

聖嬰現象對台灣氣候與稻米產出之影響之估計

陳吉仲 朱蘭芬 張靜貞

國立中興大學應用經濟系 國立中興大學應用經濟系 中央研究院經濟研究所研究員

摘要

本研究之主要目的在於估計聖嬰現象對台灣的氣候以及稻米產出的影響，首先本研究驗證出最近二十年的台灣氣候比過去的五十年的氣候易受到聖嬰現象的影響。其次，本研究採二階段的迴歸方式，發現聖嬰年對大部份地區四月及五月之降雨量會產生負面的影響，反聖嬰年對於許多地區二、三、四月、及十、十一月的降雨量之影響也是負的，至於聖嬰現象對各地區溫度的影響似乎較無規則可循。在聖嬰現象對稻米產出的影響方面，當聖嬰年發生時對中南部的一期稻作產出可能產生正面的影響，幅度約在 2.2 至 8.3% 左右。

The Impacts of ENSO on Taiwan's Climate and Rice Yield

Abstract

The main purpose of this study is to estimate the ENSO impacts on Taiwan's climate and rice yield. First, we find that the correlation coefficients between SOI and climate are higher during the last two decades than they are during the last fifty years. Second, rainfall in April and May in most regions in El Niño year are lower than the normal while rainfall in Spring and October and November in most regions in La Niña year are also decreased. There is no significant rule for the ENSO impacts on temperature. Finally, we estimate the ENSO impacts on rice yield. The empirical results show that El Niño 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.

一、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，全世界因氣候變遷之損失金額已超過 2900 億美元。造成氣候變遷之因素除了長期性的全球暖化現象外，聖嬰-南方振盪現象 (El Niño-Southern Oscillation, 簡稱 ENSO 或聖嬰) 也是重要的短期性因素之一。聖嬰之特徵是太平洋兩側海溫溫差的逆向改變，而直接影響氣候變化的則是氣壓成波浪狀的振盪，大約每二到七年發生一次，規模強者除了造成氣候異常變化外，同時直接的影響世界農業生產，增加對糧食短缺估計的不確定性 (魏國彥、許晃雄，1997)。

1997/98 年發生的聖嬰可說是本世紀以來最嚴重的一次聖嬰現象，根據 FAO 的統計，1998 年當時全球至少有 37 個開發中國家因為聖嬰引起的氣候變異而呈現食物供給不足的問題 (Food and Agriculture Organization, FAO, 1997)，美國南部、巴基斯坦、印尼、泰國與澳洲等稻米主要產地均受影響而減少產量，1998 年稻米貿易量也因此達到 2 千 7 百多萬噸的新高峰，比 1995 年上升 33%。印尼更在 2001 年 3 月 15 日宣布為預防 2002 年可能發生的聖嬰現象，當年可能需進口 1.5 百萬噸的稻米以為預防。因此，對於太平洋地區消費稻米為主的東亞國家來說，聖嬰對國內的糧食安全可能造成很大的威脅，各國政府當局逐漸對此現象展開因應對策的研擬。

本文主要之目的在於估計聖嬰現象對台灣稻米

產出的影響。由過去文獻中可知，估計聖嬰現象對作物產出影響的方式有兩種，第一種是透過作物生長模式 (Crop Simulation Model) 的模擬方式，如 Solow et al (1998) 等，這種模式必須有長期田間實驗之結果來建立，成本較高；第二種方式則是透過蒐集歷史資料和統計計量方法來進行估計，如 Chen and McCarl (2000) 及陳吉仲等 (2003) 等文均採用此一方式。本研究將採取第二種方式來估計，然而在上述文獻中處理時間序列資料時，不是將聖嬰的三種現象以虛擬變數 (Dummy Variable) 來處理 (如 Chen and McCarl (2000) 一文)，就是將迴歸式中無法由解釋變數所解釋的部份 (即殘差項) 視為聖嬰現象對作物產出的影響，此兩種估計方式有以下三項缺點：第一、以虛擬變數處理雖可以比較出聖嬰年、反聖嬰年及正常年對稻米產出的平均影響，但是無法比較出不同聖嬰現象的強弱影響程度，如強聖嬰年和弱聖嬰年對稻米產出的影響不同；第二、如以殘差項來代表聖嬰現象，可能會高估聖嬰現象的影響力，因為殘差項將所有未能解釋的部份均歸諸於氣候的因素，極可能會導致高估之偏誤；第三、此兩種計量方式無法將聖嬰現象的定義指標 (如一般常見的南方振盪指數 (Southern Oscillation Index, 簡稱為 SOI) 或是海平面溫度 (Sea Surface Temperature, 簡稱為 SST))¹ 和作物

