

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

052206

當地球發燒時，台灣的稻米產量怎麼了？

學校名稱：新北市私立時雨高級中學

作者：	指導老師：
高一 徐綠汝	葛滿龍
高一 郭立城	
高一 陳 彤	

關鍵詞：全球暖化、二氧化碳肥料效應

摘要

受到全球暖化的影響，不但造成沙漠擴增、極端氣候加劇、雨林逐漸消失，甚至威脅人類的生存，根據2014聯合國農糧組織報告：全世界仍有39個國家面臨糧食危機。這點勾起我們的憂患意識與興趣，想進一步了解目前全球暖化與台灣稻米產量間的關係。經利用文獻探討及Excel趨勢分析統計，得知以下幾點結論：

- 一、台灣的氣溫上升趨勢也與全球趨勢相似，屬於暖化階段。
- 二、1976年大約能代表台灣水稻受全球暖化的氣象環境影響依據年代。
- 三、台灣稻作產量與暖化的關係，大略可以用飛機起飛、降落、著地三階段模式做為解釋。
- 四、2001至2014年台灣耕地稻米每公頃平均產量，以Excel做趨勢分析統計得一關係式：

$$y = 0.001x^6 + 0.442x^5 - 18.19x^4 + 256.9x^3 - 1546x^2 + 3833x + 1644。$$

壹.研究動機

當人們發燒時，我們會去看醫生，然後吃藥，解決病痛，但當地球發燒時，我們又能做什麼呢？根據「政府間氣候變化專家委員會（IPCC）」第四次評估報告(<http://ipcc-wg1.ucar.edu>)指出：1850年以後全球平均溫度以每百年 0.74°C 的幅度增暖，最近50年溫度增幅幾乎是百年來的兩倍，愈靠近現在增幅愈大，顯然全球溫暖化還在加劇。隨著暖化的加劇也將導致地表水循環加快，水的蒸發速率加速，不但造成沙漠擴增、極端氣候加劇、雨林逐漸消失、熱浪、乾旱、豪雨及颱風發生頻率與強度的增加，甚至惡化全球的糧食供應，威脅人類的生存，例如：聯合國農糧組織發布農作物前景展望及糧食情勢報告中明確地告訴世人：全世界仍有39個國家面臨糧食危機。由此可知，當地球發燒時，人類自己也是受害者，而對人類的傷害首當其衝就是一暖化；暖化將嚴重影響糧食之生產及其所衍生的缺糧問題。

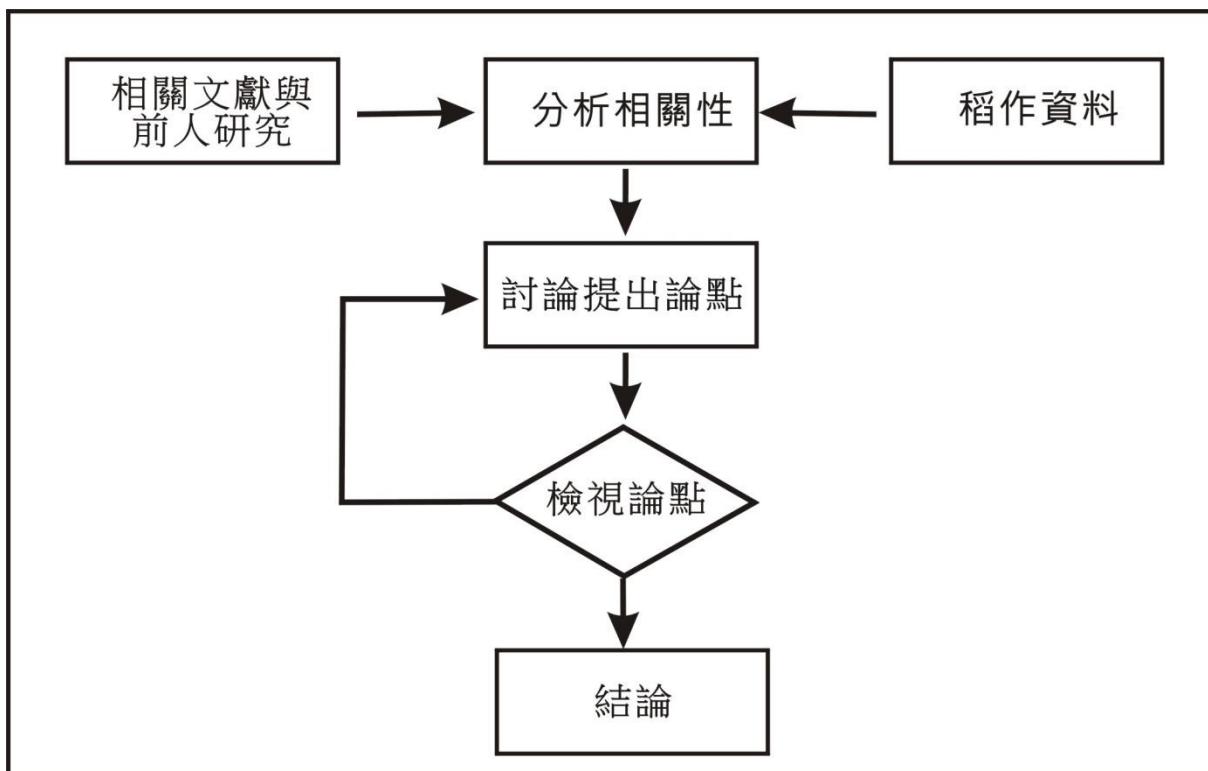
近來有學者認為台灣百年來所歷經的暖化現象與全球趨勢一致，甚至認為臺灣溫度的上升卻遠大於全球的平均值（陳守泓、姚銘輝、申雍，2005），這個很令我們擔心，台灣的缺糧問題，是不是相形之下更為嚴重；這點勾起我們的憂患意識，也引起我們的興趣，想進一步了解目前全球暖化對台灣主要的糧食—稻米的影響如何？甚至稻米產量與暖化有著怎樣的關係？彼此的影響關係如何？試圖找出它們之間的關係式。

