

聖嬰現象對台灣氣候之影響 與預測價值之估計

朱蘭芬*、陳吉仲**、張靜貞***

溫室效應使得全球的氣候更加不穩定，而短期的聖嬰現象所導致的氣候變遷對農業經濟的影響已逐漸在擴大，如何將聖嬰預測的訊息適時的公佈，使得農民可以及時調整其生產決策以降低氣候變異之衝擊已經成為重要之研究課題。本研究將以台灣的稻米產業為例，來估計聖嬰預測對台灣稻米產業的潛在價值，進行之步驟有二，首先估計出聖嬰現象對台灣稻米產出的影響，接著將此影響帶入農業供需均衡模型中，並利用貝氏定理來求出聖嬰現象的預測價值。實証結果發現聖嬰年對中南部的一期稻作產出有正面的影響，影響的幅度在 2.2% 至 8.3% 左右，至於反聖嬰年與正常年對稻米一期與二期產出的影響則較無規則可循。其次，當聖嬰現象能被準確預測且農民能採取適當的因應措施時，全體社會的福利可增加 2,451 百萬元，此即為聖嬰預測的潛在價值。

關鍵詞：聖嬰現象、氣候、預測價值

* 國立中興大學應用經濟系研究生，Email: minipuppy.566@yahoo.com.tw

** 通訊作者，國立中興大學應用經濟系助理教授，Email: mayjune@nchu.edu.tw，Phone: 04-22858137，本研究為 89 及 90 年度行政院國科會專題研究計劃（NSC 89-2415 -H- 005 -010-，NSC 90-2621-Z001-003）之部份成果。

*** 中央研究院經濟研究所研究員，Email: emily@econ.sinica.edu.tw

本文文稿審查作業之執行由林啟淵編輯負責。

農業經濟叢刊（Taiwanese Agricultural Economic Review），8:2（2003），141-178。

中國農村經濟學會出版

I、前言

根據聯合國跨國氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 的統計報告發現, 在 1988 至 1997 年的十年當中, 全世界因氣候變遷而損失的金額已超過 2,900 億美元; 而台灣在 1990 年至 1999 年中因水災和乾旱所造成的農業損失約 18 億美元, 約佔十年來農業總產值的 4%。這些氣候變遷導致的經濟損失主要是集中在農作物、漁業以及水資源等三個部門。就台灣去年 (2001) 的第二期水稻的收穫情形而言, 由於南部地區在九月的收割期間連續每天下雨, 過多而集中的雨量使得第二期的水稻收穫量與品質皆大幅下滑, 因而導致白米在十月份的市場價格上漲。從上述的例子即可發現氣候的變化對台灣農作物的產出及其市場有著重大的影響。

因溫室效應所產生的氣候變化可分為長短期兩方面, 長期的氣候變化是指溫度與雨量的變動, 短期的氣候變化則以聖嬰現象 (El Niño-Southern Oscillation, ENSO) 為主, 本文之主要研究範圍在於聖嬰現象所造成短期的氣候變遷對台灣的氣候及經濟影響。基於稻米是台灣的主要糧食作物, 其所提供的每人每日熱量的 17.9%, 是所有產品中提供我們所需熱量最多的產品。另外以 2001 年的資料為例, 稻米的產值佔農業總產值的 12.5%, 且其兩期的耕作面積佔總耕地面積的 41.65%, 顯示了稻米是所有農產品中最重要產品之一, 因此稻米是本文的研究對象。

但是在研究聖嬰現象與台灣氣候之間的關係時, 國內目前之研究結果如蕭政宗 (2000) 與盧孟明 (1990) 等認為聖嬰現象與台灣的氣候 (溫度與雨量) 之間的關聯性不大, 但蕭盧兩篇文章是直接利用統計學中的相關係數來檢定南方振盪指數 (Southern Oscillation Index, SOI) 及海面平均溫度與台灣的氣候之關係, 因聖嬰現象的形成至影響台灣的溫度與雨量之遞延時間可能有數個月份之久, 因此蕭一文中亦有考慮到振盪指數的遞延與溫度與雨量之間的關係, 然

而這些所有遞延的月份之振盪指數可能會共同影響台灣地區的某一月份之溫度和雨量，因此只由相關係數是無法檢定出兩者之關係。故本文將針對此問題以嚴謹的計量方法來驗證聖嬰現象是否與台灣的氣候有關，如果檢驗結果顯示有高度相關，再利用 SOI 來估計聖嬰現象對台灣稻米產出的影響。採用此二階段估計方式的動機在於稻米的單位產出並不是直接受到聖嬰現象的影響，而是受到溫度及雨量的影響，因此若先估計聖嬰現象對溫度及雨量的影響，再估計溫度和雨量對稻米產出的影響，應該比直接估計更為準確。

為減少此短期氣候所導致的不利影響，一般可分為事前的預防措施與事後的救濟措施，事前的預防措施是指決策者（包括農民與政府）可利用聖嬰現象的預測資訊來調整其決策，而事後的救濟措施則包括災害救濟與保險等政策，本文將以事前的預測資訊提供所產生的經濟價值為研究對象，分析當政府提供正確之聖嬰預測訊息給農民，供農民在決定稻作耕作面積時之參考，此種訊息的提供將如何減少因氣候的不確定所造成產量與市場價格的波動，進而增進全體社會之福利。

為達本研究之目的，首先估計聖嬰現象對台灣的氣候與稻米產出的影響，接著再將這些的影響納入一隨機性之經濟決策模型，模擬有無聖嬰現象資訊時的經濟價值。本文的架構安排如下，第二節介紹聖嬰現象以及其與台灣氣候的關係；第三節則以計量的方式估計出聖嬰現象對台灣稻米產出的影響；第四節則是建立一台灣的隨機部門模型以模擬聖嬰現象預測的價值；第五節是實証結果；最後則是結論。

II、聖嬰現象與台灣氣候的關係

聖嬰為 El Niño 及 Southern Oscillation 之合稱。El Niño 一詞起源於 17 世紀，其意思為基督之子或年幼的基督。百餘年前，厄瓜多爾至秘魯沿海漁民發現，每隔數年的聖誕節前後會有一股「反流」，使沿海的海面溫度異常

上升攝氏 1 到 2 度，且持續數月之久，造成漁獲量減少。在這段漁獲量減少的期間，漁民總是藉此期間休息、整修裝備並和家人團聚，但在某些年份裡海流的溫度會特別高，此時不僅漁獲量減少，鳥類亦因魚類減少而大量死亡。南美各地也造成異常之降雨，由於天災不斷擾亂了漁民的生活，在當時資訊有限的年代，當地居民將之視為上帝的懲罰，因為總在聖誕前後發生，所以稱為「聖嬰」(涂建翊、余嘉裕，1998)。

聖嬰現象每 2-7 年發生一次，發生規模與強度並沒有一定的規律，其生命週期一個循環約為四年，經發展、成熟到衰退等階段前後可達一年半至二年之久。一般而言，科學界是以海平面溫度或者是南方振盪指數 (SOI) 來定義聖嬰現象，所謂 SOI 是指大溪地氣壓壓力減去澳洲達爾文氣壓壓力，兩者壓力差稱為南方振盪指數，根據 Chen (1982)與 Trenberth (1997)指出，當 SOI 為負時，其為聖嬰，當 SOI 為正時，其為反聖嬰。另外亦可由海平面溫度來定義聖嬰現象，以北緯 5 度至南緯 5 度、西經 120 度至西經 170 度範圍的平均海溫變化做為聖嬰現象強弱的指標，此以 Niño3.4 為代稱。當 Niño3.4 之平均海溫距平 (anomaly) 經過五個月平均後，其值連續六個月以上大於攝氏 0.4 度，即為聖嬰現象；反之，海溫距平小於攝氏 0.4 度，即為反聖嬰現象，其它情形則為正常狀態。本研究所指的聖嬰現象是以 SOI 所定義而得。

聖嬰現象主要影響範圍，集中在赤道太平洋地區，要估計出聖嬰現象對台灣稻米產出的影響，就須先了解聖嬰現象對台灣氣候的影響，在聖嬰現象與台灣氣候的文獻很多，其中吳明進 (1986) 指出在聖嬰現象發生時，台灣地區中南部初夏梅雨量可能增加；另外唐存勇和吳明進 (1992) 則認為聖嬰現象發生時，梅雨期降雨量較多，冬季則較乾燥；然而蕭政宗 (1990) 指出台灣地區之降雨量與聖嬰現象之關聯性不大，以個別月份而言，僅二、三月降雨量與海面溫度之相關係數較大；而涂建翊、余嘉裕 (1998) 指出聖嬰現象對台灣影響與冬天的溫度、侵颱風頻率及春天的雨量有較明顯的關係；由於上述之分析雖指出聖嬰現象對台灣和地區的溫度和雨量可能有某種關係存

在，但是影響的大小、方向、與規律性均尚無定論，因此在研究聖嬰現象對台灣的稻米產出影響之前，將先估計振盪指數對台灣的溫度及雨量之影響。

如前所述，當聖嬰現象產生時會對東西太平洋的氣壓有影響，透過與海面溫度的交互作用和貿易風的傳遞，影響到台灣的溫度與雨量之時間可能有數月之久，另外因為 SOI 的資料是月資料，當聖嬰現象發生時，這些月資料的 SOI 會變動，但是這些變動開始影響到台灣的月溫度及雨量時會有遞延的效果。如台灣當年 6 月的溫度可能受到當年 1 - 5 月和前一年 6 - 12 月的 SOI 影響，至於前期各月的 SOI 是否對當期台灣地區某一月份的溫度有影響則需視估計之 t 值與估計係數而定。SOI 對台灣溫度及雨量的估計式如下：

$$Y_{im} = f_i(SOI_1, \dots, SOI_{m-1}, LSOI_m, \dots, LSOI_{12}) + \varepsilon_{im} \quad (1)$$

其中各變數的下標

i 代表地區， $i=1,2,3,\dots,11$ ，分別為台北縣、新竹縣、台中縣、南投縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣、台東縣；

m 代表月份， $m=1, \dots, 12$ ；

ε_{im} 為一隨機誤差項；

Y_{im} 為 i 地區 m 月的平均溫度 ($Temp$) 或雨量 ($Rain$)；

SOI_{m-1} 為當年 $m-1$ 月的 SOI；

$LSOI_m$ 為前一年 m 月的 SOI。

(1)式為一線性的複迴歸方程式，可利用普通最小平方法來進行估計，因此平均溫度和雨量的估計方程式可改寫為：

$$Temp_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \alpha_j * SOI_j + \sum_{j=m}^{12} \alpha_j * LSOI_j + \varepsilon_{im}$$

$$Rain_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \beta_j * SOI_j + \sum_{j=m}^{12} \beta_j * LSOI_j + \varepsilon_{im}$$

表 1 中的數據為(1)式估計式的判定係數，判定係數可代表台灣各地區

的溫度和雨量受到聖嬰現象間影響的解釋能力，當愈接近一時表示台灣的氣候完全受到振盪指數（或聖嬰現象）的影響。由表 1 可發現，單就台北縣來看其一月、三月、四月、六月、九月的溫度與振盪指數間的判定係數（皆在 71% 以上）遠高於其它月份的判定係數，因此台北地區春天以及六月和九月的溫度較會受到聖嬰現象的影響；另外二月、五月、六月、七月、十月的雨量也和振盪指數有密切相關，其判定係數亦在 70% 以上。

