

1. 前 言

1.1 研究動機與目的

椪柑為本省特有之柑橘品種，除了澎湖縣及臺南市外，各縣市或多或少都有種植，多年來一直為本省大宗水果之一，年產值平均為水果類產品中之第三位。椪柑產期約為每年十月起至次年三月止，為本省少數冬季供應之水果種類之一，亦為國人過春節之主要應景水果。椪柑一般可耐倉儲，最長可至三個月，此特性有助於利用倉儲來調節市場供應量，以降低盛產期時供應過多之壓力。然而，雖然可藉貯藏延長供果期，但貯藏之前處理及貯藏期翻箱等須付出龐大的勞力，且貯藏期間損壞之果品也須列入成本之中，而使成本費提高，故一般柑農多不願久貯，而使市場供給常超過需求甚多。

早期椪柑乃臺灣柑橘類水果中年產量最高者，種植面積呈穩定增加趨勢。但因其抗黃龍病能力較差，近十年來，其種植面積增加有限，民國80年為13993公頃，僅比民國70年增加約2000公頃。而近年來隨著工商服務業的快速成長，農村勞動人口大量外流，導致農村勞動缺乏，工資急速上漲，因而造成生產成本偏高，民國78與79年甚至出現連續虧損的情形，使椪柑已呈現無利可圖（見表1）。目前柑農在經營上大都減少投資，以致生產品質降低，消費者亦因而減少購買慾。但是在上述年年虧損的情形下，椪柑種植面積並未明顯減少，可見椪柑對價格、成本之供給彈性應很小。

椪柑為一多年生作物 (Perennial Crops)，其與一般常年生作物 (Annual Crops) 之不同處包括：(1)最初投入至開始產出間有相當長的孕育時期，(2)開始產出後有一長時間的產出流量，(3)作物的生產力遞增至最高後逐年漸退化。故其生產決策含長期投資與短期調整二者，遠較一般常年生



表 1 椪柑生產成本與收益

單位：千元/公頃

	生產成本	粗收益	淨損	農家賺款
78年期	351	331	20	161
79年期	322	291	31	134

資料來源：臺灣農業年報。

作物之生產決策複雜。過去國內無人針對上述多年生作物的特性來作果農供給反應之實證研究，因而吾人擬從椪柑多年生特性之觀點，探討及分析果農之生產決策行爲，以供政府擬定政策之參考。

椪柑之成長過程爲由柑苗育成移植果園後，大約經3~4年開始有收成；起初產量不高，但每年漸增，約至第10年始達高峰盛產期。之後年產量逐年遞減，約至樹齡20年漸行砍除；因此椪柑之經濟產量受樹齡結構的影響很大。柑農在果樹未達經濟產量前，需要相當的育成時間及資本投入，且當果樹產量因高齡而遞減，或因病變、災害而對農民形成不利時，農民亦需面臨是否將之砍除的決策。又農民亦會因果樹生產有利或爲擴大規模而採行增加種植面積的決策。故柑農每年的計劃產量應受其過去新植 (New Plantings) 與砍除 (Removals) 雙重決策影響，進而決定每年收穫面積及年產量。

但是由於本省官方之椪柑資料僅有總種植面積及總產量，而一些如新植、砍除、樹齡結構等資料並沒有或是不完整，因而可以預期將面臨許多實證上的困難。本文擬利用狀態一空間模型 (State-Space Model) 以及卡門濾波迴覆方法 (Kalman Filter) 來解決此一問題，將所缺資料經推估產生，以便對椪柑之供給反應進行一完整之實證分析。茲將本研究之特定目的歸納如下：

1. 建立臺灣椪柑動態供給反應模型。
2. 利用卡門濾波迴覆方法使不可觀察之椪柑新植與砍除二項資料重



現。

3. 依新植與砍除分別探討影響椪柑供給反應之各項因子及影響之程度。

4. 推估臺灣椪柑之短期與長期供給彈性。

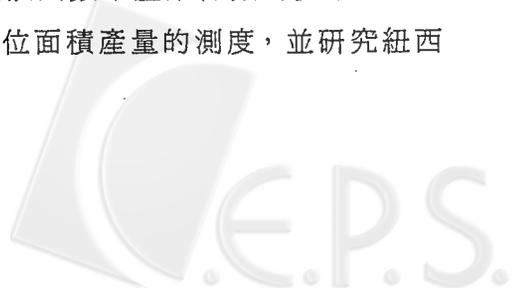
1.2 文獻回顧

過去有關臺灣農產品供給反應之研究有涉及牛肉(金元泰, 1987)、水稻(陳宗玄, 1989)、毛豬等無連續生長特性之農產品者, 而對於多年生農產品, 如柑橘、番石榴等多年生果樹供給反應之研究, 則相當有限, 並且內容多是針對預期價格或是不可逆特性(Irreversibility)進行供給反應式之推估。早期何坤堂、賴淑美等人曾研究柑橘之供需, 但其供給反應式僅針對總面積、總產量設立, 並未考慮樹齡結構對供給之影響, 此多是受限於資料之缺乏, 故其反應式為包含新植與砍除決策在內之縮減式, 而無法加以區分。近年來有關柑橘之研究則多偏重於生產概況及運銷方面, 因此果樹之多年生作物特性長久以來一直是被人忽略的。

有關多年生作物供給反應模型的研究在1960年以前幾乎是沒有, 直到1962年才由French與Bressler首先發展果樹新植以及砍除的關係式並由此推估檸檬的供給反應。往後一些學者逐漸將之應用於蘋果、櫻桃、梨等方面供給反應之研究。

French與Matthews於1971年以French與Bressler之研究架構為藍本, 在假設理性的生產者行為下, 導出多年生作物年與年間面積改變的方程式; 將面積乘上產量方程式, 即可得到作物產出的縮減方程式(Reduce-Form Equation), 並利用蘆筍作實證分析。

一些學者進而將French與Matthews的模型修改擴充後應用於其他多年生作物供給反應之實證, 如Baritelle與Price曾利用多項式遲延式(Polynomial Lag Formulation)來估計華盛頓州蘋果產業株數的變動。Rae與Carman考慮了技術變動, 修正預期單位面積產量的測度, 並研究紐西



蘭蘋果產業的生產情形。以上文獻除了 French 與 Bressler 的檸檬資料較齊全外，其他的文獻幾乎都面臨資料缺乏的難題。

有鑑於多數探討果樹供給的文獻中均未考慮到樹齡結構對產量的影響，故 French, King 與 Minami 於 1985 年提出一個包括樹齡分佈之多年生作物供給反應模型，並應用於分析各種市場干預措施對加州桃子生產的影響。由於該篇研究所需之資料皆可由果農組織處獲得，故可分別估算加州桃之新植與砍除函數，並建立樹齡結構模式，而使得供給反應模型更加完備。

雖然 French, King 與 Minami 已提供一完整之多年生作物供給反應的模型，但因為資料的不足與缺乏，使得此類研究仍面臨許多實證上的問題。因此 1991 年 Knapp 與 Konyar 採用狀態一空間模型建立多年生作物供給反應模型，並建議利用卡門濾波以及迴覆參數方法，來解決新種植面積、砍除面積及各樹齡層面積資料缺乏的問題，以求出這些未知參數的最大概似估計，並將之應用於苜蓿 (Alfafa) 生產決策行為之實證上。

綜合上述可得知，過去對多年生作物之研究方法不外乎(1)單一方程式 (Single Equation)，即推估總生產量或面積的縮減方程式，(2)個別估計新植與砍除方程式二種。然而前者未能區分樹齡分配對新植與砍除決策的影響，後者則必須有完備的資料。為了克服上述兩個缺點，吾人擬應用卡門濾波方法來解決資料不足的問題，進而設立包括椪柑樹齡分配效果，並區分新植、砍除及樹齡動態關係之結構模型，以便分析柑農之生產決策行為。

2. 理論基礎

2.1 農產品之供給反應

供給反應 (Supply Response) 與一般靜態的供給函數之不同在於後者



是指在一定之時間內，其它條件（因素）固定不變下，當價格變動時，生產者所因應之供給量變動之數量。此價格與供給量的關係，即構成供給曲線。而供給反應為在其它條件可以變動之下，生產者對預期價格變動所做生產數量的調整，其比供給曲線更加一般化。影響農產品供給反應的可能因素包括預期價格的變動、競爭作物獲利率的改變、生產技術的變動、因素價格相對的變動、氣候、自然條件之影響以及政府的政策性因素或制度的變動，皆會影響到供給反應關係（彭作奎）。故一個簡單的典型的農產品供給反應函數可以下式表示：

$$Q_t = f(P_t^e, A_t, W_t) \quad (1)$$

其中 Q_t 為 t 期產量， P_t^e 為 t 期預期價格， A_t 為 t 期之生產面積， W_t 表 t 期之自然條件狀況。各變數變化對產量之預期影響分別為：

$$\partial f / \partial P_t^e > 0; \partial f / \partial A_t > 0; \partial f / \partial W_t > 0$$

此外，面積與產出間通常有非常密切直接的關係，故可以面積替代產出，以表示供給反應關係，如

$$Q_t = a + bA_t, \quad b > 0$$

$$A_t = f(P_t^e, W_t) \quad (2)$$

2.2 供給者對價格之預期

農產品常由於生產上有落遲性，使得農民無法對價格或其他因素之改變立即調整產出。因此，農民生產時所面對的並非當期之價格水準，而是當期的預期價格。而一般農產品供給所採用之預期模型可歸納為四類：

(1) 自然預期 (Naive Expectation)



為 Ezekiel 所提出，其設供給函數如下：

$$Q_t = f(P_t^e, A_t, W_t)$$

其中 P_t^e 為 t 期的預期價格。Ezekiel 假定預期價格 $P_t^e = P_{t-1}$ ，即生產者以前期的價格作為預期價格，此為最簡單的預期模型。

(2)類推預期模型 (Extrapolation Expectation Model)