貳.研究目的

- 一、探討暖化對台灣的稻作產量影響如何？
- 二、探討近百年來台灣稻作產量與全球暖化的關係？
- 三、提出全球暖化與台灣稻作產量的關係式。

參.研究過程與方法

- 一、研究架構



圖一：本研究架構

首先與老師出討論這次科展的主要的題目及相關概念，緊接蒐集有關暖化及稻作產量的期刊、文獻等資訊，據以進行文獻探討、資料整理與分析，以找出彼此的相關性，如附圖一。

- 二、研究方法

(一)文獻探討法：透過文獻整理，我們得以了解全球暖化對稻作的影響，進而整理暖化與稻米產量彼此之間的聯動性。所謂文獻探討，依據前人的研究結果作為研究基礎或理論依

據，進而採用適當的研究策略(傅秀蘭，2013)。

(二) Excel統計及多項式趨勢分析法：本研究資料分析是利用農糧署公布的稻作資料，相互進行整理與分析，然後利用Excel進行統計及多項式趨勢分析。多項式趨勢分析最早來自於地質學的構造等值線圖和二維曲面圖。如今，多項式趨勢分析已被用於多方面的數據的數量化分析，例如：李哲、張淑英（2008）利用多項式趨勢分析成功地預測中國2010年的天然氣需求。從Excel趨勢分析可以簡單、迅速地看出走勢圖與其基礎資料之間的關係，不用複雜、艱深的統計軟體，就可以探討「全球暖化對稻米產量的影響」，試圖找出其相互關係。

三、假設

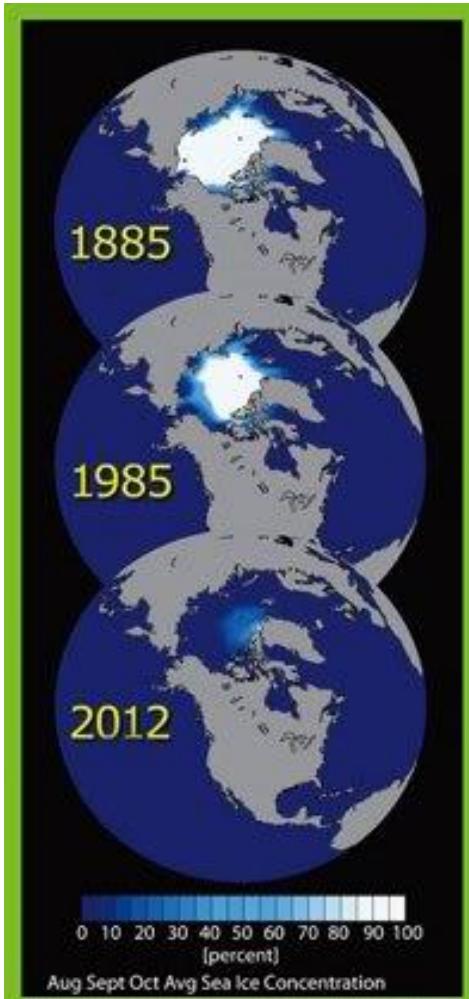
- (一)假設稻米產量僅受氣溫的高低因素影響，並無病蟲害之影響。
- (二)全球暖化前後農民的農業技術與資訊均相同。
- (三)全球暖化前後所有稻作均使用的相同品種、水稻生理資料均相同。
- (四)全球暖化前後所有稻作均擁有充足的養分及相同土壤資料。

肆.討論

一、全球暖化會影響糧食生產嗎？

全球暖化造成許多毀滅性的天災，例如 2013 年海燕颱風的噬冽、2014 年冬天美國紐約的暴風雪、2015 年夏天歐洲的熱浪侵襲等等，全部都與地球氣溫上升有直接關係，圖二是 1885 年、1985 年、2012 年同一地點的北極冰圈衛星圖，圖中可清楚的顯見，北極冰原逐漸消失，被視為全球暖化最直接的證據（網站，擷取時間 2016/03/05）。由此可知，全球暖化正衝擊著人類的生活；近幾年來，聯合國糧農組織（FAO）不斷向各國政府發出警示：全球暖化所引起的極端氣候會導致糧食收成不易，加上全球人口有增無減，所以糧食供給無法滿足市場需求的情形將會加劇，才是值得注意的課題。同時多位學者如：Gregory（1999）也指出極端氣候將惡化全球糧食生產與供應的穩定性。Hahn（1999）更說明全球暖化致使溫度升高進而導致禽畜攝食量、生長速度和繁殖力下降，以及病蟲害增加，農作物產量降低。Rosegrant（2001）更以糧食供應的脆弱度說明農業生產與糧食安全受到全球極端氣候的影響很大。甚至由於海洋溫度升高，南、北極和格陵蘭的大陸冰川加速融化，導致海平面上升，以至於陸地面積會