表 1 台灣各地區的氣候和振盪指數之判定係數

| 溫度 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 台北 | 0.77 | 0.52 | 0.77 | 0.79 | 0.53 | 0.71 | 0.59 | 0.66 | 0.80 | 0.47 | 0.49 | 0.64 |
| 新竹 | 0.77 | 0.50 | 0.81 | 0.71 | 0.67 | 0.65 | 0.67 | 0.50 | 0.84 | 0.61 | 0.46 | 0.78 |
| 台中 | 0.87 | 0.58 | 0.85 | 0.66 | 0.69 | 0.52 | 0.52 | 0.83 | 0.60 | 0.70 | 0.40 | 0.76 |
| 南投 | 0.86 | 0.48 | 0.91 | 0.56 | 0.35 | 0.86 | 0.75 | 0.78 | 0.82 | 0.76 | 0.32 | 0.76 |
| 嘉義 | 0.73 | 0.44 | 0.87 | 0.58 | 0.80 | 0.61 | 0.55 | 0.78 | 0.62 | 0.89 | 0.38 | 0.83 |
| 台南 | 0.85 | 0.46 | 0.85 | 0.65 | 0.50 | 0.71 | 0.55 | 0.82 | 0.61 | 0.70 | 0.46 | 0.69 |
| 高雄 | 0.88 | 0.60 | 0.88 | 0.70 | 0.55 | 0.39 | 0.40 | 0.91 | 0.48 | 0.67 | 0.42 | 0.70 |
| 屏東 | 0.81 | 0.54 | 0.94 | 0.56 | 0.61 | 0.47 | 0.61 | 0.85 | 0.47 | 0.40 | 0.33 | 0.76 |
| 宜蘭 | 0.75 | 0.57 | 0.89 | 0.65 | 0.58 | 0.61 | 0.68 | 0.75 | 0.62 | 0.57 | 0.39 | 0.73 |
| 花蓮 | 0.67 | 0.48 | 0.96 | 0.60 | 0.43 | 0.57 | 0.48 | 0.83 | 0.73 | 0.50 | 0.40 | 0.80 |
| 台東 | 0.73 | 0.60 | 0.88 | 0.69 | 0.36 | 0.28 | 0.47 | 0.78 | 0.48 | 0.56 | 0.37 | 0.84 |
| 雨量 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 台北 | 0.66 | 0.82 | 0.63 | 0.58 | 0.73 | 0.85 | 0.91 | 0.47 | 0.51 | 0.81 | 0.48 | 0.55 |
| 新竹 | 0.69 | 0.63 | 0.77 | 0.63 | 0.79 | 0.81 | 0.62 | 0.46 | 0.61 | 0.76 | 0.61 | 0.65 |
| 台中 | 0.88 | 0.72 | 0.90 | 0.78 | 0.81 | 0.44 | 0.45 | 0.35 | 0.68 | 0.73 | 0.70 | 0.60 |
| 南投 | 0.84 | 0.72 | 0.92 | 0.78 | 0.85 | 0.48 | 0.47 | 0.55 | 0.47 | 0.75 | 0.67 | 0.59 |
| 嘉義 | 0.44 | 0.82 | 0.91 | 0.76 | 0.91 | 0.49 | 0.51 | 0.37 | 0.79 | 0.62 | 0.75 | 0.44 |
| 台南 | 0.57 | 0.75 | 0.88 | 0.71 | 0.87 | 0.59 | 0.53 | 0.62 | 0.72 | 0.75 | 0.89 | 0.62 |
| 高雄 | 0.57 | 0.75 | 0.88 | 0.71 | 0.87 | 0.59 | 0.53 | 0.62 | 0.72 | 0.75 | 0.89 | 0.62 |
| 屏東 | 0.38 | 0.37 | 0.70 | 0.66 | 0.71 | 0.40 | 0.77 | 0.69 | 0.68 | 0.78 | 0.65 | 0.83 |
| 宜蘭 | 0.80 | 0.66 | 0.75 | 0.42 | 0.85 | 0.74 | 0.43 | 0.45 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.87 |
| 花蓮 | 0.55 | 0.63 | 0.94 | 0.75 | 0.83 | 0.39 | 0.65 | 0.67 | 0.83 | 0.73 | 0.73 | 0.70 |
| 台東 | 0.66 | 0.77 | 0.71 | 0.78 | 0.61 | 0.10 | 0.64 | 0.43 | 0.58 | 0.80 | 0.45 | 0.88 |

資料來源：本研究計算結果。

就全台灣的地區而言，我們將台灣分成四個地區後，就某一地區所包含的溫度、雨量之判定係數同時達到 70% 以上者視為該地區的溫度和雨量會受到振盪指數的影響。首先就溫度而言，以北部地區的一月、三月、四月及九月的溫度受到聖嬰現象的顯著影響；中部地區與南部地區則是一月、三月、八月、十月、十二月的溫度與振盪指數有顯著的關係；東部地方則是三月、八月、十二月的溫度會受到振盪指數（或聖嬰現象）的影響。就雨量而言，北部的五、六月及十月的雨量會受到聖嬰現象的影響，而中部的一月至五月和十月的雨量會受到聖嬰現象的影響，南部地區則是三、四、五、九及十一月的雨量會受到聖嬰現象的影響；而東部地區則只有三月和十二月的雨量會受影響。因此表 1 顯示聖嬰現象對台灣不同地區的溫度和雨量在不同的季節有不同的影響，而其共同影響台灣各地區的溫度有三月、八月和十二月，雨量方面則是較集中在春雨（三至五月的雨量）。

經由(1)式的估計式可求得各聖嬰現象對台灣各地區的溫度和雨量之影響，以 1982 年的聖嬰年對 i 地區的溫度與雨量之影響為例，其計算式如下：

$$\frac{\partial Temp_{im}}{\partial SOI_{1982}} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\alpha}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=m}^{12} \hat{\alpha}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j) \quad (2)$$

$$\frac{\partial Rain_{im}}{\partial SOI_{1982}} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\beta}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=m}^{12} \hat{\beta}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j) \quad (3)$$

其中 $Temp_{im}$, $Rain_{im}$ 為 i 地區 m 月的溫度和雨量， $MSOI_j$ 是指歷年來 j 月份的平均 SOI； $LMSOI_j$ 是指遞延一年的 j 月份的平均 SOI； $SOI_{1982,j}$ 是指 1982 年時 j 月份的 SOI； $LSOI_{1982,j}$ 是指 1982 年時遞延一年的 j 月份之 SOI。

利用(2)與(3)分別求得 1981 年至 2000 年各年 SOI 對台灣地區的溫度和雨量之影響，再經由附表 1 的各年是否為聖嬰或反聖嬰年的關係，將所計算

之影響做平均，如果過去 20 年中共有 6 次的聖嬰年，將這些聖嬰年的影響相加再除以 6，此即為聖嬰年對該地區的溫度與雨量之平均影響程度。同理，亦可求得反聖嬰年和正常年對各地區溫度與雨量的平均影響程度，結果整理如表 2 及表 3。

以表 3 中對台灣各地區的雨量之平均影響為例，聖嬰年對北部地區，如台北及新竹的春雨（二月至四月的雨量）影響是負的，但是反聖嬰年對一、二及四月的雨量之影響是正的。由表 3 亦可發現聖嬰年對中、南及東部的春雨之影響大部份是負的，而反聖嬰年的影響是正的。因此由表 3 可推論出聖嬰年台灣全島的春雨會減少，而反聖嬰年會增加。至於聖嬰現象對夏季和秋季雨量之影響則因地區而有所不同，如聖嬰年會使得嘉義、台南、高雄、屏東及東部的夏季雨量增加，而反聖嬰年則會減少，但是聖嬰現象對中北部夏季雨量之影響則無明顯之規則。

III、聖嬰現象對稻米產出的影響

要估計聖嬰現象對稻米產出的影響，須將聖嬰現象對台灣的溫度、雨量之影響與溫度、雨量對稻米產出的影響結合而得。國內有關稻米生產函數的文獻甚多，早期之文獻多半是以探討價格或要素成本對稻米種植面積與單位面積產量之影響，如陳文雄（1979）利用 1963 年至 1977 年資料，建立各糧區各期稻米種植面積、單位產量及總產量的計量模型，阮全和（1980）利用相同年度的資料建立台灣七個糧食區一、二期水稻種植面積對價格的供給反應函數。Chang（2002）認為稻米的生產函數中的解釋變數除氣候條件外，須包括技術變動、生產面積以及管理能力等，生產技術、耕作面積及管理能力的生產者可控制的因素，而氣候條件則是生產者無法掌握的因素。在這些變數中，生產技術可以時間趨勢來代替，而管理能力則是以全職勞動的投入量來表示，至於氣候條件則可包括雨量和溫度等變數。

表 2 聖嬰現象對台灣各地區溫度之影響

單位：

| | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 台北 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.54 | - | 1.24 | -1.38 | - | 1.27 | - | - | -2.45 | - | - | 1.89 |
| 反聖年 | -0.34 | - | -1.14 | 1.41 | - | 0.03 | - | - | 0.69 | - | - | -0.97 |
| 正常年 | 0.04 | - | 0.16 | 0.19 | - | 0.14 | - | - | 2.64 | - | - | 0.03 |
| 新竹 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 1.72 | - | 2.46 | - | 1.45 | 0.76 | - | - | -1.25 | - | -1.77 | -1.31 |
| 反聖年 | -0.75 | - | -0.71 | - | 0.13 | 0.32 | - | - | 0.41 | - | 0.25 | -0.27 |
| 正常年 | 0.34 | - | 0.40 | - | 0.35 | 0.12 | - | - | -0.21 | - | -0.68 | -0.51 |
| 台中 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.49 | 0.62 | 0.38 | -2.77 | -0.31 | - | - | - | - | - | - | 1.71 |
| 反聖年 | -0.15 | -0.55 | -1.32 | 0.58 | 0.63 | - | - | - | - | - | - | 1.72 |
| 正常年 | 0.06 | 0.05 | 0.10 | -0.29 | -0.06 | - | - | - | - | - | - | 0.66 |
| 南投 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.87 | 2.00 | 0.79 | - | - | 1.06 | 0.42 | - | 0.51 | -0.82 | - | 3.15 |
| 反聖年 | 0.01 | -0.42 | -2.51 | - | - | 0.11 | 0.75 | - | -0.66 | 0.42 | - | 0.70 |
| 正常年 | 0.11 | 0.16 | -0.44 | - | - | 0.16 | 0.18 | - | 0.04 | -0.01 | - | 0.48 |
| 嘉義 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 2.05 | 1.90 | 3.32 | 1.17 | 1.14 | 0.24 | - | -0.46 | - | -0.75 | - | -4.65 |
| 反聖年 | -0.43 | -0.40 | -2.79 | -0.60 | -0.74 | -0.89 | - | 0.24 | - | 0.35 | - | 4.78 |
| 正常年 | 0.16 | 0.15 | -0.17 | 0.02 | -0.03 | -0.18 | - | -0.01 | - | 0.07 | - | 0.37 |
| 台南 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.30 | - | 2.64 | - | - | 0.46 | -0.73 | -1.38 | - | 0.40 | - | 1.37 |
| 反聖年 | 0.40 | - | -0.65 | - | - | 0.20 | 0.37 | 1.46 | - | -2.28 | - | 1.57 |
| 正常年 | 0.15 | - | 0.53 | - | - | 0.07 | -0.01 | -0.16 | - | -0.39 | - | 0.57 |
| 高雄 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.54 | - | 0.13 | -0.55 | - | - | - | -1.00 | - | -1.03 | - | -0.10 |
| 反聖年 | 0.90 | - | 0.34 | 0.69 | - | - | - | 1.80 | - | 0.86 | - | -0.13 |
| 正常年 | 0.22 | - | -0.16 | -0.18 | - | - | - | 0.13 | - | -0.02 | - | -0.50 |
| 屏東 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 0.81 | 1.65 | 2.57 | - | - | - | - | -0.55 | - | - | - | 2.08 |
| 反聖年 | 0.62 | -1.14 | -0.88 | - | - | - | - | 1.26 | - | - | - | -1.79 |
| 正常年 | 0.26 | 0.13 | 0.15 | - | - | - | - | 0.05 | - | - | - | 0.33 |
| 宜蘭 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 1.19 | 1.95 | -1.08 | -1.98 | -1.29 | 1.87 | 0.67 | -0.51 | - | - | - | 2.42 |
| 反聖年 | -0.82 | -1.34 | 1.14 | 1.88 | 1.23 | -1.04 | -0.46 | 1.08 | - | - | - | -2.11 |
| 正常年 | 0.10 | 0.16 | 0.01 | -0.21 | -0.14 | 0.21 | 0.05 | 0.01 | - | - | - | -0.06 |
| 花蓮 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | -0.08 | -2.15 | 2.07 | - | - | - | - | -1.66 | -0.66 | - | - | 4.24 |
| 反聖年 | 0.10 | 1.48 | -1.09 | - | - | - | - | 1.19 | -0.19 | - | - | -4.13 |
| 正常年 | -0.01 | -0.17 | 0.14 | - | - | - | - | -0.04 | -0.38 | - | - | 0.99 |
| 台東 | | | | | | | | | | | | |
| 聖嬰年 | 1.10 | -1.83 | 1.56 | 3.74 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 反聖年 | -0.14 | 1.26 | -0.26 | -3.14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 正常年 | 0.33 | -0.63 | 0.78 | 1.16 | - | - | - | - | - | - | - | - |