經濟學者經過不斷的研究與觀察，發現生產者的生產決策不只是以前一期價格作為預期價格，有時亦考慮更前期之價格，因此引致對傳統蛛網理論作了一番修正，其中 Goodwin 提出類推預期價格的觀念：

$$P_t^e = P_{t-1} - \rho(P_{t-1} - P_{t-2}) \quad \text{或}$$

$$P_{t-1} - P_t^e = \rho(P_{t-1} - P_{t-2})$$

其中 ρ 為一常數，介於 0 與 1 之間，表前一期價格與預期價格的差額為前一期與前二期實際價格差額的固定比率。

(3)適應預期模型 (Adaptive Expectation Model)

指生產者對價格的預期，受上一期之預期價格與預期誤差所影響。此模型為 Cagan 所提出之更一般化的函數型式，並應用在對價格膨脹和消費者行為之研究中。其結構式如下：

$$P_t^e = P_{t-1}^e + \gamma(P_{t-1} - P_{t-1}^e) \quad \text{或}$$

$$P_t^e - P_{t-1}^e = \gamma(P_{t-1} - P_{t-1}^e)$$

γ 為一預期係數。基本上，此模型建立在錯誤的學習基礎上，其為不確定性與現行資料不可信賴下的預期模型。

(4)理性預期模型 (Rational Expectation Model)

理性預期的觀念首先由 Muth(1961)引用於經濟分析中。其涵義為生



產者對未來的預期乃基於平均的修正，因而不會發生系統性預測錯誤。故生產者會運用所有可得與相關的資訊來作預期，即

$$P_t^* = E(P_t | \Omega_{t-1}) \quad (3)$$

P_t^* 為 $t-1$ 期所形成的預期， Ω_{t-1} 表在 $t-1$ 期所能獲得之全部訊息。

上述各類預期價格的形成方式，以理性預期最為完備，但由於其涉及之層面過廣，所需之資料甚多，以致資料收集不易，且其計算過程太過複雜，故在實證上較少使用。自然預期為最簡單之預期方式，對一般常年生農產品而言，難以充份反映實際行為。而類推預期是以過去各期價格之加權平均為預期價格，考慮前幾期之所有價格，但價格落遲期數究為多少，卻不得而知，且由於各期價格之權數不易得知，故在模型設立時常造成很大的困難。而適應預期在實證測定由於誤差項常含有序列相關 (serial correlation)，故必需配合計量經濟上之工具變數法 (Instrumental Variables Method)，或其他方法以消除殘差項之序列相關。

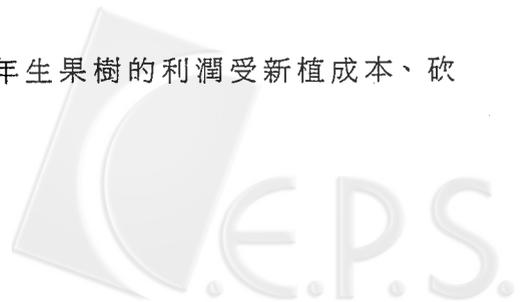
2.3 多年生果樹之供給反應

由於果樹的生長隨樹齡大小而變動，故計劃產量決定於樹齡結構、總種植面積、以及其他可能影響產量的因素。又樹齡結構之變化主要受當期新植株數或面積與砍除數量或面積的影響，故在預測果農對價格之供給反應時，對新植與砍除數量變化的探討是很重要的。

今考慮一個別生產者，在追求最大利潤目標下來決定其每年種植與砍除的果樹數量。設 A_{1t} 為 t 年新種植面積， A_{it} 為 t 年時樹齡為 i 年之面積， R_{it} 為 t 年時砍除樹齡為 i 年之面積，可得一年齡層面積之結構關係式：

$$A_{i,t} = A_{i-1,t-1} - R_{i-1,t-1} \quad (4)$$

其中 $i = 2, 3, \dots, n$ ，且 $R_{1t} = 0$ 。而多年生果樹的利潤受新植成本、砍



除成本、生產成本及價格所影響，故可得一未來利潤現值 (Knapp and Konyar) 如下：

$$\sum_{t=1}^{\infty} \delta^t \pi_t(A_{1t}, \dots, A_{nt}; R_{1t}, \dots, R_{nt}; \underline{Z}_t) \quad (5)$$

其中 δ 為貼現因子 (Discount Factor)， $0 \leq \delta \leq 1$ ； Z_t 表價格及其他因素向量； π_t 為 t 年之利潤函數。該生產者的極適化問題即在 (4) 式的限制條件下，決定 A_{it} 、 R_{it} ， $i = 1, \dots, n$ 之最適值，以求 (5) 式之極大。然因其本質為一動態規劃問題，故在適當的假設下，每年存在一最適之利潤函數值 V_t 如下，

$$\begin{aligned} & V_t(A_{2t}, \dots, A_{nt}; \underline{Z}_t, \dots, \underline{Z}_{\infty}) \\ &= \sum_{s=t}^{\infty} \delta^s \pi_s(A_{1s^*}, \dots, A_{ns^*}, R_{1s^*}, R_{ns^*}; \underline{Z}_s) \end{aligned} \quad (6)$$

故果農之最適化問題為在 (5) 式的限制條件下，選擇每年新植與砍除決策變數之最適值，以求下式之極大：

$$\begin{aligned} & \pi_t(A_{1t}, \dots, A_{nt}; R_{1t}, \dots, R_{nt}; \underline{Z}_t) + \\ & \delta V_{t+1}(A_{2,t+1}, \dots, A_{n,t+1}; \underline{Z}_{t+1}, \dots, \underline{Z}_{\infty}) \end{aligned} \quad (7)$$

對上述問題求解，即可得最適之新植與砍除面積：

$$A_{1t^*} = f(A_{2t}, \dots, A_{nt}; \underline{Z}_t, \dots, \underline{Z}_{\infty}) \quad (8)$$

$$R_{it^*} = g_{it}(A_{2t}, \dots, A_{nt}; \underline{Z}_t, \dots, \underline{Z}_{\infty}) \quad (9)$$

即新植與砍除面積之最適值乃決定於已存各年齡層之面積，未來價格及其他因素。根據 (4)，(8)，(9) 式即可建立多年生果樹供給反應的理論模型。



3. 實證模型

由於椪柑為多年生果樹，其生產決策包括長期投資與短期收穫二者，故在考慮柑農生產決策行為時，必需將之區分為長期生產決策與短期調整決策。前者乃指柑農每年為擴大生產規模或補植前一年所砍除之部份面積所做之新植決策；而後者乃為因植株病害、生產力減弱或殘株所做之砍除決策。結合新植與砍除二行為決策，即可建立椪柑之供給反應模型。

3.1 影響柑農生產決策因素之認定

柑農新植與砍除決策分受多種因素影響，影響新植面積之因素基本上可歸為價格、成本及樹齡層結構三類。依照經濟學之供給法則 (Law of Supply)，產品之供給量與自身價格的變動成正比的關係。當柑農預期未來椪柑價格會上漲時，即其認為未來種植椪柑較為有利，則椪柑之新植面積會隨之增加。但若有其他替代作物之價格相對於椪柑有利時，柑農可能會改種植他種作物，而使椪柑新植面積減少，故替代作物的價格對於新植面積的影響恰與椪柑價格相反。椪柑生產成本包括人工費、肥料費、農藥、成園、機工材料等支出，在價格不變之條件下，當椪柑之生產成本增加時，柑農應會減少椪柑之種植面積，甚至不種椪柑，改種其他替代作物或讓土地閒置，故新植面積的大小恰與生產成本之變動成反比。一般而言，當柑園之總種植面積很多時，受限於有限之土地資源，椪柑之新植面積應是減少，二者呈現相反的關係。又由於椪柑為一多年生作物，其各樹齡層之單位面積產量不一樣，故不同樹齡層對新植決策之影響也有所差異。例如，一個由幼齡椪柑組成之柑園其未來增產之潛力較一由已經是高樹齡層椪柑所組成生產力低落之柑園為大，故其對新植面積之影響程度就不如高樹齡層柑園對新植面積之影響來得大。此外政府

之農業政策影響作物生產甚鉅，農民之生產往往與政府政策有很大的關係。例如近年來政府大量開放水果進口，對國內水果產業之衝擊不可謂不大，亦可能間接地影響椪柑新植面積之多寡。而其他如自然氣候或技術條件的改變，亦可能影響柑農之新植決策。例如，柑農可能因自身技術上限制僅能種植椪柑，即使當預期利潤不利時亦無法改種他種作物；也有可能因為當地之土壤、氣候等自然條件不利於改種其他作物，而影響椪柑之新植決策。

而影響砍除面積之因素種類與新植差不多，但影響方式有別。當椪柑價格不好時，柑農通常會砍除部分面積以因應之；而當價格上漲時，為求較多之收益，通常砍除面積會減少，故可知砍除面積與價格呈負向關係。考慮替代作物之相對價格時，當替代作物之價格上漲，柑農可能為了追求更高之收益而改種該替代作物，因而增加椪柑砍除之面積，即砍除與替代作物價格為正向關係。除了價格因素外，生產成本對砍除決策的影響也不小。在面對生產成本日增，以致生產椪柑呈現無利可圖時，柑農可砍除部分果樹，以減少肥料、農藥之施用，或人工管理等高成本費用造成之負擔；反之，生產成本減少時，間接使收益增加，柑農選擇砍除的可能性亦小。因而，生產成本增加時，椪柑之砍除面積與生產成本變化呈正向之關係。由於椪柑之生產力隨著樹齡而先增後減，故當一柑園之椪柑年齡層分布趨向於高年齡層，其砍除面積會隨之增加，而若其年齡層趨於幼齡椪柑，則被考慮砍除的面積會較少，即各樹齡面積與砍除面積間應為正向關係。而當農業政策對椪柑生產不利時，將會促使柑農增加砍除之面積；同理，若政府重視椪柑產業，並有一些補貼或價格支持等政策，使柑農生產之誘因增加，則砍除面積會因而減少。另外，日照、雨量、溫度、風害等自然因素中，風害對椪柑生長之影響甚大，尤其本省每至夏秋之際，颱風豪雨常造成農作物甚大之損失，又此時恰是椪柑果實成熟之際，強風豪雨常致椪柑大量之落果，甚至危及整株植株，以致須行砍除。因此，自然因素對於砍除面積之影響，亦為一重要之因