縮小，相對地，可耕地亦會受到海水淹沒，進而導致糧食的產量大為減少，這些都會影響人類居住環境與糧食的來源，甚至可能導致飢餓及戰爭，不可不慎！

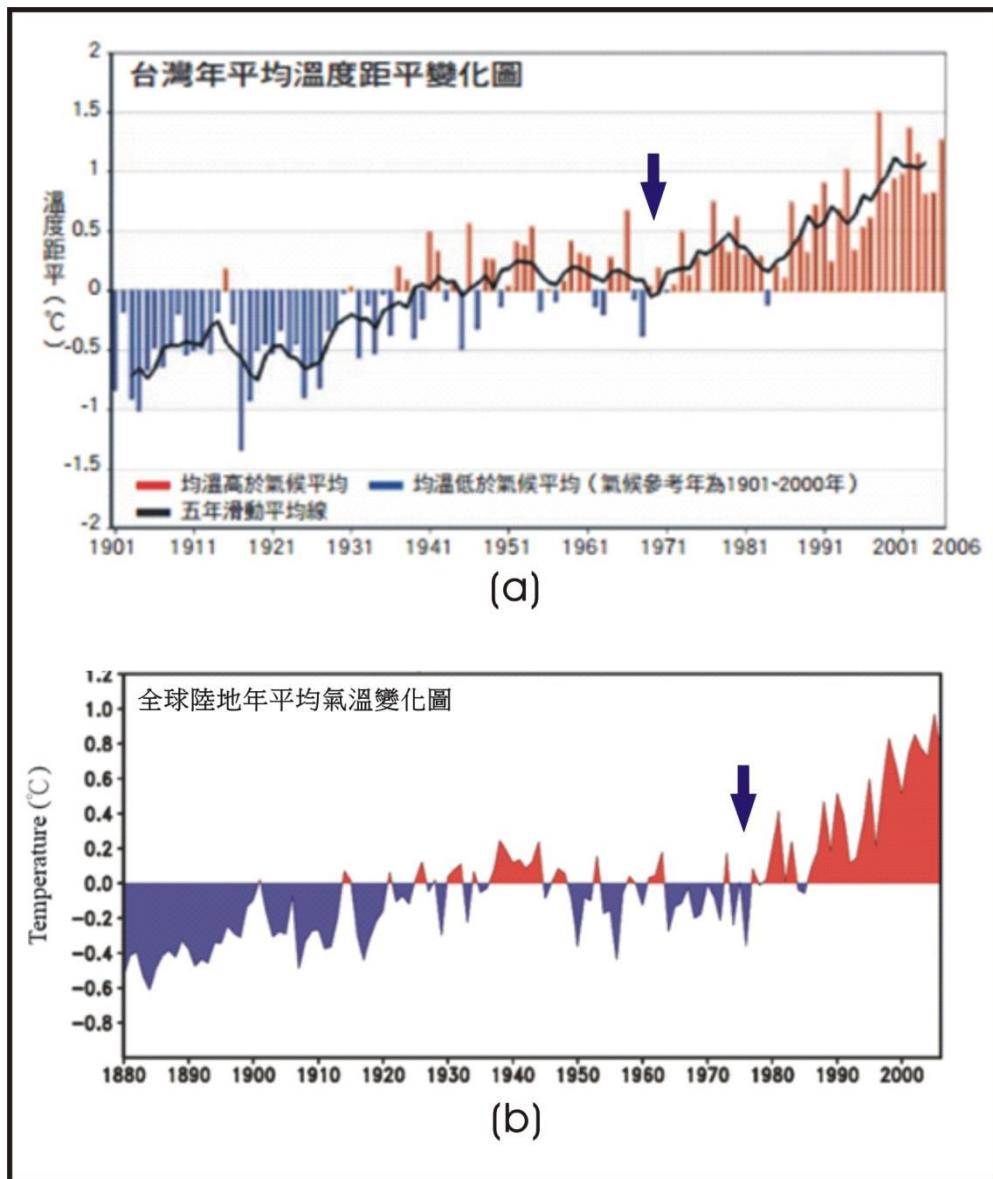


圖二： 1885 年、1985 年、2012 年同一地點的北極冰圈衛星圖，圖中可清楚的顯見，暖化加速北極冰原融化的情形 (網站，2016)。

二、台灣暖化了嗎？

若全球暖化這個議題是肯定的，那當地球發燒時(全球暖化)，台灣是否也受到影響呢？那暖化的時間又是從什麼時候開始的呢？許晃雄（2007）以 1901~2000 年的百年年均溫為參考，利用台灣年平均溫度距等資料，提出過去百年間台灣的年均溫上升了約 1.4°C ，如圖三(a)；圖三(b)則是盧孟明等人（2004）以 1880-2006 年全球陸地年平均氣溫變化為參考，以計算每年均溫與百年均溫的差距值，由此可看出大約是台灣的氣溫上升趨勢也與全球趨勢相似，屬於暖化階段。但若我們進一步比對許晃雄（2007）的台灣年平均溫度距平變化圖，台灣的暖化

起始點是 1970 年，如圖三(a)，盧孟明等人（2004）的全球路的平均溫度變化圖，暖化起始點則是 1979 年，如圖三(b)。如此，我們發現台灣的暖化的起始點似乎比全球暖化的起始點還要早些；但可以肯定的是，台灣的暖化的起始點一定落在 1970 年至 1979 年間；至於何年呢？我們後續還會再討論。



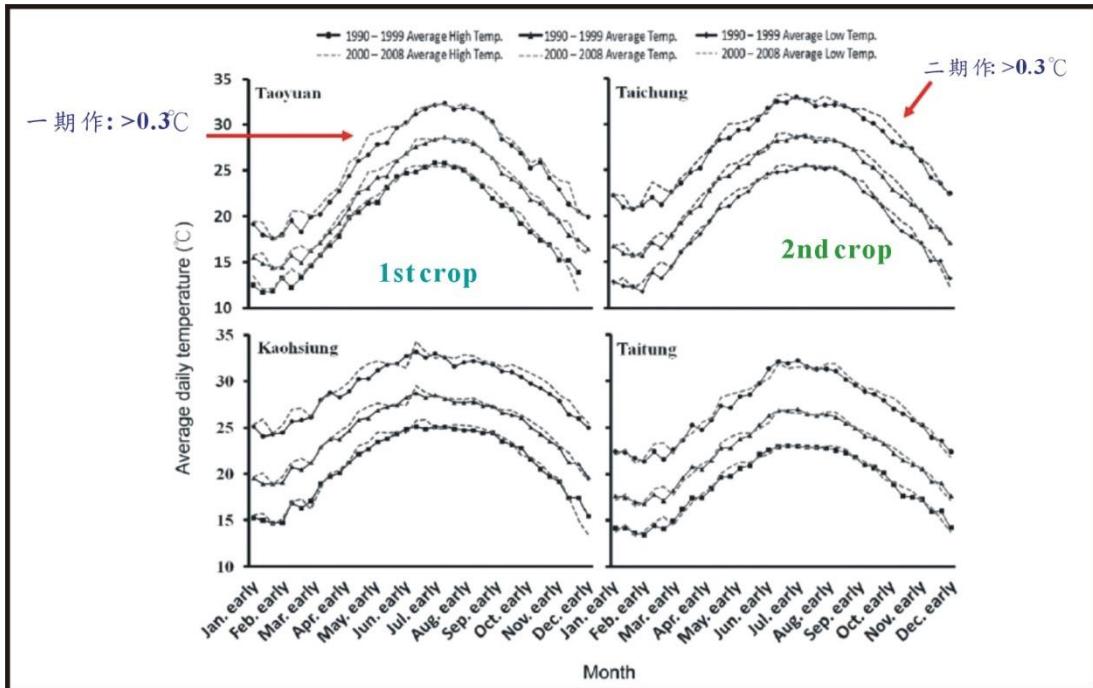
圖三：(a)過去百年間，台灣的年平均氣溫上升了約 1.4°C (修改自許晃雄，2007)；

(b) 1880-2006年全球陸地年平均氣溫變化圖 (修改自盧孟明等，2004)。

三、暖化對台灣稻米產量有影響嗎？

盧虎生等（2009）利用桃園、台中、台南及高雄水稻主要栽培區的溫度與稻作栽培時序分析顯示，2000-2008年期間主要栽培區的溫度比起前10年期(即1990-1999年)呈現上升的趨勢，如圖四所示；值得特別注意的是一期作及二期作的穀粒充實期間(大約五月、九月時)都出現了