資料來源：本研究計算結果。

表3 聖嬰現象對台灣各地區雨量之影響

單位：公釐

| 台北 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
|-----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 聖嬰年 | -87.08 | -128.10 | -18.22 | -181.53 | 216.46 | 289.24 | -1.94 | - | - | 376.75 | - | 217.83 |
| 反聖年 | 146.74 | 46.97 | -184.83 | 225.86 | -341.39 | -265.39 | -32.65 | - | - | 62.16 | - | 39.26 |
| 正常年 | -11.00 | -20.13 | -11.70 | -69.94 | -22.12 | -46.40 | -47.55 | - | - | -121.11 | - | 40.71 |
| 新竹 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | 217.83 | - | -42.89 | -260.15 | 410.63 | -164.06 | -20.12 | 284.17 | - | -67.77 | -114.74 | -67.08 |
| 反聖年 | 296.89 | - | 26.46 | 278.31 | -381.72 | 87.06 | -76.98 | -195.63 | - | 47.80 | 78.86 | 63.77 |
| 正常年 | 40.71 | - | 24.09 | -44.16 | -68.36 | 130.58 | -50.33 | 22.84 | - | -5.55 | 15.12 | -7.04 |
| 台中 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | 50.83 | - | -122.19 | -259.61 | 216.99 | - | - | - | 133.99 | 5.24 | -29.15 | - |
| 反聖年 | -10.77 | - | 46.06 | 277.73 | -28.78 | - | - | - | -112.32 | 20.05 | 69.63 | - |
| 正常年 | 4.63 | - | -2.75 | -44.07 | -14.67 | - | - | - | 2.14 | 13.11 | 28.19 | - |
| 南投 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | 31.31 | - | -113.03 | -148.36 | 109.66 | - | - | -219.27 | - | -107.93 | -73.88 | - |
| 反聖年 | 8.66 | - | 49.65 | 210.20 | -1.71 | - | - | 371.45 | - | 125.21 | 79.69 | - |
| 正常年 | -0.47 | - | 4.25 | -24.29 | -81.66 | - | - | -69.30 | - | 3.54 | -3.03 | - |
| 嘉義 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | - | -44.44 | -108.31 | -185.62 | 360.10 | - | - | - | 720.45 | - | -151.33 | - |
| 反聖年 | - | 28.44 | -23.75 | 235.05 | -434.80 | - | - | - | -416.03 | - | 180.39 | - |
| 正常年 | - | 34.39 | 9.82 | -51.33 | -91.34 | - | - | - | 180.72 | - | 13.51 | - |
| 台南 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | - | - | -90.30 | -225.73 | 81.01 | - | 399.98 | 539.34 | 233.40 | -119.62 | -16.69 | - |
| 反聖年 | - | - | 66.02 | 241.49 | -84.63 | - | -335.28 | -371.30 | -69.95 | 98.87 | 52.92 | - |
| 正常年 | - | - | 10.66 | -38.32 | 65.37 | - | 6.39 | 43.34 | 91.05 | -11.17 | 22.76 | - |
| 高雄 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | - | - | -90.30 | -225.73 | 14.29 | - | 399.98 | 539.34 | 233.40 | -119.62 | -16.69 | - |
| 反聖年 | - | - | 66.02 | 241.49 | -92.34 | - | -335.28 | -371.30 | -69.95 | 98.87 | 52.92 | - |
| 正常年 | - | - | 10.66 | -38.32 | 34.55 | - | 6.39 | 43.34 | 91.05 | -11.17 | 22.76 | - |
| 屏東 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | - | - | -150.47 | -117.84 | - | - | 81.96 | 488.07 | 1.05 | -325.62 | 81.05 | 32.00 |
| 反聖年 | - | - | 104.32 | 126.07 | - | - | 11.90 | -446.31 | 124.43 | 475.62 | -77.54 | -15.14 |
| 正常年 | - | - | -8.15 | -20.00 | - | - | -72.02 | 217.14 | -48.76 | -20.51 | -20.62 | -12.53 |
| 宜蘭 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | -17.22 | -65.20 | - | - | 122.99 | -146.75 | - | - | 494.03 | - | -267.46 | -177.32 |
| 反聖年 | 16.75 | 41.72 | - | - | 32.71 | 76.35 | - | - | -227.77 | - | 98.07 | 252.03 |
| 正常年 | -2.39 | 50.45 | - | - | 33.30 | -36.69 | - | - | -81.22 | - | -42.03 | 7.68 |
| 花蓮 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | 16.06 | - | -58.89 | -162.39 | -63.96 | - | - | - | 40.49 | - | 237.73 | -79.89 |
| 反聖年 | -10.28 | - | 14.26 | 173.73 | 232.32 | - | - | - | 352.47 | - | -184.27 | 23.21 |
| 正常年 | -12.42 | - | 0.72 | -27.57 | 60.58 | - | - | - | 29.83 | - | -62.16 | -26.68 |
| 台東 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 |
| 聖嬰年 | - | - | -51.85 | -35.65 | - | - | - | - | 520.85 | -333.54 | - | - |
| 反聖年 | - | - | 24.22 | 88.73 | - | - | - | - | -51.67 | 408.37 | - | - |
| 正常年 | - | - | 20.57 | -17.25 | - | - | - | - | 97.24 | -96.15 | - | - |

資料來源：本研究計算結果。

本文在估計稻米的產出函數時依照 Segerson 與 Dixon (1999) 以及 Chang (2002) 所採用的解釋變數，但其中氣候資料是以月別資料來取代年別資料，主要是因為考慮稻米的生長應該是受到不同月份的溫度與雨量之影響，而非整年平均的溫度與累積雨量。故本文的稻米產出函數為：

$$Y_{ipt} = f(\text{Time}_{ipt}, \text{Temp}_{ipt,m_j}, \text{Rain}_{ipt,m_j}, \text{Acre}_{ipt}) \quad (4)$$

其中下標 i 與(1)式相同，代表地區； p 表稻作期數， $p=1$ 為一期稻作， $p=2$ 為二期稻作； t 為 1961 至 2000 年的樣本； m_j 表月份， $j = 1 \dots k$ ，指水稻從播種至收割的月份數，因此 m_1 指稻作播種的第一個月份而 m_k 指稻作收割時的月份。式中 Y_{ipt} 為 i 地區 t 年 p 期稻米的單位面積產量； Time_{ipt} 為 i 地區 t 年 p 期的時間趨勢； Temp_{ipt,m_j} 為 i 地區 t 年 p 期的 m_j 月份的溫度； Rain_{ipt,m_j} 為 i 地區第 t 年 p 期的 m_j 月份的雨量； Acre_{ipt} 為表 i 地區 t 年 p 期的稻作面積。

本研究中採用 1961-2000 年的資料，並將台灣劃分為 11 個縣市，故共有 11 條樣本迴歸的估計式。為了確定(4)式之函數關係為線性函數或非線性函數，所以先用 BOX - COX 的概似檢定來加以檢定，實證結果驗證台灣各地區的稻米生產函數均是線性，Box-Cox 檢定的結果見附表 2。

在估計稻米的生產函數時可能會存在變異數的非均齊性 (heteroscedasticity) 問題，故將(4)式改寫為：

$$Y_{ipt} = f(x_{ipt}) + h^2(x_{ipt})\varepsilon \quad (5)$$

其中 x_{ipt} 為上述之解釋變數之向量。估計方法上有可行之一般化最小平方法 (Feasible Generalized Least Square, FGLS) 或最大概似推定法 (Maximum likelihood Estimate, MLE)，根據 Saha (1997) 的研究指出，MLE 較 FGLS 更有效率，因此，本研究以 MLE 來估計稻米的生產函數，則某一地區 i

的概似函數型態為：

$$\ln L_{ip} = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \ln(h^2(x_{ipt})) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_{ipt} - f(x_{ipt}))^2}{h^2(x_{ipt})} \quad (6)$$

其中 n 為樣本個數， $h^2(x_{ipt})$ 為非均齊變異中由解釋變數所解釋的部分， $f(x_{ipt})$ 為稻米的產出函數。若 $h^2(x_{ipt})$ 所估計出來之係數值不顯著時，表示非均齊性問題不存在。

利用最大概似推定法所估計的 11 縣市第一與第二期之稻米產出函數列於附表 3 至附表 13，從這些附表中的數據可發現，在稻米在收割前的三個月份時，過多的雨量會減少稻米的產出，如台北的二期、新竹的一期、台中的一二期、南投的一期、嘉義的二期、屏東的二期、宜蘭的二期以及台東的一、二期；但是在稻米剛播種時豐富雨量對稻米的產出會有正面影響，如台北、新竹及台中的一、二期、南投與嘉義的一期、台南與高雄的二期、宜蘭的一期、花蓮與台東的二期。此顯示出在水稻剛播時較需要雨量，而在收割前的雨量是愈少愈好，這些實証結果與實際的稻米生長情形相符合。在溫度方面，溫度的上升對各地（除屏東之外）的稻米一期產出皆有正面的影響，由於一期耕種時期的溫度較低，而水稻又較適合在熱帶地區播種，因此較暖和的氣候將有助稻米的生長；至於溫度對第二期稻米產出的影響則視各地情形而異，沒有固定之影響方向。由於聖嬰對各地區氣候特徵之影響與時間落遲互異，因此要產生聖嬰對台灣稻米產出的影響，必須採用以下之方式來計算，以台北地區為例，