素。

3.2 椪柑之動態供給反應模型

由前面之分析中，影響椪柑供給反應之因素甚多，然受限於資料收集不易，及初步驗證時，有些變數之影響並不顯著，故本文實際採用的變數包括價格、成本、樹齡層面積以及自然因素等。茲將各變數之處理方式與資料來源說明如下。

在價格方面，爲了簡化整個計算過程，本文採自然預期之價格，即以椪柑前一年之價格爲當期之預期價格。而替代作物方面，由於柳橙與椪柑之生長特性類似，所需之生存條件亦近似，故以柳橙爲椪柑之替代作物，並以柳橙前一年之產地價格爲其預期價格。又近年來，由於檳榔之價格日益高漲，不少柑農於其柑園中間作檳榔，因此在民國70年以前本文是以柳橙爲其競爭作物，而71年及之後則以檳榔爲其競爭作物，以使模型之解釋更符合現況。檳榔價格亦採自然預期之假設，即以前一期檳榔產地價爲預期價格。生產成本乃採用農業生產費用指數作爲衡量變數替代生產成本之資料，用以解釋椪柑之供給反應模型。各樹齡層面積因缺乏實際資料，本文乃以卡門濾波方法，估出各年齡層面積之最大概似估計值做爲樣本資料。至於不能量化之因素中，生活習慣、自然因素及技術條件等因素均已包含於前一期之面積中。而砍除式中之自然因素，屬一不確定之因素，故災害發生之有無以虛擬變數 (Dummy Variables) 表示。

由於公佈之歷史資料皆爲總合資料，本文乃假設柑農之行爲一致，故可應用此推估資料以推估總合之椪柑供給反應 (Aggregate Supply Response)。因此，臺灣椪柑總合供給反應模型中新植與砍除面積式之建立與各變數之經濟意義敘述如下：

$$A_{1t} = f(A_{2,t}, A_{3,t}, \dots, A_{20,t}, PP_t, OP_t, C_t, D_t) \quad (10)$$



$$R_{it} = g(A_{2,t}, A_{3,t}, \dots, A_{20,t}, PP_t, OP_t, C_t, D_t) \quad (11)$$

A_{1t} = 當期椪柑新植面積；

$R_{i,t}$ = 當期椪柑砍除第 i 年齡層之面積， $i = 2, 3, \dots, 20$ ；

$A_{i,t}$ = 當期椪柑第 i 年齡層之現存面積， $i = 2, 3, \dots, 20$ ；

PP_t = 前一期椪柑之產地價格；

OP_t = 前一期替代作物之產地價格；

C_t = 預期生產費用支出為前一期之農業生產費用指數；

D_t = 氣候、災害虛擬變數(嚴重災害之年為 1，無嚴重災害之年為 0)。

實證之樣本期間是為民國 56 年至 80 年。各項資料之來源分別為：

1. 椪柑之種植面積、產量及農業災害：臺灣農業年報，臺灣省政府農林廳。
2. 椪柑、柳橙之產地價格：臺灣農產物價及成本統計月報，臺灣省政府農林廳。
3. 檳榔之產地價格：臺灣農業年報，臺灣省政府農林廳。
4. 農業生產費用指數：臺灣省物價統計月報，臺灣省政府主計處。

假設柑農為價格接受者，且不考慮價格風險與產量風險下，並假設椪柑總壽命為 20 年，則由多年生作物供給反應理論以及前節所述得知，新植與砍除面積決定於樹齡結構 (A_i)、椪柑預期價格 (PP)、替代作物之預期價格 (OP)、生產成本 (C)、災害 (D) 等因素的影響。由於本文之主要目的在於區分柑農新植與砍除二決策，並以之建立供給反應式，且在實證模型之設立上力求結構完整與計算簡便，故在函數型態的選取上採取直線型方程式。故原新植與砍除面積式 (10) 與 (11) 以直線型方程式表

示如下：

$$A_{1t} = \alpha_2 A_{2,t} + \alpha_3 A_{3,t} + \dots + \alpha_{20} A_{20,t} + \beta_1 + \beta_2 PP_t + \beta_3 OP_t + \beta_4 C_t + \beta_5 D_t + u_t^n \quad (12)$$

$$R_{it} = \gamma_{i2} A_{2,t} + \gamma_{i3} A_{3,t} + \dots + \gamma_{i20} A_{20,t} + \omega_{i1} + \omega_{i2} PP_t + \omega_{i3} OP_t + \omega_{i4} C_t + \omega_{i5} D_t + u_{it}^r \quad (13)$$

$$A_{i,t} = A_{i-1,t-1} - R_{i-1,t-1}, \quad i = 2, 3, \dots, 20 \quad (14)$$

此外， u_t^n 、 u_{it}^r ， $i = 2, 3, \dots, 20$ ，表隨機誤差項，並假設隨機誤差項為平均數為零，而變異數為 σ_u^2 之常態分配 (Normal Distribution)，亦即 $u \sim N(0, \sigma_u^2)$ 。又假設誤差項互相獨立，故其共變異數為零，即 $\text{Cov}(u_i, u_j) = 0$ ，其中 $i \neq j$ 。由方程式 (12)~ (14) 可求得總供給面積反應式如下：

$$A_t = \sum_{i=1}^{20} (A_{i,t} - R_{i,t}) \quad (15)$$

將各年齡層之面積乘上同齡椪柑的產量 y_{it} ，可得總產量反應式如下：

$$Q_t = \sum_{i=1}^{20} y_{it} (A_{i,t} - R_{i,t}) \quad (16)$$

本文雖已假設椪柑的經濟壽命為20年，但若將椪柑之供給模型以每年之新植與砍除面積變化來表示，則吾人於推估樹齡結構時可能會面臨自由度不夠而造成結構係數無法推估的問題，並且若將每一樹齡之新植與砍除皆單獨考慮在內，事實上並無太大的意義。因此本文特依椪柑之實際成長過程加以假設，以使模型中結構式更加明確，並有助於椪柑供給反應模型參數的估計。此處即將樹齡20年簡化為五年齡層組 (吳雪蓮，1992)，以便計算。茲將分組情形以及分組後整個結構式之變化分別加以



說明：

令 A_1 = 當年新植之椪柑面積；

A_2 = 椪柑開始生產，但產量不高之時，為當年樹齡 2~6 年之現存種植面積；

A_3 = 椪柑之盛產時期，為當年樹齡 7~12 年之現存種植面積；

A_4 = 椪柑生產力漸減時期，為當年樹齡 13~16 年之現存種植面積；

A_5 = 椪柑生產力低落，以致砍除之時期，為當年樹齡 17~20 年之現存種植面積。

砍除面積也與種植面積一樣分為五組。將椪柑分為五個樹齡層後，將 (14) 式之限制條件加以調整，以便反映出 t 年之新植樹齡一年者在第 $t+1$ 年時即落入第二年齡層； t 年樹齡六年者在第 $t+1$ 年即落入第三年齡層； t 年樹齡十二年者在第 $t+1$ 年即落入第四年齡層； t 年樹齡十六年者在第 $t+1$ 年則落入第五年齡層等不同狀況，而其他樹齡者則仍屬於原年齡層。由前述設定之椪柑分組方式及每年樹齡層之變化，可知每組樹齡層之結構關係式為：

$$A_{1,t+1} = A_{1,t+1} \quad (17)$$

$$A_{2,t+1} = (A_{2,t} - R_{2,t}) + (A_{1,t} - R_{1,t}) - (a_{6,t} - r_{6,t}) \quad (18)$$

$$A_{3,t+1} = (A_{3,t} - R_{3,t}) + (a_{6,t} - r_{6,t}) - (a_{12,t} - r_{12,t}) \quad (19)$$

$$A_{4,t+1} = (A_{4,t} - R_{4,t}) + (a_{12,t} - r_{12,t}) - (a_{16,t} - r_{16,t}) \quad (20)$$

$$A_{5,t+1} = (A_{5,t} - R_{5,t}) + (a_{16,t} - r_{16,t}) - (a_{20,t} - r_{20,t}) \quad (21)$$

假設 $(a_{6,t} - r_{6,t})$ 為椪柑第二年齡層 $(A_{2,t} - R_{2,t})$ 之平均數， $(a_{12,t} - r_{12,t})$ 為椪柑第三年齡層 $(A_{3,t} - R_{3,t})$ 之平均數， $(a_{16,t} - r_{16,t})$ 為第四年齡層 $(A_{4,t} - R_{4,t})$ 之平均數， $(a_{20,t} - r_{20,t})$ 為第五年齡層 $(A_{5,t} - R_{5,t})$ 之平均數，即



$$a_{6,t} - r_{6,t} = \frac{(A_{2,t} - R_{2,t})}{5};$$

$$a_{12,t} - r_{12,t} = \frac{(A_{3,t} - R_{3,t})}{6};$$

$$a_{16,t} - r_{16,t} = \frac{(A_{4,t} - R_{4,t})}{4};$$

$$a_{20,t} - r_{20,t} = \frac{(A_{5,t} - R_{5,t})}{4};$$

又因前面文中已假設 $r_{1,t} = R_{1,t} = 0$ ，故 (18)~(21) 式可改寫如下：

$$A_{2,t+1} = \frac{4}{5}(A_{2,t} - R_{2,t}) + A_{1,t} \quad (22)$$

$$A_{3,t+1} = \frac{5}{6}(A_{3,t} - R_{3,t}) + \frac{1}{5}(A_{2,t} - R_{2,t}) \quad (23)$$

$$A_{4,t+1} = \frac{3}{4}(A_{4,t} - R_{4,t}) + \frac{1}{6}(A_{3,t} - R_{3,t}) \quad (24)$$

$$A_{5,t+1} = \frac{3}{4}(A_{5,t} - R_{5,t}) + \frac{1}{4}(A_{4,t} - R_{4,t}) \quad (25)$$