¹聖嬰現象之特徵為東、西太平洋海溫溫差的逆向改變，其直接伴隨之大氣變化則是氣壓場上蹺蹺板式的東西振盪。當海溫變化呈現東高西低時，氣壓場變化則為西高東低，反之若海溫變化為東低西高，氣壓場

產出的關係連結，由於聖嬰之強弱可直接由這些指數的高低反映出來，且這些指數具有作為聖嬰預報指標之潛力²，從統計與計量的角度來看，估計之結果應該比用聖嬰與反聖嬰事件之二分法更為精準。

國內目前之研究結果(如盧孟明、蕭政宗等)認為聖嬰現象與台灣的氣候(溫度與雨量)之間的關聯性雖可能存在，但如何利用 SOI 或 SST 作為預報指標則無法精確的判定出來，主要是因為這些指標與台灣的氣溫、雨量之間的關係並不明顯，無論在影響時間之落滯性或是影響期程之長短均尚無定論，再加上歷年記錄顯示，每次聖嬰或反聖嬰事件發生之長短與強弱均不同，有鑑於此，本研究將採用兩階段的估計方式來估計聖嬰現象對台灣稻米產出的影響，第一階段是估計聖嬰現象對台灣各地區的溫度和雨量的影響，接著在第二階段時估計溫度和雨量對稻米產出的影響，最後將此兩階段結合即可得聖嬰現象對稻米產出的影響。

二、聖嬰現象與台灣氣候的關係

SOI 是利用太平洋東西兩方的氣壓差所建立，此一氣壓差會透過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，至於影響的時間可能會有數月之久。因此，為檢定聖嬰現象與台灣的溫度及雨量的關係，我們將以(1)式來進行計量分析，(1)式中的被解釋變數為台灣各地區各月份之溫度和雨量，解釋變數則為各月之振盪指數。

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

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

則呈西低東高之改變。上述之氣壓場變化，氣象界慣以南太平洋東部之大溪地和西部位於澳洲之達爾文，兩者間氣壓場的差異值為指標來顯示，並將此振盪取名為「南方振盪」(Southern Oscillation)。而「聖嬰」(El Nino) 和「南方振盪」(Southern Oscillation) 此一相隨而生之大氣、海洋變化現象，則被合稱為 ENSO。(中央氣象局網站，2003)

²盧孟明曾採用海平面氣壓場和赤道海面溫度(SST)作為預報因子，利用統計上的正則相關模式(Canonical Correlation Analysis；CCA)來建立預報因子與聖嬰預報之關係，研究結果顯示 CCA 模式對於反聖嬰之預報優於聖嬰，且該模式可以在兩個月之前準確地預報出 1997 年春季開始快速發展的聖嬰事件，和在 1998 年春季快速發展之反聖嬰事件，如改以全球赤道海溫當作預報因子和預報值，則可以提高領先兩個季的預報結果準確度。

或雨量； SOI_{m-1} 為當年 $m-1$ 月的 SOI； $LSOI_m$ 為前一年 m 月的 SOI。溫度、雨量的資料來源是由氣象局在 20 個不同觀測站的統計資料整理而得，以台北而言，其溫度、雨量是淡水、鞍部、台北、竹子湖四個觀測站的加權平均值，其它縣市之氣候資料亦做相同之處理；振盪指數的資料來源則是由 NOAA 網站蒐集而來。

在此，本研究共有三組不同期間的資料組，分別為 1951-2000、1971-2000 以及 1981-2000 年台灣各地區之溫度和雨量以及各月份之振盪指數。假設(1)式為一線性的複迴歸方程式，利用普通最小平方方法來進行估計後，可求得其複相關係數(Multiplier Correlation-Coefficient, MCC)。複相關係數是由(1)式估計式的調整後之判定係數(Adjusted R-Square)再開根號而得，當此複相關係數愈接近 1 時則代表著聖嬰現象和台灣的氣候有著這度的相關，若趨近於零則表示兩者相關程度不高。

台灣各地區的溫度和雨量與振盪指數在這三組不同的期間的複相關係數列於表一至表三中，由表中的數據發現 1981-2000 的複相關係數大於其它的兩組期間之複相關係數，此隱含台灣在最近 20 年的氣候受到聖嬰現象影響的幅度超過於過去的五十年或三十年的影響。因此本研究在後面所用的溫度與雨量的資料期間均為 1981 年至 2000 年的月資料。

由表三可發現，台灣地區的一、三、八月溫度以及二、三、四、五、十和十一月的雨量會受到聖嬰現象的影響，其中就北部來看，SOI 對一、三、四、九及十二月的溫度及五、六及十月的雨量有顯著的影響，中部一、三、八月的溫度及一至五月以及十與十一月的雨量與 SOI 有顯著的相關，南部一、三月的溫度及三、五月的雨量也與 SOI 有相關，東部一、三、八、十二月的溫度及五、十二月的雨量和 SOI 間也呈現高度的相關。整體而言，SOI 對台灣在一、三、八月的溫度及三、四、五月的雨量具有高度的相關性。