因台北縣第一期的稻米生長受到 2 月至 7 月份的溫度與雨量影響，故台北第一期的稻米產出函數估計結果如式(7)：

$$Y = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 Time + \sum_{m=2}^7 \hat{\gamma}_m Temp_m + \sum_{m=2}^7 \hat{\phi}_m Rain_m + \hat{\lambda} Acre \quad (7)$$

1982 年聖嬰對台北的稻米第一期產出之影響的計算過程如下：

步驟一、估計 1982 年聖嬰年對台北各月份的溫度與雨量之影響：

$$\frac{\partial Temp_m}{\partial SOI_{1982}} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\alpha}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=1}^{12} \hat{\alpha}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j) \quad (8)$$

$$\frac{\partial Rain_m}{\partial SOI_{1982}} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\beta}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=1}^{12} \hat{\beta}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j) \quad (9)$$

其中 $MSOI_j$ 是歷年來 j 月份的平均 SOI； $LMSOI_j$ 是遞延一年的 j 月份的平均 SOI； $SOI_{1982,j}$ 是 1982 年時 j 月份的 SOI 數； $LSOI_{1982,j}$ 是 1982 年時遞延一年的 j 月份之 SOI。

步驟二、由(7)式可得 m 月份的溫度與雨量對台北地區的稻米產出之影響：

$$\frac{\partial Y}{\partial Temp_m} = \hat{\gamma}_m \quad (10)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial Rain_m} = \hat{\phi}_m \quad (11)$$

步驟三、1982 年聖嬰年對台北地區的稻米產出之影響

1982 聖嬰年對台北地區的稻米產出之影響為式(8)乘上式(10)再加上式(9)乘上式(11)，亦即：

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial SOI_{1982}} &= \sum_{m=2}^7 \frac{\partial Y}{\partial Temp_m} * \frac{\partial Temp_m}{\partial SOI_{1982}} + \sum_{m=2}^7 \frac{\partial Y}{\partial Rain_m} * \frac{\partial Rain_m}{\partial SOI_{1982}} \\ &= \sum_{m=2}^7 \hat{\gamma}_m * \frac{\partial Temp_m}{\partial SOI_{1982}} + \sum_{m=2}^7 \hat{\phi}_m * \frac{\partial Rain_m}{\partial SOI_{1982}} \end{aligned}$$

同理，亦可求得出反聖嬰年及正常年等年份對各地區的稻米產出之影響，將各年的稻米產出影響依據聖嬰年、反聖嬰年及正常年的年份定義（如附表 1）加總，並除以 2000 年各地區的各期稻米產出，則可得出聖嬰現象

對稻米產出影響的百分比，如表 4。

表 4 聖嬰現象對稻米產出之影響

單位：%

| 地區 | 一期稻作 | | | 二期稻作 | | |
|----|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| | 聖嬰年 | 反聖嬰年 | 正常年 | 聖嬰年 | 反聖嬰年 | 正常年 |
| 台北 | 5.6 | -4.35 | -0.47 | -0.29 | 0.08 | 0.31 |
| 新竹 | 0.79 | 3.72 | 0.08 | -7.62 | -8.74 | 10.29 |
| 台中 | 0.83 | -2.89 | -0.63 | -0.20 | 2.15 | -1.55 |
| 南投 | 3.76 | 2.73 | -1.77 | -1.07 | 3.28 | -0.90 |
| 嘉義 | -0.66 | -0.11 | 1.25 | 14.58 | -12.52 | 11.00 |
| 台南 | 5.81 | 0.48 | -1.99 | 0.02 | 0.04 | -0.05 |
| 高雄 | 6.90 | -0.88 | 0.09 | -9.51 | 6.19 | -4.94 |
| 屏東 | 21.38 | -25.55 | -17.96 | 8.14 | -5.97 | -1.89 |
| 宜蘭 | -3.72 | -0.19 | -1.53 | -9.72 | 2.95 | -7.91 |
| 花蓮 | -1.06 | 5.71 | 1.44 | -2.08 | -2.94 | -2.10 |
| 台東 | 5.30 | -11.78 | 0.08 | -- | -- | -- |

資料來源：本研究計算結果

由表 4 結果發現當聖嬰年發生時，其對中南部的一期稻作產出是正的影響，而影響的幅度在 2.2 至 8.3% 左右，至於反聖嬰年與正常年對稻米一期與二期產出的影響較無規則可循，其原因乃在聖嬰現象對各地區的溫度與雨量的影響不同。

IV、隨機性農業部門模型

本文的研究目的之一是在估計聖嬰現象對台灣稻米產業的預測價值，由於稻米是國內的主要農作物之一，當有聖嬰訊息提供給農民時，農民會調整作物的生產面積，因此分析工具必須包含各種農作物。本研究是以農業部門模型 (Agricultural Sector Model, ASM) 作為實証模型之基礎，根據

Samuelson (1952)、Takayama 與 Judge (1964) 及 McCarl 與 Spreen (1980) 等人之研究指出，部門模型主要建立在競爭市場的假設下，即個別生產者和消費者為價格接受者，個別消費者在預算限制與價格給定條件下來追求效用極大，所求得之需求量為價格的函數，再透過個別消費者的需求之加總求得市場的需求線。同理，生產者在生產函數與價格之限制條件下追求利潤極大化，所得供給量為價格、技術等變數的函數，加總所有生產者的供給即可求得市場之供給曲線。

在競爭市場中，由市場供給線與需求線所共同決定均衡價格與數量即為市場均衡的價格與數量。因此，模型中的農產品市場和要素市場中分別給定一組需求和供給，透過供需均衡所求得競爭性的均衡解即為供給線與需求線之交點，供需交點與縱軸所夾之面積即為消費者剩餘與生產者剩餘之總和。

4.1 隨機性的農業部門模型

農業生產通常具有不確定性，生產的不確定性會導致農產品產量無法確定而造成農民收入的不穩定。因此，在考慮風險狀態下的生產行為時，應先考慮將氣候因素的變異納入風險決策模型中，其次也要考慮此種風險背後隱含的機率分配之型態及決策者對此風險的反應，因此上述所介紹的農業部門模型須修改為一隨機性的農業部門模型 (Stochastic Agricultural Sector Model)。在隨機性的農業部門模型中，有關決策者在面對不確定及有無預測資訊時的決策過程可說明如下：

首先，假設農民並沒有任何的聖嬰預測之資訊時，農民在價格與產量未知的情況下會根據過去的經驗來決定種植面積，因此面積是在不確定因素（如價格和產量）未知前就先行決定的。由於生產過程中會受到氣候條件的影響，因此單位產出將視各種氣候條件而定，風調雨順的氣候會使得產出較高，而乾旱、豪雨或高低溫的變化可能使得單位產出下降，因此最終的產量（面積乘上單位產出）也就是市場上的供給量將視各種不同氣候或自然狀

況下 (state of nature) 而異。最後，產品在消費與加工市場上的需求則必須與市場的供給量及價格同時透過供需均衡法則來決定。然而當農民在決定作物的耕種面積之前就獲得聖嬰預測的資訊時，則決定作物面積的決策將會因此資訊而有所調整。舉例而言，若聖嬰年對稻米的單位產出有正面的影響而反聖嬰年會有負面的影響時，一旦預測下一年為聖嬰年，則農民將會增加稻米的生產面積；反之，若預測為反聖嬰年時，則農民會減少稻米的生產面積。本文所建構之隨機性農業部門模型即包含了此種的決策調整過程，其數學式如下：

目標函數為：

$$\begin{aligned} \text{MAX } CSPS = & \sum_x P(x) * \sum_s \{P(s|x) * \\ & [\sum_i \int H(DQ_{isx}) dDQ_{isx} + \sum_i J(MQ_{isx}) dMQ_{isx} - \sum_i K(XQ_{isx}) dXQ_{isx}] \} \\ & - \sum_k \alpha_k (L_k) dL_k - \sum_k \omega_k (O_k) dO_k - \sum_i \sum_k C_{ik} X_{ik} \end{aligned} \quad (12)$$

限制式為：

$$DQ_{isx} - \sum_k (Y_{ik} * (1 + Y_{risk,iks}) - MQ_{is} + XQ_{isx}) X_{isx} \leq 0 \quad \forall i, s, x \quad (13)$$

$$\sum_i X_{ik} - L_k \leq 0 \quad \forall k \quad (14)$$

$$\sum_i f_{ik} X_{ik} - R_k \leq 0 \quad \forall k \quad (15)$$

$$\sum_i g_{ik} X_{ik} - O_k \leq 0 \quad \forall k \quad (16)$$

其中：

x ：預測聖嬰事件

s ：發生聖嬰事件

i ：國內農產品的種類

k ：國內各個地區

DQ_{isx} ：預測聖嬰事件 x 時，國內農產品的在聖嬰事件 s 下的需求量

MQ_{isx} : 預測聖嬰事件 x 時，實際發生聖嬰事件 s 下，國內對農產品進口的
 需求量

EQ_{isx} : 預測聖嬰事件 x 時，實際發生聖嬰事件 s 下，國內對農產品出口的
 需求量

C_{ik} : 為 i 種產品，生產地 i 種產品生產活動中的每單位變動生產成本

Y_{ik} : 為 i 種產品在第 k 地區中，生產活動中的每單位面積產量

X_{ik} : 為各個地區，第 i 種產品的生產活動

$Yrisk_{iks}$: 為 i 種產品在第 k 地區中每單位面積產量，在預測聖嬰事件下受氣
 候影響變異的部分

g_{ik} : 為在第 k 地區中，生產第 i 種產品每單位面積所需的其他要素

f_{ik} : 為在第 k 地區中，生產第 i 種產品每單位面積所需的勞動

L_k : 為在第 k 地區中的土地供給量

R_k : 為在第 k 地區中的勞動供給量

O_k : 為在第 k 地區中的其它要素供給量

$H (DQ_{isx})$: 表國內農產品的反需求函數

$J (MQ_{isx})$: 表國內進口農產品的反需求函數

$K (MQ_{isx})$: 表國內出口農產品的反需求函數

$\alpha_k (L_k)$: 表土地的供給函數

$\beta_k (R_k)$: 表勞動的供給函數

$\omega_k (O_k)$: 表其它要素的供給函數

此模型的目標函數(12)式為一社會淨福利極大化之函數，式中之第二行為國內產品市場之需求線底下面積加上進口需求函數底下面積再減去出口供給函數底下之面積，而第三行為要素市場供給線底下面積和生產成本，由於(12)式淨福利之計算是以機率值來加總，因此該福利值是一預期的福利值。其次，(13)式為國內農產品的供需均衡的限制條件，由於稻米的單位產出會受到聖嬰現象的影響，故市場之供給量為生產量加上一個產量變異項 ($Yrisk$)，此值即為表 4 之數值，此值小於零，表示聖嬰現象對稻米的單位

產出有負面的影響，大於零表示聖嬰現象對稻米的產出有正面的影響。(14)式表勞動供需的均衡式，在農作物生產的過程中，總勞動需求必須小於或等於農家自給的勞動與農家雇工兩者之供給。(15)式表土地供需的均衡式，本研究的土地可分為農作物用地、畜產品用地、林業用地，農作物生產面積必須小於可供使用之農作物用地；而(16)式為其它投入要素的供需均衡式。

4.2 模型範圍與資料來源

本研究所建構之隨機性農業部門模型共計有 106 項農畜產品，其中初級產品 80 種，次級產品 26 種，如表 5 所示。在生產區域方面共劃分為 15 縣市，分別為台北縣、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、雲林縣、南投縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣、及台東縣。