式 (22)~(25) 即為樹齡層組變動之關係。而先前已設定之實證模型則成爲：

$$\begin{aligned} A_{1t} = & \alpha_2 A_{2,t} + \alpha_3 A_{3,t} + \alpha_4 A_{4,t} + \alpha_5 A_{5,t} + \beta_1 + \beta_2 PP_t \\ & + \beta_3 OP_t + \beta_4 C_t + \beta_5 D_t + u_t^n \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} R_{it} = & \gamma_{i2} A_{2t} + \gamma_{i3} A_{3t} + \gamma_{i4} A_{4t} + \gamma_{i5} A_{5t} + \omega_{i1} + \omega_{i2} PP_t \\ & + \omega_{i3} OP_t + \omega_{i4} C_t + \omega_{i5} D_t + u_{it}^r \quad i = 2, 3, 4, 5 \end{aligned} \quad (27)$$

此時椪柑之各年齡層總供給反應式及產量反應式如下：



$$A_t = \sum_{i=1}^5 A_{it} - \sum_{i=2}^5 R_{it} + u_t^a \quad (28)$$

$$Q_t = \sum_{i=1}^5 y_{it}(A_{it} - R_{it}) + u_t^q \quad (29)$$

其中 u_t^a 、 u_t^q 為隨機誤差項。方程式 (22)~ (29) 即構成椪柑動態供給反應模型,其結構同於狀態—空間模型。

由於果樹的經濟壽命皆可高達數十年,故上述按成長階段區分年齡層間結構變動關係方法應可適用於其他長期多年生作物。同時此種年齡層處理方法的開發,亦使動態供給反應模型更適於實證上應用。

4. 模型推估與實證分析

前面提及將利用卡門濾波方法以求得椪柑之新植與砍除之資料,故本章節將介紹卡門濾波 (Kalman Filter), 並以之求得歷年椪柑之種植面積,進而推估椪柑之供給反應式。

4.1 卡門濾波

卡門濾波由 R.E.Kalman 於 1960 年發展而來,是一種藉系統與觀測值間不斷的預估與更新,使所估計之狀態與預測值間具有最小變異的演算法,大部分是應用於解決自動控制的問題,原為控制工程學中解決最適控制問題有效的方法之一。而近十幾年來,卡門濾波方法更被一些歐美經濟學家應用於解決經濟上之問題,包括處理不可觀察之資料 (Missing Observations), 如 Jones(1980) 以及 Harvey and Pierse(1984); 總合問題 (Aggregation Problems), 例如 Harvey and McKenzie(1981); 不可觀察之組合 (Un-observed Components), 如 Engle(1978) 及 Burmeister and Wall(1982); 資料之修正 (Data Revisions), 如 Howrey(1978), Conrado(1979)



與 Harvey等 (1981)；以及變動參數模型 (Varying Parameter Models)，如 Harvey and Phillips(1981)，Liu and Hanssens(1981)與 Chavas(1983) 等。由於卡門濾波方法可應用在變動參數模型，其具有逐步修正的特性，因此國內最近也有將其運用在水文學、統計品質、交通運輸與房價的推估之研究上 (馮正民等，1992)。其他有關卡門濾波方法可參見 Shumway(1988)以及 Harvey(1990)。

一般而言，在使用卡門濾波方法時，需將問題設為一狀態－空間模型 (State-Space Model) 之型態，此模型為時間序列模型之一般式，亦即所有的時間序列模型，如移動平均 (MA)、自我迴歸移動平均 (ARMA)、隨機漫步 (Random Walk) 等模型皆可寫成狀態－空間模型型態。任一狀態－空間模型之主體包含兩大部分，一為觀測方程式 (Measurement Equation)，一為轉移方程式 (Transition Equation)。此二個方程式結構與迴歸方程式相似，皆是表現自變數與因變數之關係，且推估之預測值與實際觀察值間存在有誤差項，而卡門濾波即利用每期資料推估時各誤差項之共變數矩陣來調整推估值，以求得最大概似估計值。

以下將依據多變量時間序列問題說明其狀態－空間模型之結構與性質，進而導出卡門濾波。設一多變量狀態－空間模型為

$$Y_t = Z_t \cdot 1\alpha_t + d_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, H_t), \quad t = 1, \dots, T \quad (30)$$

$(n \times l) \quad (n \times m) \quad (m \times l) \quad (n \times l) \quad (n \times l) \quad (n \times n)$

$$\alpha_t = T_t \cdot \alpha_{t-1} + C_t + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, Q_t), \quad t = 1, \dots, T \quad (31)$$

$(m \times l) \quad (m \times m) \quad (m \times l) \quad (m \times l) \quad (m \times l) \quad (m \times m)$

(30)式即觀測方程式，(31)式乃為轉移方程式，其中，

Y_t 包含 n 項，為 t 時刻之觀察值；

$\alpha_t = t$ 時刻之狀態向量 (state vector)；

$\varepsilon_t = t$ 時刻觀測方程式之誤差項；



$\eta_t = t$ 時刻轉移方程式之誤差項；

$H_t = t$ 時刻觀測方程式誤差項之共變異矩陣；

$Q_t = t$ 時刻轉移方程式誤差項之共變異矩陣；

Z_t 、 $T_t =$ 狀態變數之係數矩陣；

C_t 、 $d_t =$ 係數矩陣。

此一狀態－空間模型隱含二個先驗的 (a priori) 假設：

(1) 起始期的狀態向量之平均數為 α_0 ，共變異矩陣為 P_0 之分配，即 $E(\alpha_0) = a_0$ ， $Var(\alpha_0) = P_0$ 。

(2) 同一時期之 ε_t 與 η_t 彼此不相關，不同期間亦不相關，且與起始狀態也是不相關，即在所有之 $s, t = 1, 2, \dots, T$ 時， $E(\varepsilon_t \eta_t) = 0$ ，而在 $t = 1, 2, \dots, T$ 時， $E(\varepsilon_t \alpha_t) = 0$ ，且 $E(\eta_t \alpha_t) = 0$ 。

若在此狀態－空間模型中， Z_t 、 d_t 、 H_t 、 T_t 、 C_t 與 Q_t 不隨時間而改變，則此模型可稱為時間固定模型 (Time-Invariant) 或時間齊質模型 (Time-Homogeneous)。

而狀態－空間模型中的狀態向量 α_t ，則可以是可觀察的或不可觀察的向量。利用卡門濾波方法可為這些狀態向量提供一最適的估計值，並且當新的觀測值更加完備時，再做一更新 (Update) 之估計。

令 a_{t-1} 為狀態變數 α_{t-1} 的估計值， P_{t-1} 為估計誤差的共變異矩陣，可得

$$P_{t-1} = [(\alpha_{t-1} - a_{t-1})(\alpha_{t-1} - a_{t-1})']$$

若 a_{t-1} 與 P_{t-1} 已知下，則 α_t 的最適估計值 $\alpha_t|_{t-1}$ 及其共變異矩陣 (估計誤差) $P_t|_{t-1}$ 為

$$\alpha_t|_{t-1} = T_t a_{t-1} + C_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (32)$$

$$P_t|_{t-1} = T_t P_{t-1} T_t' + Q_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (33)$$



此 (32)、(33) 式即為預測方程式 (Prediction Equations)。一旦新的觀測值 Y_t 為已知時， $\alpha_t|_{t-1}$ 可以被更新。為求此更新值，先將原 (30)、(31) 式改寫如下：

$$\alpha_t = a_t|_{t-1} + (\alpha_t - a_t|_{t-1}) \quad (34)$$

$$Y_t = Z_t a_t|_{t-1} + d_t + Z_t(\alpha_t - a_t|_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (35)$$

由 (34)、(35) 式可被視為 $[\alpha_t - Y_t']$ 的多變量常態分配，且其平均數為 $[a_t|_{t-1} (Z_t a_t|_{t-1} + d_t)']'$ ，其共變異矩陣分別為

$$\sum_{xx} = E[(\alpha_t - a_t|_{t-1})(\alpha_t - a_t|_{t-1})'] = P_t|_{t-1}$$

$$\sum_{xy} = E\{[(\alpha_t - a_t|_{t-1})][Z_t(\alpha_t - a_t|_{t-1})]'\} = P_t|_{t-1} Z_t'$$

$$\sum_{yx} = E\{[Z_t - (\alpha_t - a_t|_{t-1})](\alpha_t - a_t|_{t-1})'\} = Z_t P_t|_{t-1}$$

$$\begin{aligned} \sum_{yy} &= E\{[Z_t(\alpha_t - a_t|_{t-1}) + \varepsilon_t][Z_t(\alpha_t - a_t|_{t-1}) + \varepsilon_t]'\} \\ &= Z_t P_t|_{t-1} Z_t' + H_t \circ \end{aligned}$$

由上可得其共變異矩陣：

$$\Sigma = \begin{bmatrix} P_t|_{t-1} & P_t|_{t-1} Z_t' \\ Z_t P_t|_{t-1} & Z_t P_t|_{t-1} Z_t' + H_t \end{bmatrix} \quad (36)$$

又由統計學可知 α_0 在 Y_t 為多變量常態分配之條件下亦為常態分配，可得 $a_t|_{t-1}$ 、 $P_t|_{t-1}$ 之更新值 a_t 與 P_t ：

$$a_t = a_t|_{t-1} + P_t|_{t-1} Z_t' F_t^{-1} (Y_t - Z_t a_t|_{t-1} - d_t) \quad (37)$$

$$P_t = P_t|_{t-1} - P_t|_{t-1} Z_t' F_t^{-1} Z_t P_t|_{t-1} \quad (38)$$



(37)、(38)式為卡門濾波模型中之更新方程式 (Updating Equations)，其中 $F_t = Z_t P_t |_{t-1} Z_t' + H_t$ ，為預測誤差之共變異矩陣。