溫度升高現象(上升大於 0.3°C)；意指暖化會導致稻米品質方面下降。另外，他們也強調暖化可能造成脆弱地區的糧食生產問題，尤其是低緯度地區及乾旱地區(如南非洲地區)，其饑荒風險及人數皆可能增加，台灣處於低緯度地區，更是適應於脆弱地區邊緣，屬於饑荒高風險區。



圖四：2000-2008 年與 1990-1999 年主要稻作栽培區溫度之比較。(盧虎生等, 2009)

另外，我們整理農糧署近百年台灣稻作的種植面積及稻作產量，如附表 1 台灣稻米生產表，以及圖六台灣稻米產量折線圖，發現台灣稻作的產量最高時期在 1976 年間，之後稻作的產量便一路下滑，但暖化會影響水稻的產量（鍾玉玕，2004；洪偉勝，2009），若再參酌台灣的暖化的起始點一定落在 1970 年至 1979 年間等論點，那麼我們可以合理地推論：1979 年絕不是台灣暖化的起始點，理由有二：一是因為 1979 年稻作的產量正快速下滑中；二是水稻生長必須要有時間，暖化不可能當年就立即見到減產的效應，它會有延遲的作用。故保守起見，我們認為 1976 年台灣稻作的產量最高時期大約能代表台灣暖化的起始年，以及作為推測全球暖化對台灣稻米氣象環境影響的依據。

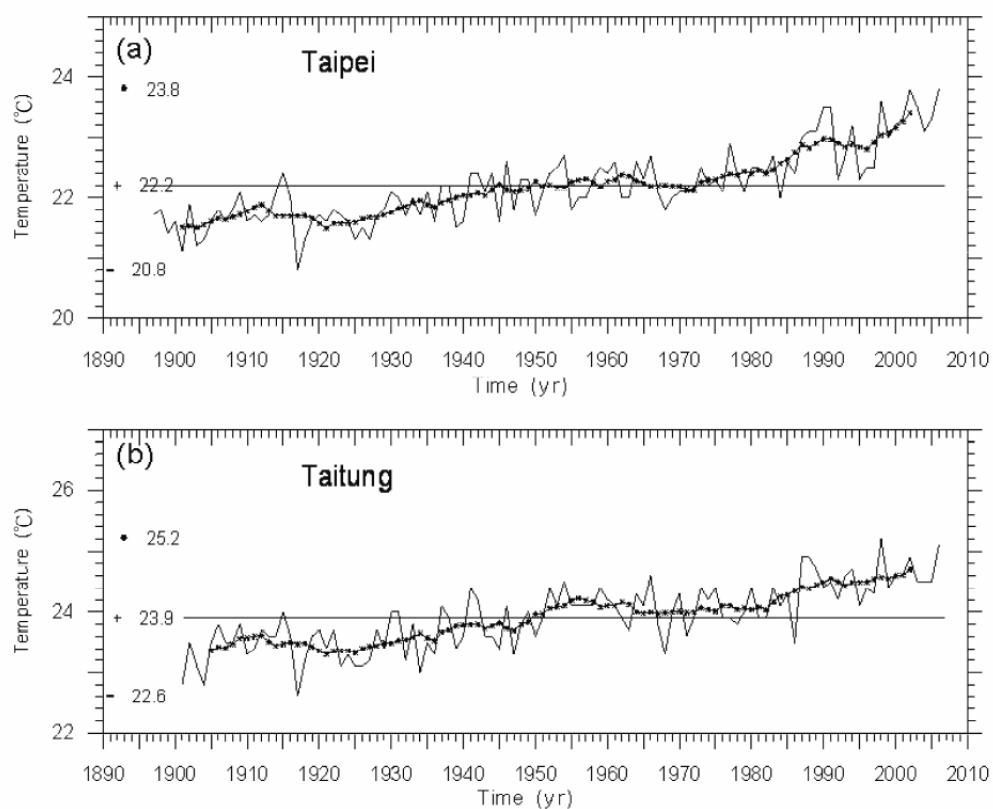
再者，我們觀察盧孟明等（2004）台北及台東在 1900 年年均溫分別為 21.6°C 、 23.4°C ，而

表 1 台灣稻米生產表

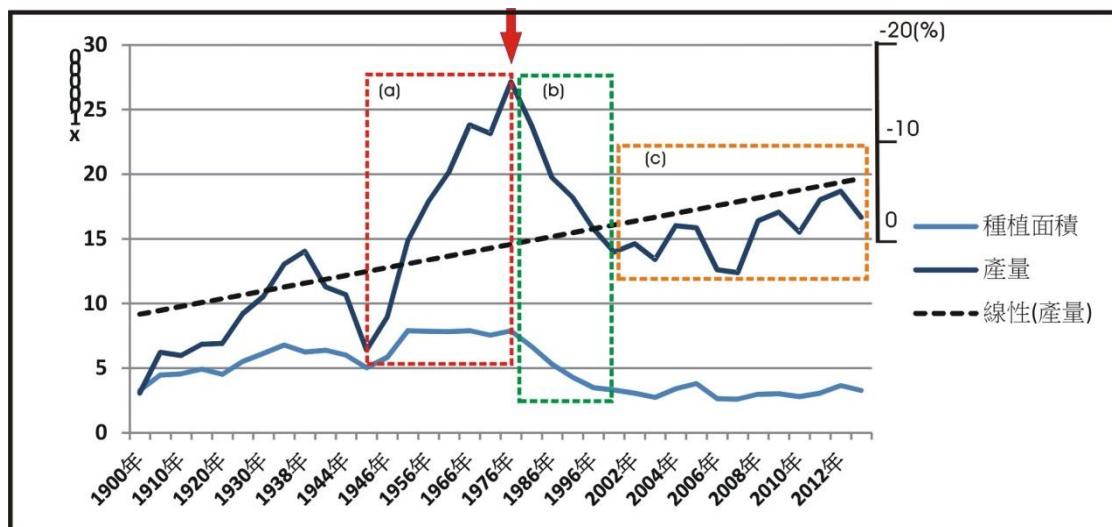
年代 (西元)	稻米種植面積 (公頃)	稻米產量 (公噸)	單位稻米產量 (公斤/公頃)
1900 年	325653	307147	943
1905 年	447432	621978	1390
1910 年	456276	598211	1311