表 5 隨機性農業部門模型之產品別

| | |
|----------|---|
| 初級產品(80) | 稻米、玉米、高粱、小麥、大豆、落花生、紅豆、甘藷、馬鈴薯、茶、製糖甘蔗、生食甘蔗、胡麻、蘿蔔、胡蘿蔔、薑、蔥、洋蔥、蒜頭、韭、竹筍、蘆筍、筴白筍、甘藍、花椰菜、結球白菜、不結球白菜、胡瓜、苦瓜、番茄、豌豆、毛豆、西瓜、洋香瓜、香菇、香蕉、鳳梨、椪柑、桶柑、文旦柚、柳橙、檸檬、葡萄柚、芒果、番石榴、蓮霧、葡萄、枇杷、李、桃、柿、梅、荔枝、楊桃、隆眼、棗、梨、蘋果、木瓜、番荔枝、百香果、椰子、檳榔、菊花、唐菖蒲、玫瑰、滿天星、其他花卉、牛、豬、羊、牛奶、肉鵝、肉鴨、白肉雞、土雞、雞蛋、針葉原木、闊葉原木、竹。 |
| 次級產品(26) | 大豆油、麵粉、玉米油、大豆粉、麩皮、澱粉、糖、豬飼料、肉牛飼料、羊飼料、雞飼料、鴨飼料、鵝飼料、乳牛飼料、牛肉、豬背脊肉、排骨肉、肩胛肉、腹脅肉、後腿肉、豬內臟、雞腿、雞胸肉、雞雜、針葉樹製品、闊葉樹製品。 |

註：括弧內為該類別中的產品個數。

就資料來源而言，各項產品皆必須蒐集供給面和需求面之資料，供給面資料主要包括生產成本、生產量、價格及進出口量；需求面則有消費量、價格、彈性值與出口量，而這些資料來源包括台灣農業年報、物價統計月報、生產成本與農民生產所得統計年報、台灣農業價格與成本月報、台灣地區農產品批發市場年報等統計期刊，而模型之供需函數之彈性則從各種文獻而得。

4.3 模型檢定

上述資料的基期年是以 2001 年為基礎，當模型的解和實際資料接近時，則表示模型已完成檢定，可做為聖嬰現象預測價值的模擬。由附表 14 可發現表中顯示除高粱和木瓜外，產量與價格之誤差皆在 10% 以下，因此模型通過檢定。

V、聖嬰現象的預測價值

本研究在估計聖嬰現象的預測價值時，須比較無聖嬰現象預測訊息下的福利與有訊息時的福利之差異，故模擬的情境有兩種。第一種是假設在沒有聖嬰預測資訊下的情況，此時(12)式中的 $P(x=\text{沒有訊息})=1$ ， $P(s|x)$ 之機率值代表聖嬰現象自然發生的機率，由於 1961 年到 2000 年之間，聖嬰現象發生 11 次、反聖嬰 8 次、正常年共 21 次，因此我們假設三種聖嬰現象發生的機率分別為： $P(s=\text{聖嬰}|x=\text{沒有訊息})=11/40$ 、 $P(s=\text{反聖嬰}|x=\text{沒有訊息})=8/40$ 、 $P(s=\text{正常}|x=\text{沒有訊息})=21/40$ 。

第二種模擬是假設在農民在決定生產何種作物前，已獲得對聖嬰預測的資訊，根據貝氏定理，要計算出 $P(s|x)$ 時，需先將 $P(s|x)$ 計算出來， $P(s|x)$ 代表農民對聖嬰現象的信賴程度，機率愈高表示信賴度愈高。因目前

對於聖嬰現象科學家幾乎可以百分之百的預測，故本研究僅針對準確預測（即聖嬰現象的預測與事後發生的事件一致）時所帶來的經濟福利作分析。本文假設在準確預測的情況下，聖嬰現象實際發生的機率 = 1，即 $P(s=E|x=E)$ 、 $P(s=L|x=L)$ 、 $P(s=N|x=N)$ 的機率值為 1，而 $P(x)$ 在聖嬰、反聖嬰與正常年的機率則為 11/40、8/40、和 21/40。

以下為模擬之結果，首先就福利分配而言，由表 6 可知，聖嬰預測使消費者剩餘增加了 2,285 百萬元，生產者剩餘增加 96 百萬元，貿易部門之福利亦增加了 70 百萬元，社會總福利增加 2,451 百萬元，此社會總福利的增加即是聖嬰現象的預測價值。另外由表 6 也可以得知，有聖嬰預測訊息的情況下，生產者、消費者及貿易部門福利值之變異係數均降低，此變異係數之計算是以標準差除以其平均值，變異係數的降低表示消費者和生產者均會因獲得聖嬰預測訊息且進行決策調整而趨於穩定。

表 6 有無聖嬰預測訊息下社會福利的模擬結果

單位：百萬元

| | 無聖嬰預測的訊息 | | 有聖嬰預測的訊息 | |
|-------|-----------|------|----------------------|------|
| | 福利值 | 變異係數 | 福利值 | 變異係數 |
| 消費者剩餘 | 2,442,122 | 0.20 | 2,444,407 (2,285) | 0.10 |
| 生產者剩餘 | 291,872 | 1.65 | 291,968 (96) | 0.93 |
| 貿易剩餘 | 100,189 | 1.06 | 100,259 (70) | 0.66 |
| 社會總福利 | 2,834,182 | 0.02 | 2,836,633 (2,451) | 0.03 |

註：福利的變異係數之計算是將其標準差除以其平均數，另外括弧內之數值為有無聖嬰現象訊息下的福利值之差異。

資料來源：本研究計算結果。

就國外文獻的估計結果而言，Adams（1995）等人針對美國東南部 13 個地區的玉米、大豆、棉花與高粱等 4 種農作物作分析，結果發現準確預測可為社會帶來 1.5 千萬美元的社會福利；Solow（1998）等人對美國的大麥、玉米、棉花、乾草、馬鈴薯、稻米、高粱等 10 種作物作分析，結果也發現準確的聖嬰預測可為社會帶來 3.2 千萬美元的經濟價值；Chen（1997）等人則是同時考慮不同聖嬰現象的強度，並以美國和世界 7 種作物（玉米、大豆、高粱及 4 種不同種類的小麥）為研究對象，發現準確預測不同強度的聖嬰可使社會增加約 4 億美元的經濟價值。從這些研究結果可顯示出一個相同的結論，即正確的聖嬰預測訊息皆可為社會福利帶來正面的影響。

由表 7 我們可以看出聖嬰預測的提供與使用會造成農產品價格普遍下降，如糧食類的稻米、玉米，根莖類的甘薯、豆類的花生、水果類的木瓜、蕃茄、梨子以及蔬菜類的豌豆、胡蘿蔔、竹筍等，且其價格之變異係數亦大幅降低。本文此處所說的價格變異係數，是指各項農產品之標準差除以其平均數而得來的，是用來比較有無聖嬰現象預測訊息下的價格波動之分散程度，當變異係數值越小，表示資料分散程度相對較小即變化較小且較穩定。由表 7 我們發現除了蔬菜類的豌豆以外，其餘農產品在有聖嬰現象預測的訊息下之變異數係數均較無聖嬰現象預測訊息下之變異係數值為低，其結果顯示出在有聖嬰現象預測的訊息下，農產品價格波動的分散程度較小，換句話說，聖嬰現象預測的訊息對農產品的價格具有穩定的作用，它可以使農民所面對的農產品價格波動變小。就稻米產業而言，有聖嬰預測的訊息下稻米價格由每公斤 26.50 元下降至 25.84 元，稻米的產量則由 119 萬公噸增加至 120 萬公噸，變化雖不大，但仍可說明聖嬰預測資訊的提供類似一種生產技術的進步，可為生產面帶來正面的影響。再由表 7 中的變異係數得知，在有聖嬰預測的訊息下，稻米價格的變異係數由 13.30 降低為 4.99，降低的幅度超過一倍以上，此隱含當有聖嬰現象預測資訊的提供時，農民所面對稻米的生產不確定性之風險將減少，此生產之不確定性風險減少時將會進一步導致市場的價格變動也減少。

表 7 有無聖嬰預測訊息下稻米產量、價格、進口量的變動

單位：元/公斤、公噸

| 農產品類別 | 無聖嬰預測的訊息 | | | 有聖嬰預測的訊息 | | | |
|-------|----------|--------|-------------|----------|--------|-------------|-------|
| | 價格 | 產量 | 價格的 變異係數 | 價格 | 產量 | 價格的 變異係數 | |
| 糧食類 | 稻米 | 26.50 | 1,189,934 | 13.30 | 25.84 | 1,200,318 | 4.99 |
| | 玉米 | 9.98 | 6,198 | 2.28 | 9.90 | 5,970 | 1.74 |
| | 高粱 | 18.68 | 86,012 | 15.81 | 19.78 | 84,877 | 11.32 |
| | 小麥 | 11.32 | 341,399 | -- | -- | -- | 0.96 |
| 根莖類 | 甘薯 | 9.49 | 225,142 | 11.47 | 9.37 | 210,387 | 2.52 |
| | 馬鈴薯 | -- | 13 | -- | -- | 13 | -- |
| 豆類 | 大豆 | 19.72 | 11 | 0.10 | 19.74 | 99 | -- |
| | 花生 | 52.01 | 67,773 | 16.91 | 50.95 | 68,292 | 4.24 |
| 特用 | 茶 | 440.40 | 46,374 | -- | 440.40 | 46,935 | -- |
| | 木瓜 | 13.38 | 170,069 | 10.08 | 12.96 | 163,393 | 0.38 |
| 水果 | 蕃茄 | 5.91 | 124,242 | 7.21 | 6.12 | 123,649 | 4.46 |
| | 梨子 | 30.06 | 125,735 | 9.53 | 29.88 | 122,033 | 1.25 |
| 花卉 | 玫瑰 | 46.68 | 13,924 | 10.01 | 46.70 | 13,827 | 0.17 |
| | 豌豆 | 22.34 | 1,079 | 1.74 | 22.49 | 1,227 | 2.30 |
| 蔬菜 | 胡蘿蔔 | 4.88 | 23,541 | 23.71 | 4.81 | 22,809 | 2.04 |
| | 洋蔥 | 8.07 | 26,809 | 19.19 | 8.09 | 25,403 | 0.80 |
| | 竹筍 | 9.60 | 370,735 | 14.69 | 9.49 | 372,286 | 2.76 |

註：價格的變異係數之計算是將其標準差除以其平均數。

資料來源：本研究計算結果。

表 8 為有無聖嬰預測訊息下，各地區農作物栽種面積之模擬結果，作物生產面積在各地區的變動與聖嬰現象對各地區溫度與雨量的影響以及聖嬰現象訊息的提供有著密切的關聯，由於聖嬰現象造成對各地區溫度和雨量的變動，因此當有聖嬰現象訊息的提供時，農民會根據聖嬰現象所造成的溫度與

雨量之影響以及這些氣候的變化和作物產出間的關係來決定各種作物的耕種面積。舉例而言，由表 8 的結果我們發現在有聖嬰現象預測訊息下，北、中、東三地區之稻米栽種面積減少，而南部地方的栽種面積增加，此表示在聖嬰現象的影響下，南部較適合種植水稻，因此有此訊息的提供時將會使得南部地區增加水稻的耕種面積；另外各地區的不同作物之耕種面積亦有所變化，如北部地方增加生薑的栽種面積，中部可能高粱的栽種面積；東部地方會增加甘薯的栽種面積；南部地方則會以減少高粱、生薑之栽種面積來取