為便於比較，本研究將表一至表三台灣各地區之複相關係數加權平均，並以圖一和圖二來表示。圖一是三組不同期間的聖嬰現象與台灣的溫度之複相關係數圖，而圖二為雨量的複相關係數圖，由圖一與圖二可得到以下三點啟示。第一、近二十年的台灣溫度和雨量與 SOI 的複相關係數明顯高於過去五十年的數據，此隱含之前的台灣氣候並未有明顯的受到聖嬰現象的影響，然而近年來因溫室氣體的排放所導致的全球氣候變遷，使得近年來台灣氣候會受到聖嬰現象的影響。³第二點是季節性的影響，圖一與圖二顯示出台灣在春季與秋季(九至十一月)的溫度和雨量與 SOI 的複相關係數較其它的季節高。第三點是溫度與 SOI 的複相關係數高於雨量和 SOI 的複相關係數，此點表示聖嬰現象對台灣的溫度影響的解釋能力高於

³除了全球變異有日趨明顯之因素外，另一可能原因是根據盧孟明一文中所述，在 1981 年以前因衛星資料的缺乏，資料品質與 1981 年以後可能有所不同。

聖嬰現象對雨量變動的解釋能力，因此利用聖嬰現象的訊息來預測溫度的變動可能會對雨量的變動來得準確。

三、聖嬰現象對台灣氣候的影響

如前所述，各月份的溫度和雨量會同時受到前幾期 SOI 的影響，舉例而言，台北地區今年 6 月份的氣候可能會受到今年一至五月的 SOI 以及去年七至十二月的 SOI 的影響。至於究竟受到多少個遞延期的影響則必須用計量方法來加以檢測，因此本研究採用三種檢定的方法，分別為調整後的判定係數、概似比檢定 (Likelihood Ratio Test) 以及 Akaike's Information Criterion (AIC)。這三種方法各有其優缺點，為了得到最適當的遞延期數，本研究採最的原則是：1). 若某一地區某一月份的氣候之調整後的判定係數為零，此表示整條迴歸式無解釋能力，因此不須再考慮其它的兩種檢定，此時的聖嬰現象對該地區該月份的氣候的影響無法判定；2) 以三個檢定結果中最長的遞延期數為最適的期數，此方法可避免計量方法中減少解釋變數的問題；3). 等最適遞延期數決定之後再重從估計，若調整後的判定係數為負或者是小於 0.1，此表示 SOI 無法解釋溫度和雨量的變化情形，因此無法判定聖嬰現象該地區的氣候之影響。最後，本研究將所求得的最適 SOI 遞延關係整理於表四中。

在最適的遞延振盪指數期數決定之後，可將(1)式的方程式改寫如下

$$(2) \quad Temp_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \alpha_j * SOI_j + \sum_{j=m}^{12} \alpha_j * LSOI_j + \epsilon_{im}$$

$$(3) \quad Rain_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \beta_j * SOI_j + \sum_{j=m}^{12} \beta_j * LSOI_j + \epsilon_{im}$$

利用最小平方法可求得(2)式和(3)式中參數的估計式 $(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$ ， $\hat{\alpha}$ 和 $\hat{\beta}$ 表示當振盪指數變動一單位時，溫度和雨量的變動幅度。但這些係數只能代表個別月份 SOI 的單位邊際影響力，為了得到聖嬰對各地區溫度和雨量的總影響程度，必須要進一步將 SOI 之離均差代入並進行加總。在此針對各年度，逐月將所有對該月份具有影響力的 SOI 遞延指數一一找出，並求出其與迴歸值 (或平均值) 之離均差之後，再與其對應之迴歸係數 (即單位邊際影響力) 相乘，方可加總出因 SOI 變動對溫度或雨量所造成之影響。茲以 1982 年為例，其計算過程如下。

$$(4) \quad \Delta Temp_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\alpha}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=m}^p \hat{\alpha}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j)$$

$$(5) \quad \Delta Rain_{im} = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\beta}_j (SOI_{1982,j} - MSOI_j) + \sum_{j=m}^p \hat{\beta}_j (LSOI_{1982,j} - MLSOI_j)$$

其中 p 是最適的遞延期數； $\Delta Temp_{im}, \Delta Rain_{im}$ 是 i 地區 m 月份的溫度和雨量受 SOI 之總影響程度； $MSOI_j$ 是 j 月份的平均 SOI； $MLSOI_j$ 前一年 (1981) j 月份的平均 SOI； $SOI_{1982,j}$ 是 1982 年的 j 月份的 SOI； $LSOI_{1982,j}$ 1981 年的 j 月份的 SOI。兩