1915 年	491089	683511	1392
1920 年	450169	691764	1383
1925 年	550835	920452	1671
1930 年	614390	1052931	1714
1935 年	678629	1303164	1920
1938 年	625398	1402414	2242
1940 年	638622	1128484	1768
1944 年	600688	1068121	1778
1945 年	502018	638828	1273
1946 年	581234	894021	1538
1951 年	789075	1484792	1882
1956 年	783629	1789829	2284
1961 年	782510	2016276	2577
1966 年	788635	2379661	3017
1971 年	753451	2313802	3071
1976 年	786343	2712985	3450
1981 年	667082	2375096	3560
1986 年	531561	1973823	3713
1991 年	428802	1818732	4241
1996 年	347762	1577289	4536
2001 年	331619	1396274	4210
2002 年	306840	1460670	4760
2003 年	272124	1338287	4918
2004 年	338704	1602201	4609
2005 年	379571	1584789	4004
2006 年	263224	1261803	4754
2007 年	260117	1239743	4222
2008 年	296666	1639488	5527
2009 年	302676	1705642	5635
2010 年	279882	1550270	5540
2011 年	306812	1801796	5873
2012 年	364863	1869014	5029
2013 年	325738	1665720	5114

資料來源：農業統計年報 88 年版、95 年版；農糧署網站



圖五：臺北和臺東測站自1900年至2004年的氣溫變化(盧孟明等，2004)。



圖六：台灣暖化與稻作產量關係圖 (農業統計年報 88、95 年版及農糧署網站)

至2004年時，年均溫就變成 23.1°C 及 24.6°C （如圖五），這個數據讓我們發現台灣近百年來的溫度大概足足暖化了約 1.5°C 及 1.2°C 左右。換言之，若根據洪鍾玉玗的外電報導（2004）：國際水稻研究所(IRRI)依據菲律賓12年來稻作的收成量與氣溫變化所作分析比較：地表每暖化一度，稻作收成量就銳減10%；則台灣的稻作產量應減少15%左右。但事實上，台灣近百年

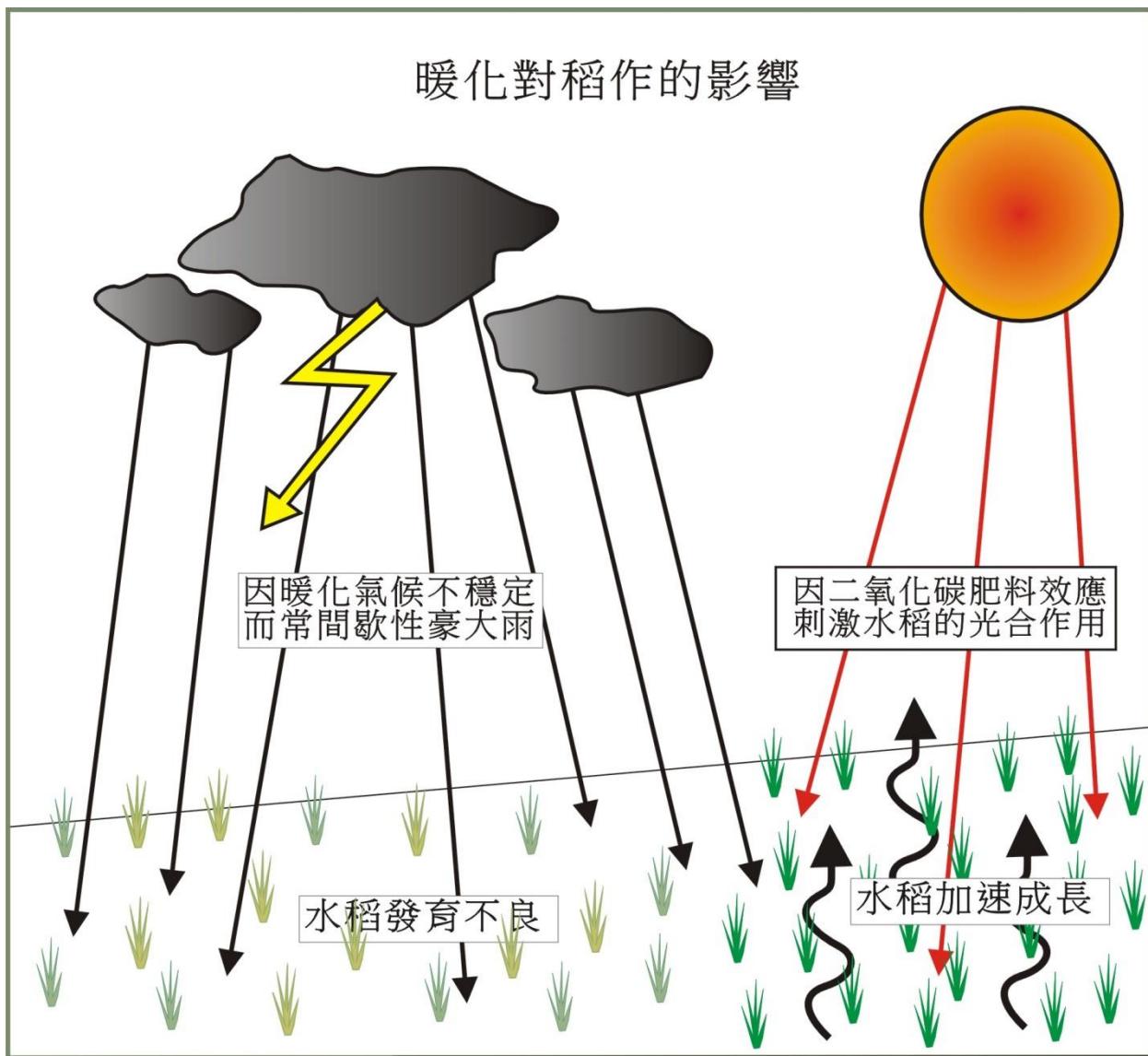
的稻作產量並未銳減，除在1976年至1996年間稻作產量有明顯地銳減外，如圖六；相反地，稻作產量大致還呈現成長的趨勢，甚至每公頃的平均產量還呈現逐年提升的趨勢。至此，我們心中一定會有個疑問，難道台灣的稻作真的就不受全球暖化影響嗎？