表 8 有無聖嬰預測訊息下各地區栽種面積之模擬結果

單位：千公頃

| | 無聖嬰預測的訊息 | | | | 有聖嬰預測的訊息 | | | |
|-----|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | 北 | 中 | 南 | 東 | 北 | 中 | 南 | 東 |
| 稻米 | 58.77 | 81.19 | 78.23 | 66.22 | 57.98 | 77.99 | 87.94 | 60.47 |
| 玉米 | 0.20 | 0.70 | 0.23 | 0.64 | 0.09 | 0.70 | 0.27 | 0.64 |
| 高粱 | -- | 1.46 | 15.73 | -- | | 1.51 | 15.39 | -- |
| 生薑 | 0.15 | 0.61 | 0.48 | 0.06 | 0.17 | 0.59 | 0.44 | 0.06 |
| 甘薯 | 2.56 | 5.77 | 0.58 | 0.13 | 2.56 | 5.47 | 0.44 | 0.22 |
| 馬鈴薯 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 大豆 | -- | -- | 0 | -- | -- | -- | 0.06 | -- |
| 花生 | 1.14 | 22.58 | 0.86 | 0.71 | 1.14 | 22.36 | 1.34 | 0.98 |
| 茶 | 17.62 | 17.63 | 3.91 | 3.24 | 18.17 | 17.63 | 3.90 | 3.24 |
| 木瓜 | 0 | 1.39 | 3.10 | 0.06 | 0 | 1.13 | 3.07 | 0.06 |
| 蕃茄 | 0.03 | 1.83 | 3.52 | 0.11 | 0.02 | 1.83 | 3.49 | 0.11 |
| 梨子 | 0.19 | 9.57 | 0.07 | -- | 0.17 | 9.33 | 0.06 | -- |
| 玫瑰 | 0.27 | 0.01 | 0 | -- | 0 | 0.24 | 0.01 | 0 |
| 豌豆 | 0.02 | 0.12 | 0.04 | -- | 0.03 | 0.12 | 0.06 | -- |
| 胡蘿蔔 | -- | -- | 0.39 | -- | -- | 0.21 | 0.26 | -- |
| 洋蔥 | -- | -- | 0.74 | -- | -- | 0.06 | 0.66 | -- |
| 竹筍 | 6.27 | 8.68 | 21.19 | 0.18 | 6.36 | 11.84 | 13.73 | 0.21 |

資料來源：本研究計算結果。

代。其次，就根莖作物而言，只有中部與南部地區同時減少栽種面積，在大豆類作物方面，只有北部地區維持花生的栽種面積不變，其它地區均增加大豆及花生的栽種面積；在水果類作物方面，北、中、南、東四個地區的栽種面積均呈現減少的趨勢；蔬菜類作物方面，豌豆的栽種面積，僅有中部地區之栽種面積維持不變，北部、南部地區均增加栽種面積；竹筍的栽種面積方面，只有北部地區增加，其它地區均是減少栽種面積的情況；胡蘿蔔、洋蔥在中部、南部地區栽種面積也都呈現減少的傾向。

VI、結 論

隨著溫室效應的影響，全球的氣候將更加不穩定，就短期的聖嬰現象所導致的氣候變遷而言，其對農業與水資源的經濟影響已逐漸在擴大，要將降低聖嬰現象對農業的經濟影響，除事後的救濟與保險等制度外，事前聖嬰現象之預測訊息的取得與政府將此訊息公開，將可使得農民與政府等決策者藉由調整其決策以降低聖嬰現象所帶來的衝擊。

本研究之主要目的在於估計聖嬰現象在台灣稻米產業的預測價值，要估計出此訊息的價值，須包含兩個步驟，第一步驟是估計出聖嬰現象對台灣稻米產出的影響，而第二步驟在於將此影響帶入一經濟模型，並利用貝式定理來求得出聖嬰現象的預測價值。

就估計聖嬰現象對台灣稻米產出的影響而言，須先估計出聖嬰現象對台灣各地區的溫度與雨量的影響，研究結果發現聖嬰現象的振盪指數對台灣在三、八及十二月的溫度及三、四、五月的雨量有顯著的影響。另外就聖嬰現象對台灣地區的雨量之影響而言，聖嬰年對北、中、南及東部的春雨（二月至四月的雨量）影響是負的，但是反聖嬰年對一、二及四月的雨量之影響是正的；聖嬰現象對夏季和秋季的雨量之影響又會因地區而有所不同，如聖嬰年會使得嘉義、台南、高雄、屏東及東部的夏季雨量增加，而反聖嬰年則會

減少，但是聖嬰現象對中北部的夏季雨量之影響則無明顯之規則。

接著再估計溫度與雨量對稻米產出的影響，研究結果發現在稻米在收割前的三個月份時，過多的雨量會減少稻米的產出，如台北的二期作；但是在稻米剛播種時的豐富雨量則對稻米的產出有正面的影響，如台北、新竹及台中的一二期，此顯示出在水稻剛播時較需要雨量，而在收割前的雨量是愈少愈好。在溫度方面，溫度的上升對各地（除屏東之外）的稻米一期產出皆有正面的影響，至於溫度對第二期的稻米的產出影響則視各地情形而異。

將聖嬰振盪指數對台灣各地區溫度與雨量的影響和稻米的產出函數結合，可估計出聖嬰現象對台灣稻米產出的影響，實証結果發現當聖嬰年發生時，其對中南部的一期稻作產出是正的影響，而影響的幅度在 2.2 至 8.3% 左右，至反聖嬰年與正常年對稻米一期與二期產出的影響較無規則可循，其原因乃在聖嬰現象對各地區的溫度與雨量的影響不同。

最後本研究建立一隨機性的農業部門模型來模擬聖嬰現象的預測價值，實証結果顯示當聖嬰能被準確預測且決策者能採取適當的因應措施時，全體福利可增加 2,451 百萬元，此為預測的價值。本研究重點在於研究聖嬰發生前的事前之預防措施所帶來之經濟價值，至於事後的風險分擔，如天然災害保險等亦是農民分散生產不確定下的一種手段，此應為未來有關聖嬰現象與氣候變遷等相關研究之方向。

（收件日期 2002 年 12 月 30 日，接受日期 2003 年 7 月 30 日）

參考文獻

- 行政院農業委員會，1961-2000。『農業統計年報』。台北：行政院農業委員會。
- 許晃雄，1998。『聖嬰與反聖嬰現象宣導手冊』。台北：行政院環境保護署。
- 宋秉明，1997。「印尼霾害啟示錄」，『環耕』。10 期，30-35。
- 阮全和，1980。「台灣水稻種植面積對價格反應之研究」。碩士論文，中興大學農業經

- 濟研究所。
- 李淑媛，2000。「WTO 之規範對世界稻米貿易的影響」。碩士論文，文化大學經濟學研究所。
- 汪中和，1998。「談聖嬰現象」，『中央研究院周報』。677期，7-10。
- 周磊，2001。「聖嬰預測的經濟價值 - 以世界稻米貿易為例」。碩士論文，台灣大學農業經濟研究所。
- 柳中明、劉彥蘭，2000。『尼諾與妮娜』。台北：新新聞文化。
- 唐存勇、吳明進，1992。「什麼是 ENSO 事件」，『科學月刊』。23卷，1期，25-31。
- 涂建翊、徐嘉裕，1998。「二十世紀後期聖嬰現象與台灣地區短期氣候變化」，『華岡理科學報』。15期，139-158。
- 張廣智，1998。「正視聖嬰年的來臨 - 水資源影響能源與產業發展」，『能源報導』。4期，10-13。
- 許晃雄，1997。「聖嬰現象已然發生 印尼霾害不是偶然」，『環耕』。10期，22-35。
- 陳吉仲、張靜貞、周磊，2003。「聖嬰預測之潛在經濟效益—以世界稻米貿易為例」，『經濟論文』。31期，1卷，31-72。
- 陳昭銘、汪鳳如，1990。「台灣地區降雨之長期變化特性 - 秋雨之準二十年振盪」，『大氣科學』。28期，343-359。
- 陳宗玄，1991。「台灣水稻供給反應之研究」，『農業金融論叢』。25期，193-229。
- 陳文雄，1974。「台灣稻米供需模型之研究」。台灣省糧食局。
- 楊晴雯，1999。「聖嬰現象對世界稻米貿易市場之影響」。碩士論文，台灣大學農業經濟研究所。
- 蕭政宗，2000。「聖嬰現象與台灣地區降雨量之相關分析」，『農業工程學報』。46卷，1期，93-110。
- 盧孟明，1990。「聖嬰-南方振盪現象氣候預測的潛在經濟效益分析—子計劃一：聖嬰-南方振盪與區域氣候預報(I)」。行政院國家科學委員會。NSC 89-2621-Z-052-001。中央氣象局氣象科技中心。
- Adams, R.M., K.J. Bryant, B.A. McCarl, D.M. Legler, J. O'Brien, A. Solow, and R. Weither, 1995. "Value of Improved Long-Range Weather Information," *Contemporary Economic Policy*. 13: 10-19.

- Adams, R.M., C.-C. Chen, B.A. McCral, and R.F. Weiher, 1999. "The Economic Consequences of ENSO Events for Agriculture," *Climate Research*. 13: 165-172.
- Chang, C.-C., 2002. "The Potential Impacts of Climate Change on Taiwan's Agriculture," *Agricultural Economics*. 27: 51-64.
- Chen, C.-C. and B. McCarl, 2000. "The Value of ENSO Information to Agriculture: Consideration of Event Strength and Trade," *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 25: 368-385.
- Chen, C.-C., B.A. McCral, and R.M. Adams, 2001. "Economic Implications of Potential ENSO Frequency and Strength Shifts," *Climate Change*. 49: 147-159.
- Chen, W.Y., 1982. "Assessment of Southern Oscillation Sea-Level Pressure Indices," *Monthly Weather Review*. 110: 800-807.
- McCarl, B.A. and T.H. Spreen, 1980. "Price Endogenous Mathematical Programming As a Tool for Sector Analysis," *American Journal of Agricultural Economics*. 62: 87-102.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus, and D. Shaw, 1996. "Climate Impacts on Aggregate Farm Value: Accounting for Adaptation," *Agricultural and Forest Meteorology*. 80: 55-66.
- Mjelde, J.W., J.B. Penson, and C.J. Nixon, 1997. "Dynamic Aspects of the Impact of the Use of Improved Climate Forecasts in the Corn Belt Region," Final report, Office of Global Programs, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington D.C.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2003. 取自
<http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.kd.html>,
- Saha, A. and H. Talpaz, 1997. "Stochastic Production Function Estimation: Small Sample Properties of ML versus FGLS," *Applied Economics*. 29: 459-469.
- Segerson, K. and B.L. Dixon, 1999. "Climate Change and Agriculture: The Role of Farmer Adaptation," In *The Impact of Climate Change on the United States Economy*: edited by Mendelsohn, R. and J.E. Neumann. Cambridge: Cambridge University Press.
- Solow, R., R.M. Adams, K. Bryant, D. Legler, J. O'Brien, B. McCarl, W. Nayda, and R. Weiher, 1998. "The value and Improved ENSO Prediction to U.S. Agriculture," *Climatic Change*. 39: 47-60.
- Takayama, T. and G.G. Judge, 1964. "Equilibrium Among Spatially Separated Markets: A

Reformulation,” *Econometria*. 32: 510-524.

Trenberth, K.E., 1984. “Signal Versus Noise in the Southern Oscillation,” *Monthly Weather Review*. 112: 312-332.