式右邊的括弧分別代表該年與前一年 SOI 遞延值之離均差。其他年份也可比照(4)式和(5)式，分別計算出 1981 年至 2000 年各地區各月份之溫度和量受到 SOI 的影響幅度。

最後，為了能比較這些影響在聖嬰年與反聖嬰年之差異，根據 Chen(1982)及蕭政宗(2000)的定義，當 SOI 為負值時，定義為聖嬰年，反之則為反聖嬰年，因此，在 1981 至 2000 年中，共得到四個聖嬰年。我們將這四個聖嬰年所求得之總影響求出算術平均值，作為聖嬰年對台灣各地區的溫度和雨量的平均影響之代表，同理，亦可求得反聖嬰年和正常年對台灣氣候的平均影響，計算結果如表五和表六所列。

表五為聖嬰現象對各地區溫度的平均影響，但表中數據似乎無一致的規則性可言。相對而言，表六對雨量之平均影響，較有規則性，聖嬰年台北地區的春夏季 (二、五、六月) 雨量之影響是負的，而反聖嬰年的影響則是正的。另外亦發現，聖嬰年對大部份地區在梅雨期間 (四、五月) 的雨量影響是負的，如新竹、南投、嘉義及高雄等地區，而反聖嬰年在許多地區的春季 (二、三、四月) 及冬季 (十、十一月) 的雨量影響也是負的，如新竹、台中、南投、嘉義、台南、高雄及屏東等縣市。這些發現似乎與馬家麟 (1998) 利用 1950-1998 近五十年的雨量資料所分析而得之結果 (包括聖嬰現象後的台灣春雨有偏多的現象以及梅雨季雨量的多寡與聖嬰、反聖嬰現象無明顯關係等) 恰好相反，此是否為資料期間的引用所產生估計的不同或者是其他因素是值得進一步來探討其原因所在。

四、聖嬰現象對稻米產出的影響

本節之重點在於估計聖嬰現象對稻米產出的影響。隨著科技技術的發展，自然天候因素對農作物的單位面積產量之影響力逐漸式微，而相對上，人為管理與技術發展等因素之影響力日趨重要，因此在利用迴歸方式進行評估時，必須將人為因素視為控制變數之後，方能萃取出來自自然天候之影響。

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特徵外，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是生產者可控制的因素，而氣候特徵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，至於氣候特徵則包括雨量和溫度等變數。

本文在估計稻米的產出函數時依照 Segerson and 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：

$$(6) Y_{ipt} = f(\text{Time}_{ipt}, \text{Temp}_{ipt,m_j}, \text{Rain}_{ipt,m_j}, \text{Acre}_{ipt})$$

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。其中各地區的稻米第一和第二期之單位產出是由臺灣農業年報而得。

在進行估計之前，為了確定 (6) 式之函數關係為線性函數或非線性函數，可先用 Box-Cox 的概似檢定來加以檢定，結果顯示所有概似值(為一卡方統計量)均比在 5% 的顯著水準而自由度為一的之卡方值 3.84 大，因此驗證台灣各地區的稻米生產函數均可用線性函數來表示。另外，考慮該迴歸式可能會存在變異數非均齊性(heteroscedasticity)問題，故將 (6) 式改寫為：

$$(7) Y_{ipt} = f(x_{ipt}) + h^2(x_{ipt})\varepsilon$$

其中 x_{ipt} 為上述 (6) 式中各解釋變數所組成之向量。(7) 式的估計方法上有可行之一般化最小平方方法 (Feasible Generalized Least Square, FGLS) 和最大概似推定法 (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，概似函數型態為：

$$(8) \ln L_p = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \ln(h^2(x_{ipt})) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{(Y_{ipt} - f(x_{ipt}))^2}{h^2(x_{ipt})}$$

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。

完成最大概似推定法之估計後，我們得到全省 11 縣市第一與第二期共計 22 條的稻米產出函數。⁴ 由於各地區氣候特徵對稻米產量的影響月份各不相

同，加上 SOI 對各地區氣候特徵之影響也有不同之時間遞延效果，因此必須採用以下方式來計算。以台北縣為例，因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(9)：

$$(9) Y = \gamma_0 + \gamma_1 \text{Time} + \sum_{m=2}^7 \hat{\gamma}_m \text{Temp}_m + \sum_{m=2}^7 \hat{\phi}_m \text{Rain}_m + \lambda \text{Acre}$$

接著，以 1982 年聖嬰為例，其對台北縣第一期稻米產出之影響計算過程如下：

【步驟一】首先利用前面的 (4) 與 (5) 式計算 1982 年 SOI 對台北縣各月份的溫度與雨量之邊際影響：

$$(4) \Delta \text{Temp}_m = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\alpha}_j (\text{SOI}_{1982,j} - \text{MSOI}_j) + \sum_{j=m}^{12} \hat{\alpha}_j (\text{LSOI}_{1982,j} - \text{MLSOI}_j)$$

$$(5) \Delta \text{Rain}_m = \sum_{j=1}^{m-1} \hat{\beta}_j (\text{SOI}_{1982,j} - \text{MSOI}_j) + \sum_{j=m}^{12} \hat{\beta}_j (\text{LSOI}_{1982,j} - \text{MLSOI}_j)$$

