	4.0770 ***
lnP _P lnP _F	γ_{PF}	-0.2443	-1.5656 *
lnP _P lnP _L	γ_{PL}	0.8173	2.7557 ***
lnP _P lnP _M	γ_{PM}	-4.1631	-19.3180 ***
lnP _P lnP _O	γ_{PO}	1.3100	1.6264 *
lnP _F lnP _L	γ_{FL}	0.6456	5.3284 ***
lnP _F lnP _M	γ_{FM}	-0.4179	-4.2756 ***
lnP _F lnP _O	γ_{FO}	0.2278	0.5517
lnP _L lnP _M	γ_{LM}	0.6826	4.4762 ***
lnP _L lnP _O	γ_{LO}	0.1230	2.3851 **
lnP _M lnP _O	γ_{MO}	0.5730	1.1168
(lnP _P) ²	γ_{PP}	-0.4221	-1.0263
(lnP _F) ²	γ_{FF}	0.0858	0.9399
(lnP _L) ²	γ_{LL}	1.9341	2.8862 ***
(lnP _M) ²	γ_{MM}	-0.0795	-0.2581
(lnP _O) ²	γ_{OO}	-0.6065	-3.9379 ***
lnYlnP _P	ρ_{YP}	0.6233	2.9186 ***
lnYlnP _F	ρ_{YF}	-0.9361	-4.9131 ***
lnYlnP _L	ρ_{YL}	0.7105	2.5901 ***
lnYlnP _M	ρ_{YM}	-1.0626	-2.1601 **
lnYlnP _O	ρ_{YO}	-0.8907	-4.9248 ***
IPM	δ	-82.2690	-5.4289 ***
λ	θ	-50.0340	-5.4119 ***
PERIOD	π	-0.1557	-1.1985
Log of the likelihood function		202.970	

資料來源：本研究估計。

註：*表通過 10%顯著水準，**表通過 5%顯著水準，***表通過 1%顯著水準。

7. 實證結果分析

實證結果發現，越瞭解 IPM 方式實行及種植經驗越高者，採用 IPM 的機率越高；但教育程度越高者，卻越不易採用 IPM；另外種植密度越大，越會採用 IPM，但大規模種植，卻不見得會採用，此表示果園內的楊桃株數及種植間距是採用 IPM 的主要考慮原因。在第一階段的 Probit 模型及第二階段的成本函數實證模型中，嘗試加入主產期之虛擬變數來瞭解產期對楊桃生產成本的影響，發現其推估係數在統計上並不顯著，但其與成本呈負向關係，表示在主產期生產之果農成本較低。

由表 6 的估計結果可以發現，成本與採用 IPM 的機率為負向(-82.2690)的關係，也就是採用 IPM 的機率越高，成本越低，即採用 IPM 的決策與成本的考量有關。另外，也可由 IPM 支出彈性來分析，彈性計算公式為：

$$\varepsilon_{IPM} = \frac{\partial C}{\partial IPM} \cdot \frac{IPM}{C} = \frac{\partial \ln C}{\partial IPM} \cdot \overline{IPM} \quad (11)$$

其中 $\partial C / \partial IPM$ 為採用 IPM 之機率之推估係數 δ ， C 及 IPM 則是利用平均值來計算， ε_{IPM} 為 -0.1755，即表示當增加 1% 的 IPM 採用機率，則會減少 0.1755% 的成本支出；在郭念萱(2002)分析楊桃果農對東方果實蠅的共防治意願研究中發現，果農在地區性棄園、廢園，造成東方果實蠅滋生源的空間，及果園管理方式不當造成果蠅的遷移特性，造成果農防治上很大的困擾，表示病蟲害防治是需要全區共同執行的。實證結果發現採用楊桃 IPM 機率與成本為負向關係，因此若當卓蘭地區採用機率越高，成本支出則會減少，全區的共同防治效果才會顯現出來。

另外，由 Translog 成本函數的估計中，亦看出產出對總成本的影響，即總成本產出彈性，即(10)式。楊桃總成本產出彈性為正(0.8339)，表示當楊桃產出量增加 1% 時，會使總成本增加 0.8339%。故楊桃的種植產出增加不但會影響總收入，亦對總成本有很大的影響。