Wu, H., 1996. “The Impact of Climate Change on Rice Yield in Taiwan,” In *The Economics of Pollution Control in the Asia Pacific*, Edited by R. Mendelsohn and D. Shaw, Cheltenham. UK: Edward Elgar.

附 錄

附表 1 1961 至 2000 年之相對應聖嬰現象

| 年度 | 聖嬰現象 | 年度 | 聖嬰現象 |
|------|------|------|------|
| 1961 | 正常年 | 1981 | 正常年 |
| 1962 | 正常年 | 1982 | 聖嬰年 |
| 1963 | 正常年 | 1983 | 正常年 |
| 1964 | 聖嬰年 | 1984 | 正常年 |
| 1965 | 反聖嬰年 | 1985 | 正常年 |
| 1966 | 聖嬰年 | 1986 | 聖嬰年 |
| 1967 | 正常年 | 1987 | 聖嬰年 |
| 1968 | 反聖嬰年 | 1988 | 反聖嬰年 |
| 1969 | 正常年 | 1989 | 正常年 |
| 1970 | 反聖嬰年 | 1990 | 正常年 |
| 1971 | 反聖嬰年 | 1991 | 聖嬰年 |
| 1972 | 聖嬰年 | 1992 | 正常年 |
| 1973 | 反聖嬰年 | 1993 | 正常年 |
| 1974 | 正常年 | 1994 | 正常年 |
| 1975 | 反聖嬰年 | 1995 | 聖嬰年 |
| 1976 | 聖嬰年 | 1996 | 反聖嬰年 |
| 1977 | 正常年 | 1997 | 正常年 |
| 1978 | 正常年 | 1998 | 聖嬰年 |
| 1979 | 正常年 | 1999 | 反聖嬰年 |
| 1980 | 正常年 | 2000 | 正常年 |

資料來源：Solow *et al.*(1998) 和 National Oceanic and Atmospheric Administration (2003)。

附表 2 各縣市之 BOX-COX 值

| 縣 市 | $L(\tilde{\lambda})$ | $L(\lambda=1)$ | $2[L(\tilde{\lambda})-L(\lambda=1)]$ |
|------|----------------------|----------------|--------------------------------------|
| 台北一期 | -315.346 | -315.95 | 1.208 |
| 台北二期 | -313.354 | -313.931 | 1.154 |
| 新竹一期 | -315.346 | -315.95 | 1.208 |
| 新竹二期 | -310.552 | -311.368 | 1.632 |
| 台中一期 | -316.201 | -316.941 | 1.48 |
| 台中二期 | -311.26 | -311.782 | 1.044 |
| 南投一期 | -316.317 | -317.502 | 2.37 |
| 南投二期 | -315.9 | -316.473 | 1.146 |
| 嘉義一期 | -316.799 | -317.624 | 1.65 |
| 嘉義二期 | -315.9 | -316.473 | 1.146 |
| 台南一期 | -315.603 | -315.807 | 0.408 |
| 台南二期 | -312.516 | -312.769 | 0.506 |
| 高雄一期 | -315.603 | -315.807 | 0.408 |
| 高雄二期 | -313.417 | -313.816 | 0.798 |
| 屏東一期 | -315.603 | -315.807 | 0.408 |
| 屏東二期 | -313.417 | -313.86 | 0.886 |
| 宜蘭一期 | -316.317 | -317.052 | 1.47 |
| 宜蘭二期 | -310.552 | -311.368 | 1.632 |
| 花蓮一期 | -316.201 | -316.941 | 1.48 |
| 花蓮二期 | -313.417 | -313.816 | 0.798 |
| 台東一期 | -315.603 | -315.807 | 0.408 |
| 台東二期 | -311.26 | -311.782 | 1.044 |

註: 5%顯著水準下的 $x^2(1)=3.84$, 表中之數字皆小於 3.84 時則接受線性函數的假設。

附表 3 台北縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|--------|-------|---------|--------|
| 常數項 | 1.16 | 1.16 | 常數項 | -19.19 | -18.06 |
| 二月溫度 | 0.98 | 0.97 | 八月溫度 | 327.07 | 22.39 |
| 三月溫度 | -2.47 | -2.43 | 九月溫度 | -113.96 | -13.42 |
| 四月溫度 | 7.81 | 7.66 | 十月溫度 | -3.74 | -0.54 |
| 五月溫度 | 4.36 | 4.24 | 十一月溫度 | -30.59 | -3.28 |
| 六月溫度 | 5.12 | 4.93 | 八月雨量 | 0.43 | 25.29 |
| 七月溫度 | 5.04 | 4.86 | 九月雨量 | -0.38 | -19.05 |
| 二月雨量 | 2.20 | 12.19 | 十月雨量 | -0.15 | -8.84 |
| 三月雨量 | 6.60 | 17.68 | 十一月雨量 | -0.29 | -5.39 |
| 四月雨量 | 2.00 | 6.56 | 時間 | -53.30 | -14.48 |
| 五月雨量 | 3.86 | 16.56 | 種植面積 | -0.14 | -26.99 |
| 六月雨量 | 2.73 | 16.85 | | | |
| 七月雨量 | 5.04 | 4.86 | | | |
| 時間 | 7.92 | 7.18 | | | |
| 種植面積 | -0.10 | -13.27 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 4 新竹縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 常數項 | 2.16 | 2.16 | 常數項 | 1.99 | 1.99 |
| 二月溫度 | 26.97 | 25.55 | 七月溫度 | 27.8 | 15.73 |
| 三月溫度 | -2.9 | -2.7 | 八月溫度 | 23.2 | 13.32 |
| 四月溫度 | 13.4 | 13.21 | 九月溫度 | 31.37 | 18.81 |
| 五月溫度 | 24.68 | 26.35 | 十月溫度 | 28.73 | 18.39 |
| 六月溫度 | 27.47 | 29.1 | 十一月溫度 | 21.75 | 15.01 |
| 七月溫度 | 41.53 | 40.09 | 七月雨量 | 4.18 | 9.17 |
| 二月雨量 | 0.65 | 5.57 | 八月雨量 | 1.67 | 6.24 |
| 三月雨量 | 0.09 | 1.22 | 九月雨量 | 0.94 | 1 |
| 四月雨量 | -0.08 | -1.14 | 十月雨量 | 3.52 | 3.77 |
| 五月雨量 | -0.26 | -4.01 | 十一月雨量 | 21.75 | 15.01 |
| 六月雨量 | -0.48 | -19.53 | 時間 | 1.99 | 1.99 |
| 七月雨量 | 0.55 | 18.34 | 種植面積 | -0.16 | -9.12 |
| 時間 | 67.62 | 67.72 | | | |
| 種植面積 | -0.04 | -15.73 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 5 台中縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|--------|------|-------|--------|
| 常數項 | 1.42 | 1.42 | 常數項 | 1.61 | 1.61 |
| 一月溫度 | 15.47 | 15.05 | 七月溫度 | 12.73 | 12.84 |
| 二月溫度 | -2.07 | -1.86 | 八月溫度 | 14.53 | 15.34 |
| 三月溫度 | 15.47 | 15.72 | 九月溫度 | 18.07 | 18.07 |
| 四月溫度 | 10.16 | 9.52 | 十月溫度 | 51.31 | 46.07 |
| 五月溫度 | 17 | 17.14 | 七月雨量 | 0.43 | 12.31 |
| 六月溫度 | 14.22 | 14.32 | 八月雨量 | -0.39 | -5.95 |
| 一月雨量 | 1.41 | 3.73 | 九月雨量 | -0.86 | -26.52 |
| 二月雨量 | -1.45 | -7.65 | 十月雨量 | -7.11 | -16.74 |
| 三月雨量 | -0.32 | -2.32 | 時間 | 57.5 | 76.7 |
| 四月雨量 | -1.17 | -16.86 | 種植面積 | 0.01 | 11.32 |
| 五月雨量 | -0.32 | -9.32 | | | |
| 六月雨量 | 0.18 | 3.41 | | | |
| 時間 | 89.66 | 77.67 | | | |
| 種植面積 | 0.06 | 27.06 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 6 南投縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|-------|------|-------|-------|
| 常數項 | 2.51 | 2.51 | 常數項 | 2.74 | 2.74 |
| 二月溫度 | 20.01 | 16.93 | 七月溫度 | 38.77 | 33.36 |
| 三月溫度 | 21.11 | 16.73 | 八月溫度 | 34.25 | 29.37 |
| 四月溫度 | 34.02 | 25.77 | 九月溫度 | 42.48 | 37.11 |
| 五月溫度 | 36.34 | 26.40 | 七月雨量 | -0.07 | -0.55 |
| 六月溫度 | 35.00 | 24.51 | 八月雨量 | -0.03 | -0.30 |
| 二月雨量 | 2.11 | 6.07 | 九月雨量 | -0.09 | -1.26 |
| 三月雨量 | -1.69 | -3.83 | 時間 | 76.22 | 41.98 |
| 四月雨量 | -1.44 | -5.88 | 種植面積 | -0.01 | -3.41 |
| 五月雨量 | 1.74 | 5.47 | | | |
| 六月雨量 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 時間 | 69.26 | 32.23 | | | |
| 種植面積 | -0.04 | -3.37 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 7 嘉義縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|--------|--------|------|----------|--------|
| 常數項 | 10.32 | 10.28 | 常數項 | 1,520.40 | 3.02 |
| 一月溫度 | -29.80 | -10.01 | 七月溫度 | 234.58 | 8.82 |
| 二月溫度 | 15.88 | 10.03 | 八月溫度 | 47.43 | 1.94 |
| 三月溫度 | 52.08 | 26.47 | 九月溫度 | -26.13 | -1.11 |
| 四月溫度 | 82.09 | 42.15 | 七月雨量 | 0.01 | 0.30 |
| 五月溫度 | 119.17 | 76.64 | 八月雨量 | -0.09 | -3.05 |
| 一月雨量 | 0.57 | 4.32 | 九月雨量 | -0.19 | -4.77 |
| 二月雨量 | 1.07 | 6.77 | 時間 | 37.09 | 15.08 |
| 三月雨量 | 0.31 | 1.86 | 種植面積 | -0.06 | -17.85 |
| 四月雨量 | 0.77 | 11.19 | | | |
| 五月雨量 | -0.28 | -6.35 | | | |
| 時間 | 99.78 | 41.59 | | | |
| 種植面積 | -0.03 | -5.17 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 8 台南縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|---------|--------|--------|------|-------|-------|
| 常數項 | 3.89 | 3.88 | 常數項 | 1.30 | 1.30 |
| 去年十二月溫度 | 33.02 | 34.52 | 四月溫度 | 6.07 | 5.16 |
| 一月溫度 | 48.28 | 41.55 | 五月溫度 | 3.31 | 2.68 |
| 二月溫度 | -3.10 | -2.25 | 六月溫度 | 14.07 | 11.08 |
| 三月溫度 | -27.93 | -17.20 | 七月溫度 | 14.03 | 11.06 |
| 四月溫度 | 19.27 | 21.50 | 八月溫度 | 13.97 | 11.03 |
| 五月溫度 | 60.94 | 37.97 | 四月雨量 | 4.30 | 4.29 |
| 去年十二月雨量 | 7.51 | 16.92 | 五月雨量 | 4.21 | 8.90 |
| 一月雨量 | -2.57 | -6.93 | 六月雨量 | 2.07 | 10.85 |
| 二月雨量 | -2.39 | -5.18 | 八月雨量 | 1.62 | 9.94 |
| 三月雨量 | 4.35 | 9.93 | 九月雨量 | 1.61 | 13.80 |
| 四月雨量 | -0.51 | -5.33 | 時間 | 12.94 | 8.96 |
| 五月雨量 | 0.16 | 1.82 | 種植面積 | -0.02 | -3.96 |
| 時間 | 101.93 | 62.06 | | | |
| 種植面積 | -0.02 | -5.53 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 9 高雄縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|---------|---------|--------|------|---------|--------|
| 常數項 | 12.72 | 12.45 | 常數項 | 155.50 | 34.85 |
| 去年十二月溫度 | 62.36 | 21.30 | 六月溫度 | 247.71 | 27.17 |
| 一月溫度 | 10.37 | 6.02 | 七月溫度 | 139.10 | 15.03 |
| 二月溫度 | 26.17 | 8.31 | 八月溫度 | -222.38 | -20.55 |
| 三月溫度 | -254.10 | -42.32 | 九月溫度 | 42.79 | 17.59 |
| 四月溫度 | 71.46 | 50.75 | 六月雨量 | 0.38 | 13.09 |
| 五月溫度 | 246.15 | 56.83 | 七月雨量 | -0.26 | -19.65 |
| 去年十二月雨量 | 4.43 | 7.56 | 八月雨量 | -0.62 | -20.80 |
| 一月雨量 | -3.73 | -11.91 | 九月雨量 | -0.77 | -11.68 |
| 二月雨量 | 0.49 | 1.61 | 時間 | -23.69 | -10.55 |
| 三月雨量 | 4.29 | 25.22 | 種植面積 | -0.14 | -43.65 |
| 四月雨量 | -0.71 | -7.52 | | | |
| 五月雨量 | 1.35 | 25.91 | | | |
| 時間 | 56.07 | 43.88 | | | |
| 種植面積 | -0.10 | -23.66 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 10 屏東縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|---------|---------|--------|------|-----------|--------|
| 常數項 | 1,381.2 | 12.68 | 常數項 | 14,334.00 | 35.58 |
| 去年十二月溫度 | 21.25 | 3.54 | 六月溫度 | -101.00 | -6.08 |
| 一月溫度 | 4.63 | 0.58 | 七月溫度 | 11.64 | 1.29 |
| 二月溫度 | -64.92 | -9.24 | 八月溫度 | -13.90 | -0.67 |
| 三月溫度 | -65.08 | -14.19 | 九月溫度 | -303.68 | -15.60 |
| 四月溫度 | 89.43 | 12.22 | 六月雨量 | -0.25 | -5.46 |
| 五月溫度 | 170.95 | 16.40 | 七月雨量 | -0.71 | -20.15 |
| 去年十二月雨量 | 9.53 | 33.25 | 八月雨量 | -0.10 | -1.73 |
| 一月雨量 | -12.67 | -33.24 | 九月雨量 | -0.30 | -6.02 |
| 二月雨量 | 3.99 | 14.97 | 時間 | 52.13 | 31.05 |
| 三月雨量 | 1.11 | 4.49 | 種植面積 | -0.01 | -5.71 |
| 四月雨量 | -1.80 | -17.92 | | | |
| 五月雨量 | -0.33 | -6.26 | | | |
| 時間 | 28.20 | 20.61 | | | |
| 種植面積 | -0.04 | -37.53 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 11 宜蘭縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|--------|-------|---------|--------|
| 常數項 | 2.09 | 2.09 | 常數項 | 223.67 | 33.92 |
| 二月溫度 | 15.45 | 15.43 | 七月溫度 | -119.13 | -21.56 |
| 三月溫度 | 14.17 | 13.99 | 八月溫度 | 138.32 | 21.31 |
| 四月溫度 | 28.64 | 28.89 | 九月溫度 | -12.50 | -1.22 |
| 五月溫度 | 30.32 | 30.12 | 十月溫度 | 70.35 | 6.23 |
| 六月溫度 | 31.17 | 30.74 | 十一月溫度 | 0.54 | 0.06 |
| 二月雨量 | 1.19 | 25.77 | 七月雨量 | -1.78 | -19.09 |
| 三月雨量 | 1.20 | 11.72 | 八月雨量 | -0.89 | -13.61 |
| 四月雨量 | 0.06 | 0.27 | 九月雨量 | -0.31 | -9.98 |
| 五月雨量 | -1.49 | -31.64 | 十月雨量 | -0.93 | -35.99 |
| 六月雨量 | -0.46 | -9.39 | 十一月雨量 | 0.46 | 7.71 |
| 時間 | 72.66 | 89.97 | 時間 | 50.86 | 32.13 |
| 種植面積 | -0.01 | -3.04 | 種植面積 | 0.02 | 6.26 |