當所有各期之狀態向量皆已求得後，往前做運算 (Forward Calculation)，卡門濾波可用來作平滑 (Smoothing)，其平滑方程式組 (Smoothing Equations) 為：

$$a_t | w = a_t + P_t^* (a_{t+1} | t - T_{t+1} a_t) \quad (39)$$

$$P_t | w = P_t + P_t^* (P_{t+1} | t - P_{t+1} | t) P_t^* \quad (40)$$

$$P_t^* = P_t T_{t+1}' (P_{t+1} | t)^{-1}, \quad t = T - 1, \dots, 1 \quad (41)$$

其中 $a_t | w$ 表利用所有之樣本資料所得之平滑值，而 $P_t | w$ 為此平滑值之變異—共變異矩陣。其中 $a_t | t = a_t$ 且 $P_t | t = P_t$ 。因為 a_t 的估計值是使用所有的樣本訊息，所以在使用平滑方程式時，其迴覆過程的起始值是以樣本期間的最後一期為開始迴覆之時。由 (32)、(33)、(37)~(41) 式即構成了所謂的卡門濾波。

在進行卡門濾波演算時，計有以下五組參數值必須事先給定：(1) 轉移係數矩陣；(2) 狀態向量之起始值；(3) 推估誤差共變異矩陣起始值；(4) 轉移方程式誤差之共變異矩陣；與(5) 觀測方程式誤差之共變異矩陣。當這些起始值確定後，在新的觀測值更加完備時，利用卡門濾波即可導出這些狀態向量的最適估計值。當所有 T 個觀察值都被納入處理後，這個濾波 (Filter) 便能提供現在狀態向量的最適估計值，甚至可以預測下期的狀態向量，這些估計值包含了狀態與觀察變數之最適預測所需的所有訊息。

前述之椪柑動態供給反應模型 (26)~(29) 式即一狀態—空間模型，其中 (26) 及 (27) 式為移轉方程式，表新植與砍除之動態關係；(28) 及 (29) 式則為測量方程式，以使不可觀察之新植及砍除面積與可觀察之總面積與總產量間有所關聯。



在(26)~(29)式之狀態-空間模型中各個係數矩陣，誤差項之變異-共變異矩陣，以及新植、砍除起始值的期望值與變異-共變異矩陣均是假設為已知的。然後再利用卡門濾波(Kalman Filter)之迴覆程序，在 A_t 、 Q_t 觀察值已知下，對新植與砍除面積做最適的估計。整個槿柑供給反應模型參數的估計可分為二步驟：(一)作初步的假設以決定各係數、誤差項之變異數以及起始值的估計值。(二)迴覆卡門濾波與最小平方方法的演算，以決定所有未知參數的最大概似估計值。

由步驟一可得各係數矩陣，共變異矩陣以及起始值，吾人即可將之代入卡門濾波中，以求得新植與砍除之估計，然後利用此結果作最小平方方法迴歸，自行得到供給反應模型結構參數之估計值。在第一次迴覆時，年齡層係數的起始值則是利用先前所得的結果，卡門濾波方法提供了 A_{it} 及 R_{it} 的最適估計值以及其概似函數值，然後利用估出之 A_{it} 及 R_{it} 的值，利用最小平方方法對式(26)、(27)作迴歸，從此迴歸中可得到更新的 u_t^a 、 u_t^q 變異數、及 A_i 與 R_{i0} 之變異-共變異矩陣以及平均數，由最小平方方法可得迴歸係數矩陣及 u_t^a 、 u_t^q 之變異數的更新。而這些在狀態空間模型中參數的更新估計值，可以再用作下一次迴覆中的投入。這個過程一直反覆進行，直到概似函數值收斂時，該組係數值即為參數之最適估計值。

卡門濾波方法基本上為一動態結構模型，其應具備統計上之數項特性，故檢查統計特性之滿足與否可作為判斷模型之建立是否完備之依據。由於狀態-空間模型大多被應用於時間為固定(Time-Invariant)的情況，亦即模型中 Z_t 、 d_t 、 H_t 、 T_t 、 C_t 、 R_t 、 Q_t 等系統矩陣皆不隨時間而變，而時間固定之狀態-空間模型應符合下列四種性質(Harvey)：1.可控制性(Controllability)；2.可觀察性(Observability)；3.穩定性(Stabilisability)；以及4.可探出性(Detectability)。一般在估計體系的動態結構時，可利用性質的滿足與否來審視模型的適用性，且上述四種性質中前二者較具應用上的意義，後二者則屬於技術方面的性質。此外，這四種性質亦



可應用於 C_t 、 d_t 可隨時間改變之模型中。

可控制性、可觀察性、穩定性以及可探出性，在控制工程上有明確的物理意義，若將其應用到統計模型時，可做為評估確切的統計特性之基礎，此外其還有以下的功能 (Harvey)：

1. 當模型中誤差項的共變異矩陣 $P_{t|t-1}$ 和 P_t 為時間固定者時，可用來決定卡門濾波是否為一固定狀態。
2. 為了使濾波成為一固定狀態，可用來判斷其他剩下之系統矩陣的時間固定之條件是否為充份。
3. 判斷起始條件是否有問題。

穩定性與可探出性二者之關係是較控制性與觀察性為密切的，但符合此二性質之系統相對於符合後者卻是較弱的。其中，可控制性與可觀察性二個條件若滿足，則隱含著穩定性與可探出性亦滿足，但反之則未必 (Harvey)。該四種性質之定義可用以下動態系統 (Harvey) 加以說明：

$$\begin{aligned} \text{令} \quad Y_t &= Z \alpha_t \\ (n \times l) \quad & (n \times m) (m \times l) \\ \alpha_t &= T \alpha_{t-1} + G u_{t-1} \\ (m \times l) \quad & (m \times m) (m \times l) \quad (m \times n) (n \times l) \end{aligned}$$

1. 可控制性，亦有稱為可達成性 (reachability)

若 $\text{RANK}[G, TG, \dots, T^{m-1}G] = m$ ，則該系統為可控制的。

2. 可觀察性，亦稱為可設立性 (constructability)

若 $\text{RANK}[Z', T'Z', \dots, (T')^{m-1}Z'] = m$ ，則系統為可觀察的。

3. 穩定性

若存在一 $m \times n$ 之矩陣 S ，使得 $|\lambda_i(T + GS')| < 1$ ， $i = 1, 2, \dots, m$ ，則系統為穩定的。其中為 $(T + GS')$ 之特性根 (characteristic roots)。

4. 可探出性

若存在一 $m \times n$ 之矩陣 D ，使得 $|\lambda_i(T + DS')| < 1$ ， $i = 1, 2, \dots, m$ ，則系統具可探出性。其中 λ_i 為 $(T - DS')$ 之特性根 (characteristic roots)。



故本研究可依此四種性質來判定所建立之椪柑供給反應模型是否適當。由本文所設立起始狀態之 Z, T, G 矩陣，首先依據可控制性及可觀察性的定義分別加以審視，發現本文之起始狀態矩陣之階數皆能符合此二種性質之條件，同時亦表示穩定性及可探出性可被滿足，故本文在模型之設立上合乎卡門濾波之統計特性。

4.2 椪柑新植與砍除之最大概似估計值

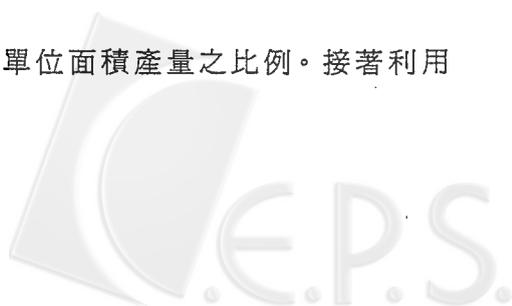
本文實證所需之椪柑樹齡層資料乃是依據總種植面積、總產量及其他外生變數之資料，應用 SHAZAM 套裝軟體所撰寫之卡門濾波程式，使每年新植面積與砍除各年齡層之面積得以從估計中求得。為了估計上方便，假設新植方程式各年齡層之係數一樣（即 $\alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha$ ），表示新植是基於長期投資之故，其完全受總種植面積所影響，而與樹齡無關。且當現存椪柑面積增加時，在其他條件不變下，新植面積會減少，故假設 $\alpha < 0$ 。又因砍除主要是因為作物病害、不利的氣候條件或其他物理上或生物上的因素而除去沒有生產力的椪柑面積，故可假設 $\gamma > 0$ 及 $\gamma = 0, i \neq j$ 。

在椪柑供給之狀態－空間模型之觀測方程式中，各樹齡層之單位面積產量 $y_{it}, i = 1, 2, \dots, 5$ ，乃是依照椪柑之生長特性，由其各樹齡之每株產量（吳雪蓮），依年齡層分為五組後，求得各層之每株平均產量。由於椪柑經定植後即不再移植，可令各層每株平均產量間之比例關係與各層之平均單位面積產量之比例關係為一致，即得各層之平均單位面積產量 y_{it} 之關係如下：

$$y_{i,t} = k_i y_{3,t}, \quad i = 1, 2, \dots, 5, \quad (42)$$

$$\text{令 } K = [k_1, \dots, k_5] = [0, 0.2083, 1, 0.416, 0.25]$$

向量 K 中之 k_i 即各年齡層與第三樹齡層單位面積產量之比例。接著利用



每年之總種植面積與總產量之資料相除，得每年椪柑之平均單位面積產量，進而可得各樹齡層之單位面積產量 y_{it} 與每年椪柑之平均單位面積產量 q_t 之關係如後：

$$q_t = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{i,t}}{5} = \frac{\sum_{i=1}^5 k_i y_{3,t}}{5} \quad t = 1, 2, \dots, 25 \quad (43)$$