表 7 為楊桃要素價格對總成本之彈性推估值，可以發現各投入要素價格對成本的彈性皆為正，故符合單調性。其中以勞動價格對成本的影響最大(0.6405)，表示當勞動價格增加 1% 時，會使總成本增加 0.6405%，故降低勞動價格對總成本的減少量最大，這也符合人工費用佔楊桃生產成本上較大部分的情況。

表 7 產出彈性及投入要素彈性表

產出彈性	農藥投入	肥料投入	人工投入	資材投入	其它投入
	價格成本 彈性	價格成本 彈性	價格成本 彈性	價格成本 彈性	價格成本 彈性
0.8339	0.0633	0.0945	0.6405	0.1113	0.0905

資料來源：本研究估計。

8. 結語

本研究旨在實證楊桃果農採用 IPM 之經濟決策，選定目前屬於疫區的苗栗縣卓蘭地區為研究範圍，調查楊桃果園之成本資料，利用 Heckman 兩階段模型推估，分析影響果農採用 IPM 決策之因子及果園最適成本。茲將本研究主要發現歸納如下：

- (1) 由第一階段 IPM 決策的推估結果得知，採用 IPM 與否乃受到社經因素的影響，凡是越瞭解 IPM 的意義及方法就越會增加採行 IPM 的機率；而果農年齡越大、種植楊桃經驗越久者及植株密度越大的果園，皆易增加採用 IPM 的機率。
- (2) 第二階段的成本函數估計中發現，成本與採用 IPM 的機率為負向的關係(-82.2690)，即採用 IPM 的機率越高，成本越低，也就是採用 IPM 的決策與成本的考量有關。Mill 反比例 λ 的估計值為顯著的，表示農民在採用 IPM 之決策與成本支出決策間的確有些關聯。
- (3) 實證結果也發現楊桃要素價格對總成本之彈性以勞動價格對成本的影響最大，是目前楊桃生產過程中所佔比例最大的支出項目。

本研究結果大致符合理論的預期及前人之研究，惟在研究過程中，有部分限制尚待克服，特別在此提出供未來相關研究者參酌。

- (1) 目前卓蘭地區楊桃 IPM 防治資材多是由農改場或是農會免費提供，受訪被果農並未納入生產成本中，因此個別農場的總成本會有低估的現象。
- (2) 在調查中果農表示目前市場上楊桃價格不佳，且果農也反應栽種成本越來越高，在調查後發現成本高估現象，因此在未來研究時應特別注意。

由實證結果得知採用 IPM 之成本的確低於未採用 IPM 之農場。先前苗栗農改場在進行 IPM 推廣中已實證 IPM 的技術能有效減少病蟲害的損失，

表示 IPM 在作物的栽培上具有改善原有生產技術的作用。在美國，農業部門已開始進行全面性 IPM 的推廣。台灣多種農作物深受病蟲害困擾，需因地、時、作物之種類來制定 IPM 的方法外，若能更加注意採行 IPM 改善農家經濟的實質效果，必能將損失降到最低，有效提高農民收益。

目前台灣楊桃外銷的品種主要以軟枝種居多，由於軟枝種較馬來西亞種耐於運送及儲藏，因此目前外銷之產區仍以台南為主。國內農政單位研發能力強，若在配合 IPM 效果下，減少防疫檢疫的困擾，並即早開發出耐運儲的技術，如果實的保存能力及包裝容器、材料的加強。如此一來，應可增加卓蘭地區馬來西亞種楊桃外銷機會，擴大 IPM 的經濟效益。

根據本研究之實證結果，提出以下未來研究方向以供未來研究者注意及討論：

- (1) 目前已有多項農作物推行 IPM 的觀念，因此在未來研究上也可以利用不同作物的特性來進行採用 IPM 之分析，依其作物及病蟲害特性，有不同的防治方式，成本支出也不盡相同。
- (2) 本研究僅以生產面來進行採用 IPM 之經濟分析，未來可朝向導入 IPM 對消費面之影響，分析導入 IPM 後社會福利變動的情況。