資料來源：本研究計算結果。

附表 12 花蓮縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|------|-------|--------|------|-------|--------|
| 常數項 | 1.71 | 1.71 | 常數項 | 2.22 | 2.22 |
| 一月溫度 | 13.22 | 12.48 | 六月溫度 | 33.72 | 33.00 |
| 二月溫度 | 8.33 | 7.90 | 七月溫度 | 28.54 | 28.22 |
| 三月溫度 | 20.17 | 18.85 | 八月溫度 | 42.19 | 40.50 |
| 四月溫度 | 21.53 | 19.88 | 九月溫度 | 35.61 | 35.41 |
| 五月溫度 | 19.00 | 17.29 | 六月雨量 | 0.44 | 16.53 |
| 六月溫度 | 21.37 | 19.00 | 七月雨量 | 0.04 | 1.13 |
| 一月雨量 | -0.96 | -1.10 | 八月雨量 | 0.08 | 2.48 |
| 二月雨量 | 5.67 | 7.96 | 九月雨量 | -0.37 | -9.04 |
| 三月雨量 | 3.66 | 3.90 | 時間 | 47.14 | 48.06 |
| 四月雨量 | 3.75 | 5.12 | 種植面積 | -0.14 | -25.84 |
| 五月雨量 | 1.10 | 3.95 | | | |
| 六月雨量 | 2.71 | 10.09 | | | |
| 時間 | 48.89 | 31.61 | | | |
| 種植面積 | -0.18 | -15.93 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 13 台東縣的稻米產出函數

| 一期稻作 | 係數 | t-值 | 二期稻作 | 係數 | t-值 |
|---------|-------|--------|------|---------|--------|
| 常數項 | 2.18 | 2.18 | 常數項 | 4.05 | 4.05 |
| 去年十二月溫度 | 19.62 | 19.62 | 七月溫度 | 190.69 | 39.59 |
| 一月溫度 | 20.26 | 20.28 | 八月溫度 | 108.19 | 51.41 |
| 二月溫度 | 33.02 | 33.02 | 九月溫度 | -174.54 | -24.75 |
| 三月溫度 | 35.25 | 35.24 | 十月溫度 | 62.10 | 49.06 |
| 四月溫度 | 34.45 | 34.45 | 七月雨量 | -0.28 | -10.71 |
| 五月溫度 | 34.99 | 34.99 | 八月雨量 | -0.25 | -10.99 |
| 去年十二月雨量 | 0.08 | 0.17 | 九月雨量 | 0.15 | 10.11 |
| 一月雨量 | 0.39 | 0.55 | 十月雨量 | -0.54 | -27.17 |
| 二月雨量 | -1.13 | -3.76 | 時間 | 46.46 | 90.47 |
| 三月雨量 | -0.68 | -4.03 | 種植面積 | -0.26 | -62.15 |
| 四月雨量 | -0.20 | -1.13 | | | |
| 五月雨量 | -0.48 | -6.29 | | | |
| 時間 | 72.82 | 73.87 | | | |
| 種植面積 | -0.16 | -19.22 | | | |

資料來源：本研究計算結果。

附表 14 隨機性農業部門模型之檢定

| 作物 | 價格 (元 / 公斤) | 產量 (公斤) | 與實際資料之差異百分比(%) | |
|----|----------------|------------|----------------|--------|
| | | | 價格 | 產量 |
| 糧食 | 稻米 | 1,574,844 | 5.60 | 0.00 |
| | 玉米 | 177,537 | 0.69 | 6.95 |
| | 高粱 | 26,870 | 106.04 | 13.61 |
| 豆類 | 大豆 | 743 | -2.16 | 2.08 |
| | 落花生 | 56,087 | 2.00 | 0.00 |
| | 紅豆 | 4,170 | -2.02 | -1.54 |
| 根莖 | 甘藷 | 188,716 | -0.69 | 0.00 |
| | 馬鈴薯 | 33,081 | -4.82 | 3.00 |
| 特用 | 茶 | 19,548 | -7.17 | -1.46 |
| | 製糖甘蔗 | 2,307,654 | 5.84 | 0.00 |
| | 生食甘蔗 | 130,003 | -6.88 | 5.95 |
| | 胡麻 | 413 | -6.84 | -32.78 |
| 蔬菜 | 蘿蔔 | 123,452 | -2.99 | 2.00 |
| | 胡蘿蔔 | 114,084 | -6.81 | 1.88 |
| | 薑 | 32,408 | -1.67 | 0.47 |
| | 蔥 | 124,597 | -3.70 | 4.00 |
| | 洋蔥 | 23,457 | -5.03 | 8.74 |
| | 蒜頭 | 53,446 | -0.43 | -1.22 |
| | 韭 | 33,908 | 5.43 | -2.46 |
| | 竹筍 | 323,063 | -1.67 | 0.03 |
| | 蘆筍 | 7,826 | 0.46 | 6.26 |
| | 茭白筍 | 47,821 | 4.47 | -1.00 |
| | 甘藍 | 310,740 | 3.01 | -2.81 |
| | 花椰菜 | 89,429 | -1.67 | 0.35 |
| | 結球白菜 | 146,499 | -1.93 | -1.23 |
| | 不結球白菜 | 27,154 | 5.33 | -2.15 |
| | 胡瓜 | 74,781 | -5.52 | 3.55 |
| | 苦瓜 | 55,635 | -6.16 | 5.58 |
| | 蕃茄 | 116,171 | 1.16 | 0.00 |
| | 豌豆 | 11,077 | -2.85 | -1.80 |
| | 毛豆 | 73,640 | -9.13 | -3.09 |
| | 西瓜 | 320,545 | 1.41 | -2.89 |
| | 洋香瓜 | 82,715 | 5.06 | -5.00 |
| | 洋菇 | 4,817 | 0.00 | -1.00 |

The Impacts of ENSO on Taiwan's Climate and The Value of ENSO Forecast

Lan-fen Ju、Chi-chung Chun*、Ching-cheng Chang**

Global climate becomes unstable as green-house-gas emission continues. Such climate changes have huge economic impacts on agriculture. The main purpose of this study is to estimate the value of ENSO forecast information on Taiwan's rice industry. First, we estimate the ENSO impacts on rice yield. The empirical results show that El Nino has positive impacts, ranging from 2.2% to 8.3%, on rice yield at the first production period in both central and southern regions. However, no significant change can be found in El Viejo and Neutral years. Second, a stochastic agricultural sector model is constructed to estimate the value of ENSO information on rice based on the Bayesian theorem. We find that if ENSO information is perfectly predicted and adopted by farmers to adjust their planting decisions, the value of such information is around 2.45 NT billion.

Keywords : Enso, Climate, Forecast

* Graduate Student and Assistant Professor, Department of Applied Economics, National Chung-Hsing University.

** Research Fellow, Institute of Economics, Academia Sinica, and Professor, Dept. of Agricultural Economics, National Taiwan University.