【步驟二】用 (9) 式結果與 (10)·(11) 式計算各月份溫度與雨量對台北縣的稻米產出之邊際影響：

$$(10) \frac{\partial Y}{\partial \text{Temp}_m} = \hat{\gamma}_m$$

$$(11) \frac{\partial Y}{\partial \text{Rain}_m} = \hat{\phi}_m$$

【步驟三】1982 聖嬰事件對台北縣稻米產出之影響必須同時考量 SOI 對各地溫度與雨量之影響，並將前面兩階段迴歸所求得之邊際效果透過 (12) 式之加總而得，亦即：

$$(12) \Delta Y = \sum_{m=2}^7 \frac{\Delta Y}{\Delta \text{Temp}_m} * \Delta \text{Temp}_m + \sum_{m=2}^7 \frac{\Delta Y}{\Delta \text{Rain}_m} * \Delta \text{Rain}_m \\ = \sum_{m=2}^7 \hat{\gamma}_m * \Delta \text{Temp}_m + \sum_{m=2}^7 \hat{\phi}_m * \Delta \text{Rain}_m$$

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加總，為求得聖嬰現象對稻米產出影響的變動百分比，須選擇某一期間的稻作產出做為基準，由於資料的最後期間為 2000 年，故本研究以 2000 年各地區各期之稻米單位產出為基準進行百分比轉換，則可得出聖嬰現象對台灣各地區稻米產出的相對影響，如表七。表七數字所表示之意義是指聖嬰年、反聖嬰年或者是正常年對各地區稻米產出的平均影響，舉例而言，聖嬰年將會使得台北地區的一期作之產出增加了 5.6%。

由表七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，其原因可能是聖嬰對各地區的溫度與雨量的影響不同，在相互抵銷之後，就無法看出明顯之影響型態。

五、結論

本研究之主要目的在於估計聖嬰現象對台灣的氣候以及稻米單位面積產出的影響，由估計結果中發現，最近二十年的台灣氣候比過去的五十年的氣候易受到聖嬰現象的影響。至於聖嬰對台灣各地區的雨量

⁴ 限於篇幅，無法一一列於文中，有興趣之讀者請向作者來函索取。

和溫度之影響方面，我們發現聖嬰年與反聖嬰年對各地區的雨量有不同的影響，聖嬰對台北地區二、五及六月份的雨量影響是負的，而反聖嬰的影響則是正的；另外亦發現聖嬰對大部份地區在四月及五月的雨量影響也是負面的，且反聖嬰對許多地區的二、三、四月以及十和十一月的雨量影響也是負的。至於聖嬰現象對各地區溫度的影響似乎較無一致的規則。最後對稻米產出的影響方面，當聖嬰發生時對中南部的一期稻作之單位產出有正面的影響，幅度在 2.2 至 8.3% 左右，但反聖嬰與正常年對稻米一期與二期產出的影響則較無規則可循。

表一 振盪指數與台灣氣候在 1951-2000 年的複相關係數

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	---	---	---	---	0.49	0.49	0.47	---	---	0.23	0.33	---
新竹	---	---	---	0.06	---	0.29	0.53	0.40	0.47	0.27	0.21	---
台中	0.21	---	---	---	0.25	0.11	0.23	0.36	0.33	0.45	0.30	---
南投	0.12	---	0.10	---	---	---	---	0.41	---	0.54	0.22	---
嘉義	0.36	---	0.53	0.28	0.45	0.41	0.27	0.46	0.26	0.48	0.31	0.20
台南	0.29	---	---	---	0.29	---	0.21	---	---	0.28	0.14	0.20
高雄	0.39	0.06	---	---	0.27	---	0.38	0.41	0.32	0.48	0.35	0.41
屏東	0.31	---	0.39	0.27	0.08	---	---	0.01	---	0.10	---	0.26
基隆	0.06	---	0.01	0.06	---	0.27	0.47	0.51	0.47	0.29	0.06	0.28
宜蘭	0.34	---	---	0.20	0.31	---	0.14	0.28	0.19	0.17	0.20	0.33
花蓮	---	---	0.25	0.31	---	---	0.31	0.38	0.15	0.40	---	0.33
台東	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(註) --- 代表負的調整後之判定係數