參考文獻

- 安寶貞與蔡志濃 (2002), 楊桃病害與管理, 《農業世界》, 229:22-25。
- 林灼榮與鄒季博 (1989), 台灣稻米生產結構分析—超越對數成本函數之應用, 《逢甲學報》, 22:83-113。
- 楊秀珠 (2000), 綜合管理之理念, 《楊桃綜合管理》, 楊秀珠主編, 行政院農業委員會藥物毒物試驗所。
- 萬鍾汶 (2002), 台灣重要水果外銷中國大陸潛力與策略之研究—以楊桃為例, 中興大學應用經濟學系。
- 萬鍾汶 (2002), 楊桃細菌性斑點病疫區及非疫區防治策略成本效益分析, 中興大學應用經濟學系。
- 劉碧鵬 (2002), 臺灣楊桃的生產與主要栽培品種, 《農業世界》, 211:17-23。
- 劉碧鵬與翁瑞亨 (2002), 臺灣楊桃的產業現況及其永續經營, 《農業世界》, 229:10-18。
- Babcock, B. A., E. Lichtenberg, D. Zilberman (1992), "Impact of Damage Control and Quality of Output: Estimating Pest Control Effectiveness." *American Journal of Agricultural Economics*, 74: 163-172.
- Botrell, D. R., December (1979) Integrated Pest Management. *Council on Environmental Quality*. Washington, D. C.: U.S. Government Printing Office.
- Breusch, T. S., and A. R. Pagan, 1979, "A Simple Test for Heteroskedasticity and Random Coefficient Variation." *Econometrica*, 47:1287-1294
- Carlson, G. A., and A. Mohamed (1986), "Economic Analysis of Cotton-Insect Control in the Sudan Gezira." *Crop Protection*, 5: 348-354.
- Cuynoa, L. C. M., G. W. Norton, and A. Rola (2001), "Economic Analysis of Environmental Benefits of Integrated Pest Management: a Philippine Case Study." *Agriculture Economics*, 25:227-233.
- Diewert, W. E. (1974), *Application of Duality Theory*, *Frontiers of Quantitative Economics*, Amsterdam, North-Holland.
- Fernandez-Cornejo, J. (1996), "The Microeconomic Impact of IPM Adoption: Theory and Application." *Agricultural and Resource Economics Review*, 25 (2):149-160.
- Fernandez-Cornejo, J. (1998), "Environmental and Economic Consequences of Technology Adoption: IPM in Viticulture." *Agricultural*

- Economics*, 18:145-155.
- Fernandez-Cornejo, J., E. D. Beach, Wen-Yuan Huang (1994), "The Adoption of IPM Techniques by Vegetable Growers in Florida, Michigan, and Texas." *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 1:158-172.
- Fernandez-Cornejo, J., J. Ferraioli (1999), "The Environmental Effects of Adopting IPM Techniques: The Case of Peach Producers." *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31 (3):551-564.
- Heckman, J. J. (1976), "The Common Structure of Statistical Models of Truncation, Sample Selection and Limited Dependent Variables and a Simple Estimator for Such Models." *Annals of Economic and Social Measurement*, 47(1):153-161.
- Heckman, J. J. (1979), "Sample Selection Bias As A Specification Error." *Econometrica*, 47(1):153-161.
- Kirby, H. W., C. E. Main, and G. A. Carlson (1983), "Economic Analysis of Managing Multiple Pests in Tobacco." *Plant Disease*, 67: 1099-1102.
- Lichtenberg, E., and D. Zilberman, (1986), "The Econometrics of Damage Control: Why Specification Matters." *American Journal of Agricultural Economics*, 68: 261-273.
- Maddala, G. S. (1983) *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Saha, A., R. Shumway, and A. Havenner (1997), "The Economics and Econometrics of Damage Control." *American Journal of Agricultural Economics*, 79: 773-785.
- Shephard, R. (1953), *Cost and Production Function*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Vandeman, A., J. Fernandez-Cornejo, S. Jans, B. H. Lin., September, (1994), "Adoption of Integrated Pest Management in U. S. Agriculture." *Agriculture Information Bulletin* No. 707. USDA/ERS.
- Wetzstein, M. E., W. N. Musser, D. K. Linder, G. K. Douce (1985), "An Evaluation of Integrated Pest Management with Heterogeneous Participation." *Western Journal of Agricultural Economics* 10(2):344-353.
- Zellner, A. (1962), "An Efficient Method of Estimating Seemingly Unrelated Regression and Tests for Aggregation Bias." *Journal of the American Statistical Association*, 57:348-368.