在 q_t 、 k_i 已知之情況下，根據 (43) 式可得歷年來第三樹齡層之單位面積產量，將之代入 (42) 式，即可得各樹齡層單位面積產量之估計值。由表 2 得知椪柑各樹齡層之單位面積產量歷年來有顯著的增加，表示其可能有技術進步。由此，椪柑供給反應之狀態－空間模型中所有必要資料已全然得到，利用卡門濾波方法可估得歷年個別年齡層之種植面積 (圖 1) 與砍除面積 (圖 2)。

由圖 1 中可知每年椪柑之新植面積變動很大。50 年代時由於椪柑價格看好，而使每年新植面積持續地增加；60 年代至 70 年代中期新植面積則很平穩。但是自民國 76 年起新植面積忽然快速增加，由吾人對現況之了解，發現其乃是由於農林廳在 77 年做一次全面椪柑種植面積之普查，而在資料中，當年之總種植面積忽而比前一年增加二千七百多公頃，以致估出之結果中 76 年之新植面積會比往年增加許多。

圖 2 為每年椪柑各樹齡層之砍除面積，其中 R_2 (第二樹齡層之砍除面積) 與 R_4 (第四樹齡層之砍除面積) 的變動較為平緩，而 R_3 (第三樹齡層之砍除面積) 與 R_5 (第五樹齡層之砍除面積) 的變動較為劇烈。其中第五樹齡層之砍除多是由於殘老之老株生產力低而至砍除，故理論上其砍除面積較其樹齡層為多。而第三樹齡層之砍除面積不但變動大且砍除面積比第五樹齡層之砍除面積為多，究其原因，可能由於第三樹齡層包含有六個樹齡面積，故其砍除面積就比第五樹齡層之砍除面積為多，或是因為黃龍病之故。由於黃龍病多發生在十年生以上之植株，由開始發現病徵以迄死亡約 2-4 年，故第三樹齡層正值此時期，所以第三樹齡層之

表 2 歷年臺灣椪柑各樹齡層單位面積產量推估值

單位：公噸／公頃

年次	樹 齡 層				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
民國 56	0	4.611196	22.13374	9.22239	5.533436
57	0	4.864869	23.35137	9.72973	5.837842
58	0	3.793289	18.20779	7.58658	4.551947
59	0	4.418394	21.20829	8.83679	5.302073
60	0	5.659691	27.16652	11.31938	6.791630
61	0	5.787506	27.78003	11.57501	6.945007
62	0	6.409510	30.76565	12.81902	7.691412
63	0	5.928562	28.45710	11.85712	7.114274
64	0	5.476528	26.28733	10.95306	6.571833
65	0	6.549871	31.43938	13.09974	7.859845
66	0	6.403819	30.73833	12.80764	7.684583
67	0	6.404132	30.73983	12.80826	7.684958
68	0	6.861107	32.93331	13.72221	8.233328
69	0	6.816508	32.71924	13.63302	8.179810
70	0	6.570792	31.53980	13.14158	7.884950
71	0	6.701924	32.16924	13.40385	8.042309
72	0	6.411831	30.77679	12.82366	7.694197
73	0	5.563207	26.70340	11.12641	6.675849
74	0	6.672429	32.02766	13.34486	8.006915
75	0	5.977772	28.69330	11.95554	7.173326
76	0	6.265385	30.07385	12.53077	7.518462
77	0	6.737577	32.34037	13.47515	8.085093
78	0	6.948415	33.35239	13.89683	8.338098
79	0	6.303252	30.25561	12.60650	7.563902
80	0	6.924137	33.23586	13.84827	8.308964

資料來源：本研究估計。



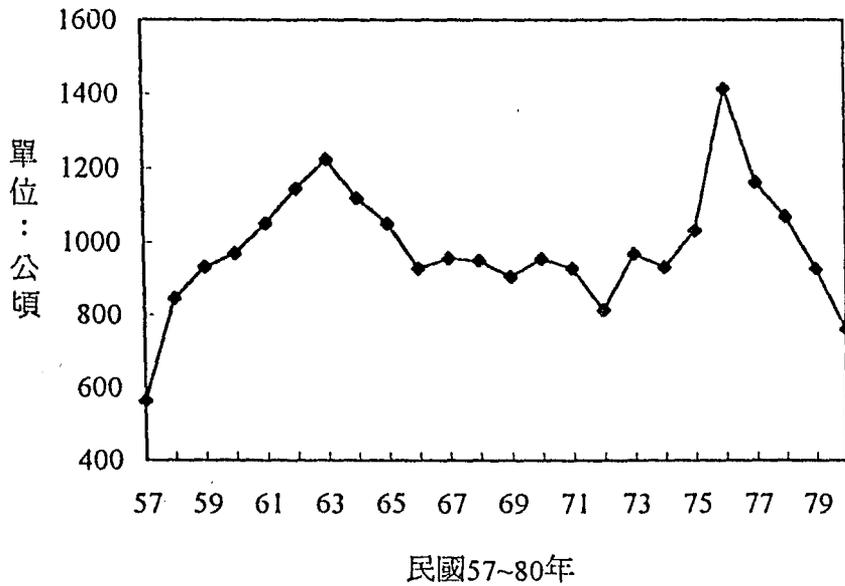


圖 1 歷年臺灣椪柑新植面積圖

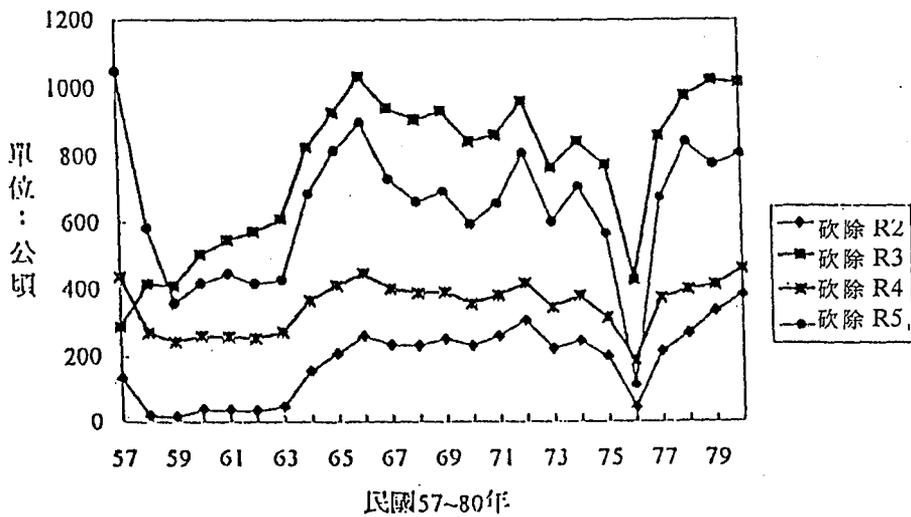


圖 2 歷年臺灣椪柑各樹齡層砍除面積圖



砍除面積較第五樹齡層之砍除面積為多。椪柑黃龍病始自 60 年代初期，由於並無有效方法可以治療，故發現病株後多將其砍除，而致自 60 年代以後各樹齡層之砍除面積明顯的增加。

4.3 推估結果

由卡門濾波求得之椪柑各樹齡層之估計種植面積，以及椪柑價格、其他替代作物價格、成本、自然氣候等變數資料，即可利用普通最小平方方法 (Ordinary Least Square Method) 求得椪柑供給反應之新植與砍除方程式。由於先前之計算中，以前一期之價格為預期價格所得之結果並不顯著，經多次尋求預期價格結構，最後乃以落遲二期之椪柑價格與替代作物價格、當期成本及前一期氣候虛擬變數為解釋變數。經其調整變數過之估計結果列於表 3。

當時間數列資料以迴歸分析方法進行分析時，通常需先檢定誤差項是否具有自身相關 (Autocorrelation)，吾人多以 Durbin-Watson ($D - W$) 檢定法來檢定誤差項自身相關係數是否為零。表 3 中新植與砍除二方程式之 $D - W$ 統計值分別為 1.0306、0.9521、0.9961、0.8934、1.5403，經由查表可得知此四個 $D - W$ 值皆落入無結論區。因本文目的為推估出新植與砍除方程式，故不再深入討論此時間序列自我相關的問題。

新植 (A_1) 方程式中判定係數 R^2 等於 0.7162，可解釋 70% 以上椪柑新植面積之變動。其中各年齡層面積對新植面積的影響並不一致，由表 3 可看出 A_3 、 A_4 對 A_1 之影響皆為負，且 A_3 之推估係數在 10% 統計水準下顯著不為零，表當第三樹齡層之面積與第四樹齡層之面積增加時，新植面積會減少，此乃由於第三樹齡層、第四樹齡層其單位產量正值盛產，故新植的機率較少。並且 A_3 對新植面積的影響程度係數絕對值為 5.4561，比其他樹齡層之係數皆大，顯見果樹正值盛產生產力旺盛，故對新植面積的影響較大。 A_2 及 A_5 係數之符號皆為正，表柑園之幼齡樹增加時或老株愈多，新植面積亦愈多，此乃因第二樹齡層與第五樹齡層之單位面積



表3 椪柑供給反應模型之新植與砍除方程式之推估結果

自變數	依 變 數				
	A_1	R_2	R_3	R_4	R_5
A_2	2.9154 (1.6842)*	1.5132 (1.57878)*	3.4014 (2.0500)**	1.0276 (1.62329)*	3.4415 (2.0838)**
A_3	-5.4561 (1.6502)*	2.9989 (1.6385)*	7.1507 (2.2368)***	2.2517 (1.8461)**	8.0496 (2.4607)**
A_4	-0.40483 (0.45711)	0.27074 (0.53918)	0.45313 (0.58500)	0.08794 (0.29755)	0.95177 (1.46365)*
A_5	0.39234 (0.60373)	-0.26845 (0.76931)	0.72103 (1.24776)	0.085451 (0.38758)	0.13602 (0.25959)
PP	26.156 (1.8833)**	-12.044 (2.0833)**	-25.539 (2.2608)***	-9.5095 (2.2064)***	-13.756 (1.2503)*
OP	-1.3894 (0.5082)	0.81810 (0.5593)	1.9145 (0.8155)	0.89130 (0.99514)	0.45227 (0.1571)
C	-9.4872 (3.1577)****	5.7904 (3.6851)****	8.4170 (3.0454)****	2.9285 (2.7771)***	4.6733 (1.4131)*
D	47.950 (0.7351)	0.37799 (0.0121)	4.5637 (0.0829)	8.7827 (0.0529)	47.142 (0.8190)
常數項	-122.55 (0.2622)	112.72 (0.4499)	192.02 (0.4415)	155.74 (0.9387)	-137.90 (0.3455)
R^2	0.7162	0.8620	0.8631	0.8736	0.8468
\bar{R}^2	0.5269	0.7700	0.7718	0.7893	0.7446
$D - W$	1.0306	0.9521	0.9961	0.8934	1.5403