表二 振盪指數與台灣氣候在 1971-2000 年的複相關係數

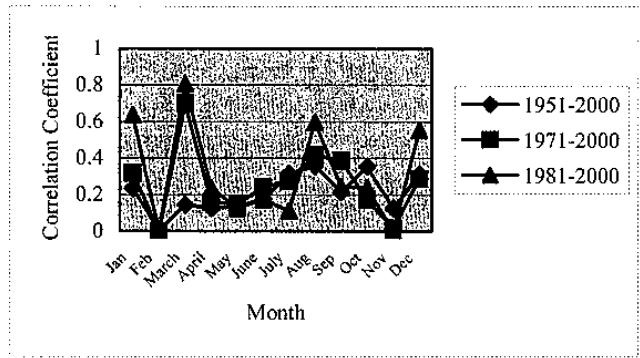
溫度	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
台北	---	---	0.57	---	---	0.54	0.51	0.63	---	---	---	0.32
新竹	---	---	0.53	0.24	---	0.41	0.38	0.55	0.66	---	---	---
台中	0.40	---	0.57	0.23	0.34	---	---	0.24	0.52	0.25	---	---
南投	0.35	---	0.72	---	---	0.38	0.11	0.42	0.34	0.59	---	0.37
嘉義	0.64	---	0.84	0.38	0.67	0.52	0.43	0.68	0.29	0.75	---	0.52
台南	0.41	---	0.65	---	0.66	---	0.35	---	0.38	---	---	0.26
高雄	0.59	---	0.81	0.17	0.39	---	0.33	0.27	0.45	0.31	0.20	---
屏東	0.34	---	0.82	---	0.25	---	0.43	0.32	0.67	---	---	0.45
宜蘭	---	---	0.67	0.17	---	0.45	0.61	0.51	---	---	---	0.32
花蓮	0.19	---	0.72	0.32	---	0.37	---	0.51	0.63	---	---	0.42
台東	0.40	---	0.83	0.14	---	---	---	0.38	0.41	---	---	0.35

(註) --- 代表負的調整後之判定係數

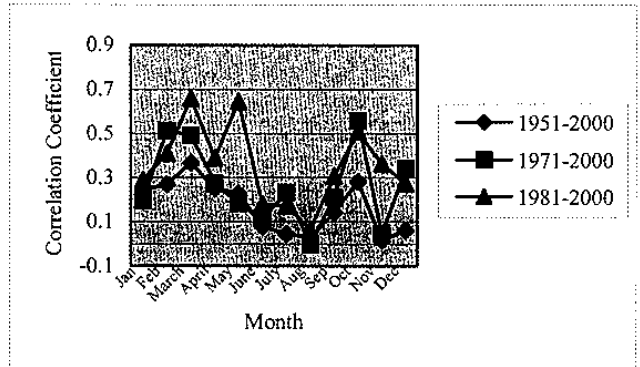
表三 振盪指數與台灣氣候在 1981-2000 年的複相關係數

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	---	---	0.61	0.65	---	0.45	---	0.68	---	---	---	0.18
新竹	0.40	---	0.52	0.21	---	0.20	0.31	---	0.76	---	---	0.64
台中	0.82	---	0.62	0.05	0.65	---	---	---	---	0.45	---	0.58
南投	0.79	---	0.87	0.29	0.40	---	---	0.63	0.58	---	---	0.58
嘉義	0.50	---	0.81	---	0.68	---	0.74	0.71	---	0.84	---	0.74
台南	0.76	---	0.78	0.20	---	0.47	---	0.71	---	0.43	---	0.41
高雄	0.82	---	0.83	0.42	---	---	---	0.87	---	0.34	---	0.44
屏東	0.89	---	0.91	---	---	---	---	0.78	---	---	---	0.59
宜蘭	0.58	---	0.84	0.20	---	---	0.35	0.57	---	---	---	0.52
花蓮	0.31	---	0.94	---	---	---	0.74	0.52	---	---	---	0.68
台東	0.52	---	0.82	0.39	---	---	---	0.63	---	---	---	0.73

(註) --- 代表負的調整後之判定係數



圖一、不同期間的振盪指數與台灣溫度之複相關係數



圖二、不同期間的振盪指數與台灣雨量之複相關係數

表四、最適振盪指數遞延期數

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	7	2	12	7	0	12	3	7	11	---	---	4
新竹	11	---	11	7	0	0	---	7	11	---	---	2
台中	10	---	11	7	0	12	6	12	8	7	3	12
南投	9	---	12	1	0	12	12	7	12	11	2	12
嘉義	9	---	12	---	11	0	5	11	9	11	---	12
台南	10	---	11	7	4	12	---	12	---	12	2	12
高雄	10	---	12	7	---	---	---	12	---	2	2	12
屏東	10	---	12	7	1	3	3	12	---	---	---	12
宜蘭	8	7	12	7	5	---	7	10	4	3	---	12
花蓮	6	---	12	7	2	---	---	12	11	3	2	12
台東	9	7	12	9	1	---	5	5	1	3	---	12