四、暖化與稻作產量的關係

事實並非如此，因為對農業生產而言，氣候具有二種意義，若能有效管理則為一種資源，相反的，若無法有效管理則是一種危害。根據姚銘輝、盧虎生、朱鈞、蔡金川（2000）資料顯示：大氣中的二氧化碳濃度在過去200年來，由280ppm增加到350ppm，尤其在最近的35年間，更由315ppm迅速增加到350ppm，如此，二氧化碳濃度的增加速度則是過去200年的近3倍左右，而這樣增加的二氧化碳濃度會直接刺激作物的光合作用快速進行，進而增加作物的生長，這種快速的生理反應一般稱為“二氧化碳肥料效應”；若在其他條件配合下，可使作物生育更好及更有活力，進而提高作物的產量（姚銘輝等，2000）。如此一來，稻作的產量也就增加了，於是我們提出台灣稻米產量與暖化的關係圖，如圖七：即是在暖化的過程中，由於暖化的關係，導致氣候的不穩定，發生間歇性的豪雨，致使水稻的發育不良，影響稻作產量；另一方面，也會因二氧化碳的增加，產生“二氧化碳肥料效應”進而刺激水稻的光合作用，加速水稻的成長，稻作的產量因而增加。

那麼，台灣近百年稻作產量與暖化的關係又是如何呢？我們提出飛機起飛、降落、著地三階段模式做為解釋如下：當台灣逐漸暖化的過程中，稻米產量受到「二氧化碳肥料效應」的影響，使得台灣稻米的產量因而逐漸增加中，如圖六(a)，屬於起飛階段；等到1976年台灣的暖化溫度累積到一定的程度後，「二氧化碳肥料效應」的潛在效益被溫度升高給抵銷了，溫度除對水稻的生產有不利影響外，也會導致病蟲害損失增加（陳守泓等，2005；Hahn,1999），稻米的產量則受氣溫升高的影響就變大了，以致於稻米產量減少，如圖六(b)，屬於降落階段；特別一提是，圖六(b)稻米產量驟降的原因，除了受暖化的影響外，另一原因則是國人的生活水準提高以及飲食習慣的改變，衍生稻米過剩的問題，為了解決稻米過剩，政府提倡稻田轉作政策，降低耕作面積，逐年降低產量（葉惠美，2003），因此，在雙重作用下，稻米產量相形之下就驟降了許多。等到稻田轉作政策運作到一定的程度之後，台灣稻米產量則再度因二氧化碳肥料效應影響，稻米產量提高，且透過對氣候因子（例如溫度及降水）的影響，間

接影響作物生長；然而降水又會降低大氣的二氧化碳濃度，間接降低暖化的效應，如此，反反覆覆相互影響下，提高二氧化碳濃度有助於水稻增產，但等到溫度提高到一定程度後，則會使稻米產量減少（姚銘輝、盧虎生、朱鈞、蔡金川，2000），進而產生如同飛機著地時起起落落的樣子，如圖六(c)，屬於著地階段。



圖七：暖化與稻作生產關係圖 (本研究所提出之暖化與稻作生產關係圖)

五、十年來台灣稻作產量與暖化間的關係

(一) Excel多項式趨勢分析

到此，我們可以說，圖六(c)反映出近十年來台灣稻作產量與暖化彼此間的關係。然而，近十年台灣稻作產量與暖化間的關係至為重要，畢竟深深影響著現在的糧食生產，需要更深入探討。洪偉勝（2009）曾利用應用ORYZA2000統計模式預測2000-2009年溫度上升1-2

$^{\circ}\text{C}$ 或下降1-2 $^{\circ}\text{C}$ 對產量的影響。然因為無台灣本土水稻生理資料、田間試驗資料及土壤資料等必需之相關參數資料，以致效果並不理想。本研究使用農委會農糧署2001至2013年台灣耕地稻米每公頃平均產量資料，並為使問題簡單化，提出一些假設，以方便了解近十年來台灣稻作產量與暖化彼此間的關係，再利用Excel多項式趨勢分析進行統計分析；該多項式趨勢分析的基本原理是通過回歸分析，運用最小平方法擬合一個二維非線性函數，利用數學曲面類比地理要素在空間上的分佈及變化趨勢。因此，該趨勢分析是一種非常清楚、迅速、簡單的統計模型來描述變數空間分佈的方法。趨勢分析最早來自於地質學的構造等值線圖和二維曲面圖。如今，多項式趨勢分析已被用於多方面的數據的數量化分析，例如：李哲、張淑英（2008）利用多項式趨勢分析成功地預測中國2010年的天然氣需求。

(二)多項式趨勢分析模型建立原理

觀測資料可設為 $z_i (x_i, y_i)$ ，($i = 1, 2, \dots, n$)，趨勢值擬合值設為 $\hat{z}_i (x_i, y_i)$ ，則設計等式： $z_i (x_i, y_i) = \hat{z}_i (x_i, y_i) + \varepsilon_i$ ， ε_i 為剩餘值（殘差值）。

(三)趨勢分析模型多項式的形式

一次多項式趨勢模型： $z = a_0 + a_1 x + a_2 y$ 。

二次多項式趨勢模型： $z = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2$ 。

三次多項式趨勢模型： $z = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 + a_6 x^3 + a_7 x^2 y + a_8 xy^2 + a_9 y^3$ 。

.....

在實際應用中，雖然一般隨著趨勢面多項式的次數越高，其擬合程度也越高。但是隨著多項式次數的提高，通用性和預測性也就越低，計算也越複雜。所以應先考慮用一次多項式趨勢模型擬合，再用二次多項式趨勢模型擬合，如果還不能滿足研究需求，則需選用三次多項式趨勢、四次多項式趨勢甚至更高次趨勢進行擬合。

(四)舉例說明如下：

若實驗得到四個數據點 $(x, y) : (1, 6), (2, 5), (3, 7), (4, 10)$ 。(如圖八紅色的點)

我們希望找出一條和這四個點最匹配的直線 $y = \beta_1 + \beta_2 x$ ，即找出在某種「最佳情況」

下能夠大致符合如下超定線性方程組
的 β_1 和 β_2 ：

$$\beta_1 + 1\beta_2 = 6$$

$$\beta_1 + 2\beta_2 = 5$$

$$\beta_1 + 3\beta_2 = 7$$

$$\beta_1 + 4\beta_2 = 10$$

最小平方法採用的方法是儘量使等號兩邊的方差
最小，也就是找出這個函數的最小值：

$$S(\beta_1, \beta_2) = [6 - (\beta_1 + 1\beta_2)]^2 + [5 - (\beta_1 + 2\beta_2)]^2 + [7 - (\beta_1 + 3\beta_2)]^2 + [10 - (\beta_1 + 4\beta_2)]^2.$$