註：此為利用卡門濾波方法估出之結果，作 OLS 之迴歸結果。括號內為估計係數之 t 統計值。*、**、***、****表在顯著水準 10%、5%、2.5%、1% 下該係數推估值顯著不為零。 $D - W$ 表 Durbin-Watson 值。



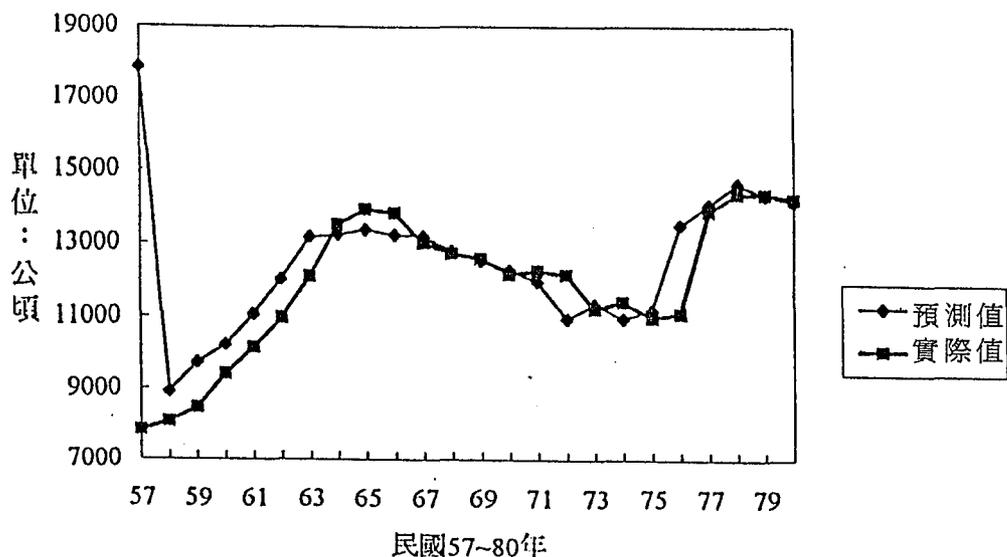


圖 3 歷年臺灣椪柑種植面積預測圖

產量皆少，致使欲增加新植面積以提高未來產量。由各年齡層之係數看出，其係數絕對值 A_2 、 A_4 、 A_5 有愈來愈小的趨勢，此乃表示隨著樹齡的增加，其對新植面積的影響愈小。而預期價格的係數為正，乃表當柑農預期椪柑價格上漲時，新植面積會隨著增加；替代作物預期價格係數之符號為負，表替代作物價格上漲時，椪柑之新植面積會減少，二者皆符合理論預測的關係。至於氣候虛擬變數 (D)，由於資料處理上是以前一年之風災為變數，其符號為正，乃表前一年有風災時而使椪柑植株損壞，致使今年新植面積會因欲補植而增加。

各樹齡層砍除方程式之判定係數 R^2 皆高於 0.84，故各條砍除方程式之解釋能力都很強。又各砍除估計式中 A_2 對 R_2 、 A_3 對 R_3 、 A_4 對 R_4 與 A_5 對 R_5 之影響皆為正，表示同一樹齡層之種植面積愈多，砍除面積亦會愈多。表 3 中價格對各組砍除面積之影響皆為負，且都顯著，表預期價

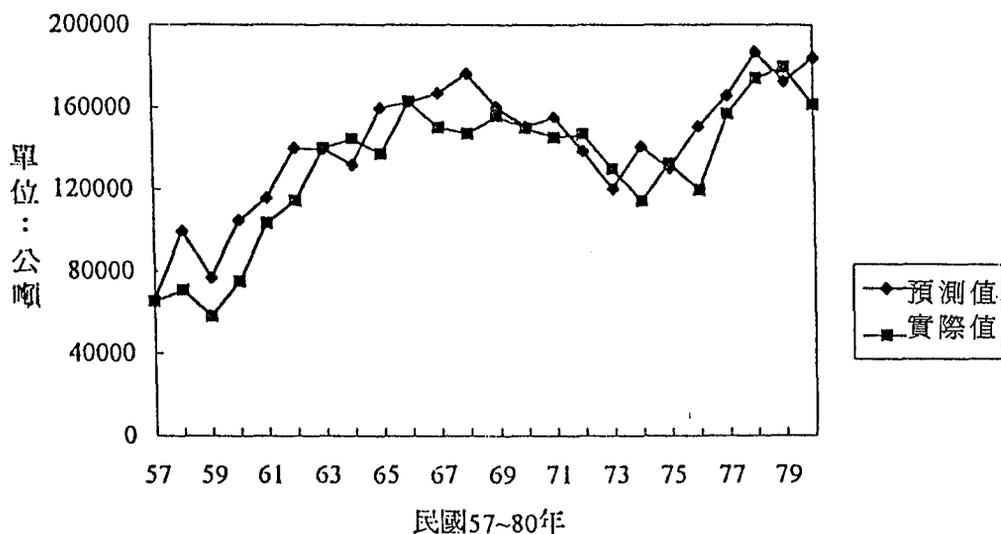


圖 4 歷年臺灣椪柑總產量預測圖

格上漲時，砍除面積會減少。而替代作物價格上漲時對各樹齡層之砍除面積皆會增加，然而係數不顯著。另外，成本對砍除有顯著影響，成本上漲時，各組砍除面積皆會增加。若前一年發生風災，則砍除面積增加，但係數都不顯著。

圖 3 與圖 4 為利用表 3 之推估結果及結合樹齡層之動態關係所得之每年椪柑總種植面積與總產量之預測值。由圖中可知，由 70 年代以後，種植面積與總產量之預測值，除了民國 76 年因資料（農林廳實地調查）之問題而有些偏差之外，其餘各年之預測值與實際值都很接近。

4.4 彈性值之推估

將表 3 之新植、砍除二估計式與觀測方程式結合可得一短期之總面積供給方程式如後：

$$\begin{aligned}
A_t = & -445.13 + 13.2991A_{2,t} - 24.907A_{3,t} + 0.91101A_{4,t} \\
& + 2.603291A_{5,t} + 87.0045PP_t - 5.4655OP_t - 31.2964C_t \\
& - 12.9164D_t + U_t^n
\end{aligned} \tag{44}$$

各樹齡層之種植面積與砍除面積之長期均衡，可由表 3 之新植與砍除方程式結合各樹齡層之種植面積之動態關係，並去除時間因子（令 $A_{i,t} = A_{i,t-1}$ ），即可得各樹齡層之種植面積與砍除面積為其他外生變數之函數之一縮減式並整理得椪柑總面積之長期均衡 (steady-state value) 如下：

$$\begin{aligned}
A_t = & 8524.393 + 128.0165PP_t - 3.2086OP_t - 39.6638C_t \\
& + 540.9699D_t
\end{aligned} \tag{45}$$

利用卡門濾波方法估得之 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 及其他外生變數之民國 71 至 80 年之平均值，計算椪柑之短期與長期價格及成本彈性如表 4。

若不區分新植與砍除二決策，即不考慮樹齡結構對種植面積之影響，只考慮價格、成本等因素，以相同樣本資料可求得椪柑之總面積供給反應之縮減式 (Reduced Form) 如下：

$$\begin{aligned}
A_t = & 23256.3 + 0.94655A_{t-1} + 167.49PP_t + 11.405OP_t \\
& (2.6438)^* \quad (10.601)^* \quad (2.2845)^* \quad (0.7699)^* \\
& - 41.68C_t - 18.2D_t \\
& (3.1052)^* \quad (0.0544)
\end{aligned} \tag{46}$$

$$R^2 = 0.8989, D - W = 1.7212$$

上式括號中為推估係數之 t 統計值，各自變數對總面積之影響程度與 (44) 式差異頗大。此一總面積供給反應縮減式之彈性亦列於表 4 中。



表 4 椪柑之長期與短期供給彈性

	短期		長期	
	價格	成本	價格	成本
KF/OLS	0.1426	-0.2466	0.3555	-0.5296
縮減式	0.1989	-0.2381	3.7228	-4.4548

由表 4 中 *KF/OLS* 法之短期彈性值可知，當椪柑價格上漲 1% 時，則椪柑之總種植面積會上漲 0.1426%；當成本上漲 1%，則椪柑之總種植面積下降 0.2466%。又由於各價格與成本彈性絕對值皆小於一，表缺乏彈性，可知柑農對價格之反應程度屬於部分調整模式。

由卡門濾波所得之椪柑長期價格供給彈性僅有 0.3555，雖比短期價格供給彈性 (0.1426) 大，但為價格無彈性。故可知椪柑產業就長期而言對價格之反應程度較短期高，其仍為不完全調整，此實乃因椪柑為多年生作物所致。過去有關柑桔之供給彈性之估計所得之結果，長期彈性值都很大 (例如何坤堂的 3.2077)，而且本研究不考慮樹齡結構之縮減式所獲得之彈性值亦高達 3.7228，但由歷年來椪柑之種植面積之變化，及柑農對價格與成本之因應程度來判斷，其供給並非有彈性。由此可知，在不考慮樹齡之供給結構下，所求得之彈性值會高估，而不符合椪柑多年生果樹之特性。故供給反應縮減式推估而得之多年生作物之長期價格與成本彈性極可能有嚴重偏誤。