(註) - 代表振盪指數無法解釋氣候的變動

表五、聖嬰現象對台灣溫度之影響 單位: °C

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	0.64	---	0.17	1.12	---	0.89	0.32	0.09	-1.42	---	0.17	-1.58
反聖嬰年	-0.40	---	1.08	-1.51	---	-0.76	-0.19	-0.29	7.48	---	0.53	-0.43
正常年	0.15	---	0.16	-0.15	---	0.09	0.05	-0.04	1.07	---	0.27	0.76

反聖嬰	-0.23	-	-0.46	51.31	-	-	-	-1.63	-	0.31	0.49	1.40
正常年	0.09	-	-0.17	-6.29	-	-	-	-0.01	-	-0.07	0.20	0.54
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	1.72	-	0.38	1.05	0.34	0.07	0.38	0.54	-	-	-	-1.26
反聖嬰	-0.35	-	1.99	-1.15	-0.53	-0.24	-0.18	-1.82	-	-	-	-2.86
正常年	0.09	-	0.76	0.02	0.08	-0.12	-0.08	0.01	-	-	-	0.90
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	0.75	-0.15	-1.30	-	1.06	-	-	0.44	0.15	-0.45	-	-2.29
反聖嬰	40.49	0.65	2.00	-	-1.35	-	-	-1.01	0.25	-0.47	-	-1.48
正常年	0.14	0.19	-0.03	-	-0.24	-	-	0.03	-0.16	0.25	-	1.02
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	0.55	-	-0.01	1.07	0.51	-	-	-0.14	-0.92	-0.11	-0.73	-2.34
反聖嬰	-1.39	-	2.78	-1.94	-1.80	-	-	-0.52	1.27	0.35	-0.20	-1.86
正常年	0.07	-	0.42	-0.17	0.12	-	-	-0.21	-0.49	0.19	0.35	1.04
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	1.29	0.80	0.11	1.73	0.32	-	-	0.50	0.58	0.14	0.43	-2.06
反聖嬰	-0.40	-0.35	2.72	-1.28	-0.50	-	-	-0.26	-0.30	-0.04	-0.10	-2.91
正常年	0.17	0.16	0.37	0.03	0.07	-	-	0.00	0.05	-0.11	-0.12	-0.52

(註) - 代表振盪指數無法解釋氣候的變動

表六. 聖嬰現象對台灣雨量之影響 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	-	-269.33	-	-	-106.70	-325.72	221.70	-	-	-584.64	-	201.88	
反聖嬰	-	189.12	-	-	246.99	233.52	-403.16	-	-	409.69	-	139.42	
正常年	-	13.43	-	-	8.31	46.91	61.00	-	-	270.90	-	21.47	
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	52.01	254.97	175.30	-91.47	-130.13	272.94	-343.97	-	-	31.13	-	-	
反聖嬰	-14.88	-184.23	-101.67	168.54	269.51	-50.68	304.37	-	-	-8.56	-	-	
正常年	6.20	-20.70	-24.22	-5.77	14.55	-39.70	37.79	-	-	-25.44	-	-	
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	47.16	121.33	29.37	132.25	-74.66	-28.61	167.15	-	-	51.53	155.38	-	
反聖嬰	0.13	-550.32	-55.72	-302.50	339.36	-47.71	-203.36	-	-	-71.41	-160.53	-	
正常年	2.27	-127.87	-35.26	-52.11	45.05	30.29	53.80	-	-	-13.04	-5.77	-	
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	58.75	219.59	209.04	-93.29	-425.89	-	-	-	-	30.04	122.67	-	
反聖嬰	-31.89	-213.60	-185.95	-127.23	331.08	-	-	-	-	-201.84	-107.50	-	
正常年	0.86	-32.61	-52.37	-27.47	-1.86	-	-	-	-	-12.08	-30.83	-	
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	1.57	20.95	-64.04	160.56	-458.08	-	-	-	-	-11.55	197.07	-	
反聖嬰	12.19	-18.75	-13.51	-248.93	902.13	-	-	-	-	-89.89	-184.54	-	
正常年	3.46	-2.67	-43.73	32.50	-13.40	-	-	-	-	-25.44	-36.35	-	
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	-	63.48	73.73	-64.14	12.34	-64.11	-	-	-	456.02	42.09	182.18	
反聖嬰	-	-45.87	-42.52	-87.95	219.65	-73.57	-	-	-	-342.15	-20.63	-140.10	
正常年	-	-5.15	-26.98	-15.94	-3.65	46.69	-	-	-	24.72	-31.80	-16.65	
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	-	63.48	73.73	-64.14	-7.60	-64.11	-	-	-	456.02	24.25	182.18	
反聖嬰	-	-45.87	-42.52	-87.95	165.79	-73.57	-	-	-	-342.15	-40.93	-140.10	
正常年	-	-5.15	-26.98	-15.94	-6.18	46.69	-	-	-	24.72	-32.68	-16.65	
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	-	-	17.15	21.47	-	-	369.90	459.59	225.42	321.80	-169.15	-106.08	
反聖嬰	-	-	-81.01	-54.24	-	-	-500.35	444.67	-202.66	-447.76	63.93	47.67	
正常年	-	-	-33.95	3.29	-	-	-59.24	67.47	-73.32	-76.79	37.67	8.67	
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	-33.93	278.42	95.63	-	140.10	-156.04	-	-	-	235.82	-76.79	92.29	
反聖嬰	-11.80	-288.17	-136.05	-	-192.05	-60.58	-	-	-	63.44	-80.25	-320.88	
正常年	27.29	-46.01	-31.93	-	28.91	-39.93	-	-	-	-113.03	-57.12	15.61	
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	-	-34.66	-55.33	-158.63	-166.81	-	-	-34.95	-11.75	-128.27	-488.23	-143.03	11.31
反聖嬰	-	0.53	-2.09	187.52	155.91	-	-	-17.07	-43.13	354.12	449.26	-245.40	52.59
正常年	-	-17.29	32.90	24.47	-22.33	77.69	-	-	-16.96	-7.29	24.45	-41.07	52.16
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	-33.13	1.43	146.12	30.05	124.07	-	-	-202.49	-	-	-24.61	-495.09	
反聖嬰	12.40	-36.55	-142.68	-61.43	-65.69	-	-	104.31	-	-	-171.66	-41.39	
正常年	3.13	-4.32	-17.27	-6.73	0.96	-	-	-16.50	-	-	107.92	-22.64	