最小值可以通過對 $S(\beta_1, \beta_2)$ 分別求 β_1 和 β_2 的偏導數，然後使它們等於零得到。

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 0 = 8\beta_1 + 20\beta_2 - 56$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_2} = 0 = 20\beta_1 + 60\beta_2 - 154.$$

如此就得到了一個只有兩個未知數的方程組，很容易就可以解出：

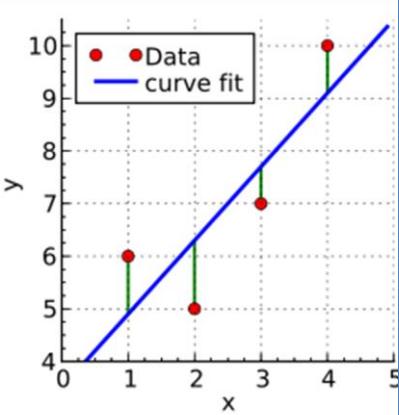
$$\beta_1 = 3.5$$

$$\beta_2 = 1.4$$

也就是說直線 $y = 3.5 + 1.4x$ 是最佳的。

(五)多項式趨勢分析文獻案例：

李哲、張淑英（2008）利用多項式趨勢分析成功地預測中國2010年的天然氣需求；該多項式趨勢分析是根據中國境內之生產總值 G D P 和人口數量這兩項變數，利用多項式趨勢分



圖八 多項式趨勢分析

析理論，並以最優擬合原則建立起天然氣消費需求量與國內生產總值（GDP）和人口數量相關的最佳數學預測模型，成功地預測中國對未來天然氣消費需求量，被認為是一項具有一定可靠性的預測分析，以下為其文獻的概要，如圖九。

(六)研究成果：

本研究是根據農糧署公布的稻米每年每公頃平均產量（單位公斤）以及中央氣象局年均

表 2 天然气需求预测表 亿 m³

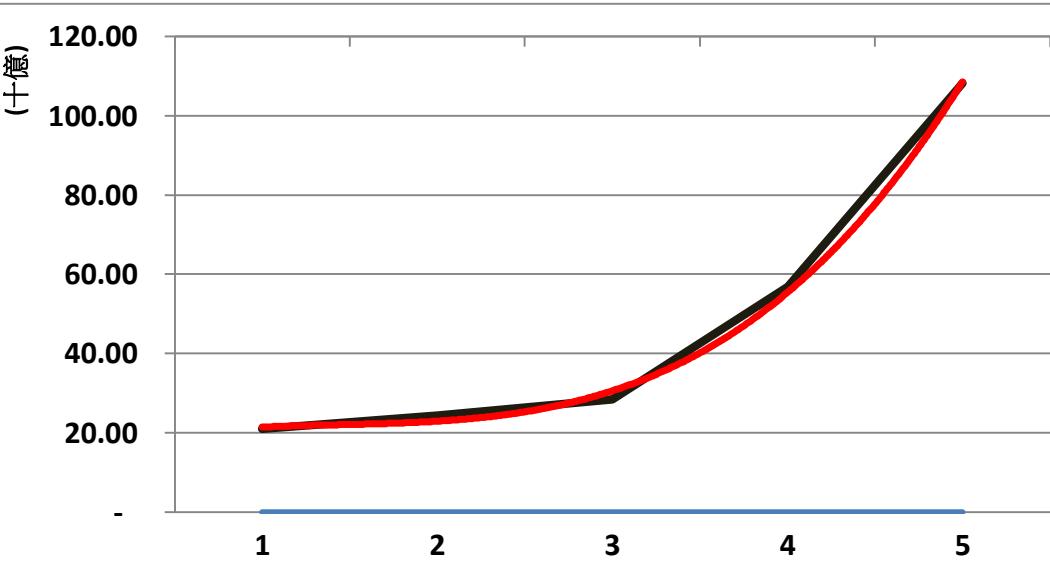
年份	预测值	实际值
1998	21 046 242 298	19 700 000 000
1999	24 383 937 318	20 900 000 000
2000	28 389 281 539	23 800 000 000
2005	56 896 642 093	49 700 000 000
2010	108 197 742 413	

$$R = \sum_{i=1}^n [Z - (a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2)]^2$$

$$\frac{\partial R}{\partial a_0} = 0, \frac{\partial R}{\partial a_1} = 0, \frac{\partial R}{\partial a_2} = 0, \frac{\partial R}{\partial a_3} = 0, \frac{\partial R}{\partial a_4} = 0, \frac{\partial R}{\partial a_5} = 0,$$

$$z = 0.000024x^3 - 0.000011x^2y + 0.000045xy^2 - 0.000011y^3.$$

通过计算机模拟计算，得到预测数据（表2）。



圖九 利用運用Excel多項式趨勢分析預測中國天然氣需求（李哲、張淑英，2008）

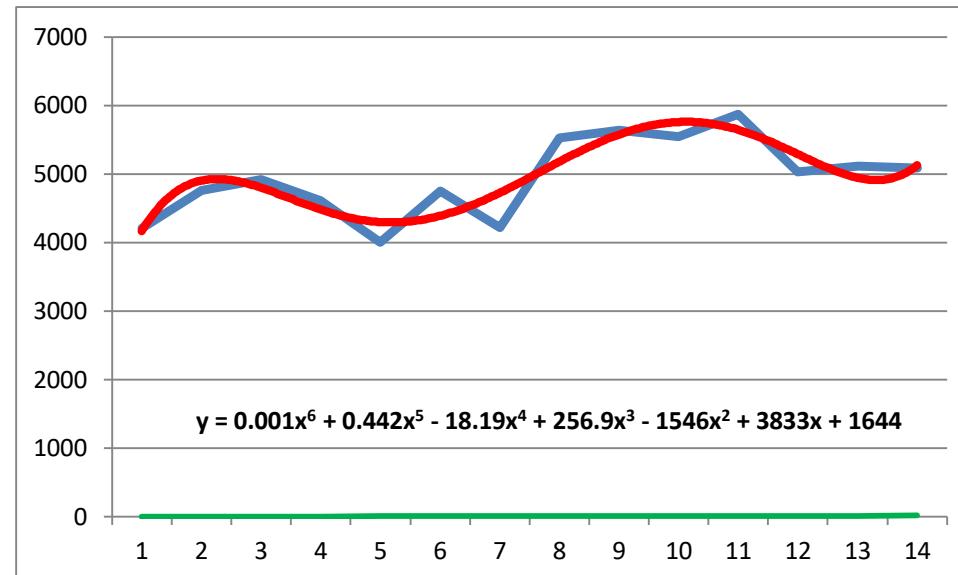
溫度（單位C°）兩項變數，如表3所示。利用Excel多項式趨勢分析預測台灣稻作平均產量，結