5. 結 論

椪柑產業受國內經濟之劇變，致使受到很大的衝擊，然卻未見其生產結構隨之明顯地調整，究其原因，原是受到椪柑多年生特性之限制。欲

研擬椪柑產業未來將如何繼續發展之策略，首要之課題乃是探討椪柑之生長特性對其供給決策之影響。由於多年生作物每年之面積包括不同樹齡之結構，且各樹齡之產量也不一樣，故多年生作物產量的預估遠較常年生作物複雜。多年生果樹由於可以連續生產，故其生產計劃涉及對現存面積存量之估算，而受樹齡分配結構影響甚大。因而柑農之生產決策應包含新植與砍除二種決策，其中新植屬長期投資決策，而砍除則為短期調整行為，二者必需個別分析，才能洞悉柑農之真正供給反應行為。本文特採卡門濾波方法解決過去因資料上之限制，而區分出新植與砍除二決策，了解柑農之真正供給反應行為。

本研究實證結果發現由卡門濾波及最小平方法所求得之椪柑長期與短期自身價格彈性值分別為 0.3555 及 0.1426，顯示柑農不論長期或短期之生產調整能力皆差。故可知椪柑受多年生特性之影響，即生產決策受限於樹齡層分配，以致於現實狀況反映出椪柑預期收益雖然不好，但仍不見生產結構有明顯調整，因此近年來椪柑之種植面積與產量並未有顯著的變化。

歷年來臺灣椪柑各樹齡層之砍除面積中，第二與第四樹齡層之砍除面積變動很少，而第三與第五樹齡層之砍除面積變動得較劇烈。主要是因為果樹病變及植株老化淘汰。目前椪柑之樹齡結構以第二樹齡層之面積為最多，而此樹齡層為椪柑之幼齡層，故可知未來若種植面積不變，故未來椪柑產業之增產潛力仍大。因此，政府在估算未來椪柑總產量以規劃生產面積時，應考慮椪柑樹齡結構對其總產量之影響。

樹齡對新植面積的影響遞減。而新植面積受椪柑價格與成本的影響雖都很顯著但程度有限。因此柑農之生產決策乃以產出量多寡為依據，較不重視經濟因素（如價格與成本）之變化，故未來應輔導柑農以需求為導向來調整供給。

本文所採用之卡門濾波方法可以使每年果樹新植與砍除面積之資料重現，有助於瞭解整個產業之樹齡結構，並據此瞭解果農之決策行為，

以正確地規劃之。而一般果樹多為多年生作物，政府若欲規劃或計劃果樹之生產面積與總產量，應加強對多年生果樹供給反應之實證推估。同時由於國內相關之統計資料十分不足，使研究人員作研究時備受障礙，故在此建議有關單位對於統計資料之編訂，能提供更加詳細之資訊。

參考文獻

- 何坤堂 (1974,6) 臺灣柑橘供需之計量分析，中興大學農經研究所碩士論文。
- 吳雪蓮 (1992,7) 台北市果菜批發市場椪柑拍賣價格之決定因素，中興大學農業經濟研究所碩士論文。
- 金元泰 (1987,6) 韓國養牛農民供給反應之計量研究，中興大學農經研究所碩士論文。
- 馮正民、游明敏、曾平毅 (1992,12) 「臺北市房價與卡門濾波理論之應用」，臺灣銀行季刊 43：4。
- 陳宗玄 (1989,6) 臺灣水稻供給反應之研究，中興大學農經研究所碩士論文。
- 彭作奎編著，農產價格理論與分析，茂昌圖書有限公司，63-85。
- 賴淑美 (1971,9) 「臺灣柑桔供需之研究」，臺灣銀行季刊，22：3。
- Baritelle, J. L., and D. W. Price (1974) "Supply Response and Marketing Strategies for Deciduous Crops," American Journal of Agricultural Economics, 56, 245-53.
- Burmeister, E., and K.D. Wall (1982) "Kalman Filtering Estimation of Unobserved Rational Expectations with an Application to the German Hyperinflation," Journal of Econometrics, 20, 255-284.
- Cagan, P. D. (1956) "The Monetary Dynamics of Hyperinflations," in M. Friedman(ed.) Studies in the Quantity Theory of Money, Chicago: University of Chicago Press, 25-117.
- Chavas, Jean-Paul (1983) "Structural Change in the Demand for Meat," American Journal of Agricultural Economics, 65, 148-53.



- Conrado, W., and C. Corrado (1979) "Application of the Kalman Filter to Revisions in Monthly Retail Sales Estimates," *Journal of Economics and Dynamic Control*, 1, 177-198.
- Engle, R. F. (1978) "Estimating Structural Models of Seasonality," in A. Zellner, ed., *Seasonal Analysis of Economic Time Series*, Bureau of the Census, Washington, DC, 281-308.
- Ezekiel, M. (1983) "The Cobweb Theorem," *Quantity Journal of Economics*, 255-80.
- French, B. C., and R. G. Bressler (1962) "The Lemon Cycle," *Journal of Farm Economics*, 44, 1021-36.
- French, B. C., and J. L. Matthews (1971) "A Supply Response Model for Perennial Crops," *American Journal of Agricultural Economics*, 53, 478-90.
- French, B. C., G. A. King, and D. D. Minami (1985) "Planting and Removing Relationships for Perennial Crops," *American Journal of Agricultural Economics*, 67, 215-23.
- Harvey, A. C. (1990) *Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, 100-67.
- Harvey, A. C., and C. B. McKenzie (1981) "Estimation of Systems of Equations when there is Contemporaneous Aggregation of the Dependent Variables," LSE discussion paper.
- Harvey, A. C., C. R. McKenzie, D. P. C. Blake, and M. J. Desai (1981) "Modeling the Structure of Irregular Data Revisions," Paper Presented at the Conference on Applied Time Series Analysis of Economic Data, Arlington, VA.
- Harvey, A. C., and G. D. A. Phillips (1981) "The Estimation of Regression Models with Time-Varying Parameters," in M. Deistler, E. Furst, and G. Schwodiauer, eds., *Games Economic Dynamics, and Time Series Analysis*, Physica-Verlag, Wilen, 306-21.
- Harvey, A. C., and R. G. Pierse (1984) "Estimating Missing Observations in Economic Time Series," *Journal of American Statistic Association*, 79, 125-31.

- Howrey, E. P. (1978) "The Use of Preliminary Data in Econometric Forecasting," *Review of Economics and Statistics*, 60, 193-201.
- Jones, R. H. (1980) "Maximum Likelihood Fitting of ARMA Models to Time Series with Missing Observations," *Technometrics*, 22, 389-95.
- Knapp, C. K., and K. Konyar (1991) "Perennial Crop Supply Response: A Kalman Filter Approach," *American Journal of Agricultural Economics*, 73, 841-49.
- Liu, L.M. and D.M. Hanssens (1981) "A Bayesian Approach to Time-Varying Cross-Sectional Regression Models," *Journal of Econometrics*, 15, 341-56.
- Muth, J. F. (1961) "Rational Expectations and the Theory of price Movements," *Econometrica*, 29, 315-35.
- Rae, A. N., and F. Hoy Carman (1975) "A Model of New Zealand Apple Supply Response to Technological Change," *Australia Journal of Agricultural Economics*, 19, 39-51.
- Shumway, R. H. (1988) *Applied Statistical Time Series Analysis*, Prentice-hall International Editions, 171-78.



Supply Response of Citrus-Ponkans in Taiwan — A Kalman Filter Approach

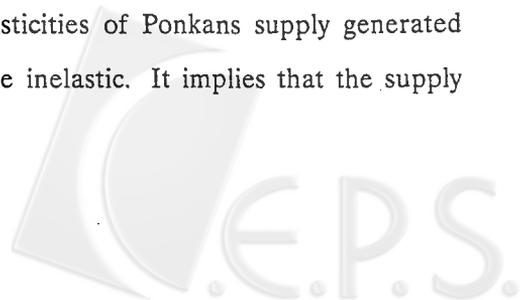
Joyce Jong-Wen Wann and Yu-Chuan Lin
Research Institute of Agricultural Economics,
National Chung Hsing University

Citrus-Ponkans have been an important traditional fruit crop in Taiwan. Recently, the Ponkans industry has arisen a deficit under the production costs soaring. Meanwhile, the fast changing economic environment has placed tremendous impacts on the Ponkans industry. However, significant adjustment in planting acreages and production of Ponkans have not been observed which might be attributed to the perennial crop characteristics of Ponkans. Because the bearing tree productions by age are not the same, the supply behavior of Ponkans includes a new planting decision involving long term investment plans and removal decisions of the short run adjustment. Both of the decision behavior thus need to be analyzed separately.

In order to econometrically estimate these structural equations separately sufficient data are required. But such data are not available indeed. This study intends to solve the data deficiency by adopting the state-space model in conjunction with an optimal estimates generating iterative algorithm, the Kalman filter, to analyze the dynamics of the Ponkans supply response.

Major empirical results are summarized in the following:

(1) The short-run and long-run price elasticities of Ponkans supply generated from the Kalman filter iterative algorithm are inelastic. It implies that the supply



decisions of Ponkan growers are not so easy to be adjusted due to the fact that perennial crops cannot be adjusted suddenly.

(2) Currently, the Ponkans acreage of second age category (2-6 years old) is the highest among the five age groups of Ponkans. Because it is the younger age category, the per tree yield of Ponkans will continue to increase in the near future.

(3) Over the years, the removal acreage of the second age category and the fourth category exhibit a slightly lower range of variation. However, the third and the fifth age categories exhibit somewhat greater variability due to old tree retirement and diseases.

(4) Existing acreage in older age categories has less influence on new plantings than does existing acreage in younger age tree groups. Ponkan grower decisions mostly depend on the production of existing trees, and the effects of economic factors such as expected market returns are neglected.