(註) - 代表振盪指數無法解釋氣候的變動

表七. 聖嬰現象對稻米產出之影響 單位:%

地區	聖嬰年	一期稻作 反聖嬰年	正常年	聖嬰年	二期稻作 反聖嬰年	正常年
台北	5.6	-2.35	-0.47	-0.29	0.68	0.31
新竹	0.79	3.72	0.08	-7.63	-8.74	10.19
台中	0.53	-2.09	-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	5.51	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	3.20	-11.78	0.08	-	-	-

資料來源: 本研究計算結果

參考文獻

中央氣象局網站, 2003: <http://www.cwb.gov.tw/v4/>
 行政院農業委員會, 農業統計年報: 1961-2000。
 行政院環保署, 1998: 聖嬰與反聖嬰現象宣導手冊。
 宋秉明, 1997: “印尼霾害啓示錄”, 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”, 中興大學農業經濟研究所碩士論文。
 李淑媛, 2000: “WTO 之規範對世界稻米貿易的影響”, 文化大學經濟學研究所碩士論文。
 汪中和, 1998: “談聖嬰現象”, 中央研究院週報, 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”, 台灣大學農業經濟研究所碩士論文。
 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。
 馬家麟, 1998: “聖嬰現象對台灣降雨量之影響”, 天氣分析與預報研討會論文彙編, 交通部中央氣象局, 281-285。
 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, 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 輯, 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”, 台灣大學農業經濟研究所碩士論文。
 魏國彥、許晃雄, 1997: 全球環境變遷導論, 臺北: 臺灣大學全球變遷中心。
 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)”, 行政院國科會。
 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, Richard M., Chi-Chung Chen, Bruce A. McCral, and Rodney 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, Chi-Chung and 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, Chi-Chung, Bruce A. McCral, and Richard M. Adams, 2001: "Economic Implications of Potential ENSO Frequency and Strength Shifts" Climate Change, 49, 147-159.
- Chen, W.Y., 1982: "Assesment of Southern Oscillation Sea-Level Pressure Indices", *Monthly Weather Review*, 100, 800-807.
- FAO, 1997: "El Niño Raises the Number of Countries with Food Supply Problems to 37-The Most since September 1984." Press Release 97/73, Rome: Food and Agriculture Organization.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., Shaw, D., 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 DC.
- Segerson, K., Dixon, B.L., 1999: Climate Change and Agriculture: The Role of Farmer Adaptation. In: Mendelsohn, R. and J. E., Neumann, eds., *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Chapter 4. Cambridge University Press, Cambridge
- Saha A, Havenner A, Talpaz H. 1997. Stochastic Production Function Estimation: Small Sample Properties of ML versus FGLS. *Applied Economics* 29: 459-469.
- Solow, R. et al., 1998: "The value and Improved ENSO Prediction to U.S. Agriculture." Climatic Change, 39, 47-60.
- Wu, H., 1996: The Impact of Climate Change on Rice Yield in Taiwan. In: Mendelsohn, R., Shaw, D., eds., The Economics of Pollution Control in the Asia Pacific, Edward Elgar, Cheltenham, UK.