果近十年台灣稻作平均產量有明顯的波浪變動和長期呈逐年上升趨勢。由此可知，利用Excel強大的計算能力以及其提供的函數和資料分析工具，為建立複雜的統計或計量分析工作帶來極大的方便，大大的提高工作效率，並可製作出精美的圖表，使統計結果一目了然。經由多項式趨勢分析得台灣稻作近十年平均產量與暖化的關係式： $y = 0.001x^6 + 0.442x^5 - 18.19x^4 + 256.9x^3 - 1546x^2 + 3833x + 1644$ ，如圖九所示，如此我們可以簡單地預測次年可能的稻作產量。

表3 台灣稻米平均產量(每公頃)預測表

年份	實際稻米平均產量 (每年公斤/每公頃)	年均溫度(C°)	預測稻米平均產量 (每年公斤/每公頃)
90 年	4210	23.3	4208
91 年	4760	23.8	4850
92 年	4918	23.5	4992
93 年	4609	23.1	4603
94 年	4004	23.3	4136
95 年	4754	23.8	4312
96 年	4222	23.6	4779
97 年	5527	23.2	5270
98 年	5635	23.4	5608
99 年	5540	23.3	5708
100 年	5873	22.7	5570
101 年	5029	23.2	5285
102 年	5114	23.4	5035
103 年	5085	23.5	5087
104 年		23.8	4492

(稻米平均產量來自農糧署；年均溫度來自中央氣象局台北氣象站)



圖九：十年台灣稻作平均產量與暖化的關係式(本研究之研究成果)

伍.結論

糧食是人類生活的基礎，台灣糧食的主要作物是稻米，在全球暖化下可能造成台灣農地面積之減少，降低台灣稻米的產量。由於台灣地狹人稠，全球暖化勢必不利於我們稻米的產量，降低台灣稻米自給能力，如此台灣未來可能面臨缺糧的危機，所以我們亟需了解目前全球暖化對台灣稻米產量的影響以及兩者彼此間的相互關係，找出因應對策。

綜上所述，我們發現幾點結論如下：

- 一、台灣的氣溫上升趨勢也與全球趨勢相似，屬於暖化階段。
- 二、1976年大約能代表台灣水稻受全球暖化的氣象環境影響依據年代。
- 三、台灣稻作產量與暖化的關係，大略可以用飛機起飛、降落、著地三階段模式做為解釋。
- 四、近十年台灣稻作平均產量有明顯的波浪變動，推測可能是受暖化的因素影響。
- 五、2001至2014年台灣耕地稻米每公頃平均產量，以Excel做趨勢分析統計得一關係式：

$$y = 0.001x^6 + 0.442x^5 - 18.19x^4 + 256.9x^3 - 1546x^2 + 3833x + 1644。$$

- 六、根據所得之關係式預測2015年台灣耕地稻米每公頃平均產量約為4492公斤。

陸.參考資料

- 一、期刊論文

李哲、張淑英（2008）。基於多項式趨勢面分析理論的天然氣需求預測。資源與產業，02期，P105-107。

朱鈞、姚銘輝、蔡金川、盧虎生（2000）。DSSAT模式在預測水稻產量及氣候變遷衝擊評估之通用性探討。中華農業研究，49卷4期，P16 – 28。

洪偉勝（2012）。作物生長模式及統計模式於台灣氣候變化對水稻產量預測之比較。臺灣大學農藝學研究所學位論文，1-189。

許晃雄（2007）。全球暖化是個大騙局？。科學人雜誌9月份，台北市，第48頁至第51頁。

陳守泓、姚銘輝、申雍（2005）。氣候變遷對台灣地區糧食安全之衝擊與因應對策。全球變遷

通訊雜誌，46期，7-13。

葉惠美（2003）。臺灣加入WTO後稻米之因應對策。華人經濟研究期刊，200309（1:2期），第92頁至第100頁。

傅秀蘭（2013）。析論文獻探討在科展指導的角色。資優教育論壇，11卷，P16-41。

盧孟明、陳雲蘭、陳圭宏（2004）。全球暖化趨勢對臺灣水稻栽培環境之影響。作物、環境與生物資訊，5卷1期，P60-72。

盧虎生、徐佳伶、吳志文、李佳諭、老嘉玲、吳以健、張素貞、王長瑩、近藤始彥（2009）。臺灣近年來溫度、稻作栽培時序及稻米品質之變化。作物、環境與生物資訊，6卷3期，175-182。

Gregory, P., J. Ingram, B. Campbell, J. Goudriaan, T. Hunt, J. Landsberg, S. Linder, M. Stafford-Smith, B. Sutherst, and C. Valentin, 1999. Managed production systems, In: *The Terrestrial Biosphere and Global Change. Implications for Natural and Managed Ecosystems*. Synthesis Volume, Walker, B., W. Steffen, J. Canadell, and j. Ingram. International Geosphere-Biosphere Program Book Series4, Cambridge, United Kingdom, pp.229-270.

Hahn, G.L., 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads, *Journal of Animal Science*, 77(2), 10-20.

Rosegrant, M. W., M. S. Paisner, S. Meijer, and J. Witcover, 2001. *Global Food Projection to 2020. Emerging Trends and Alternative Futures*, International Food Policy Research Institute. 206pp.

二、網路資料

農業委員會（2016/02/11 摷取）。<http://theme.coa.gov.tw/100/view.php?issue=24032&id=24060>

中央氣象局（2016/03/11 摷取）。<http://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=a8101>

網站（2016/03/05 摷取）。http://www.hkglc.com/wordpress/?p=377_

【評語】 052206

1. 本研究利用台灣各年度稻米產量資料，經趨勢分析得到預測稻米產量之公式。
2. 試驗設計之科學性較為不足。
3. 對背景資料之收集與數據分析欠缺完整性宜再加強。