# 花蓮地區不同期作之氣象因素對水稻產量之影響[1]

黃佳興[2]、吳文欽[5]、潘昶儒[3]、林泰佑[2]、宣大平[4]

## 摘 要

為探討氣候變遷之氣象因素對近年花蓮地區水稻產量及其構成要素之影響，就 2003 年至 2014 年在花蓮區農業改良場試驗田進行水稻豐歉試驗之氣象資料加以整理分析。結果得知，近十年兩期作間水稻在產量、一穗粒數及穗數間均呈現顯著差異，第二期作平均產量較第一期作每公頃少 843 kg。透過分析氣象因素與產量、一穗粒數及穗數的相關結果得知，第一期作的產量和生育期生育度數(每日最高溫及最低溫之平均值減 10℃)和生育期日射量呈現顯著正相關，相關係數分別是 0.612 及 0.768，第一期作一穗粒數和抽穗期的降雨量呈負相關，相關係數為-0.71，第二期作一穗粒數和孕穗期降雨量和降雨日數呈負相關，相關係數分別為-0.78 及-0.59。第一期作的穗數則是和抽穗前生育度數、全生育期生育度數及孕穗期日高溫平均正相關，相關係數分別為 0.73、0.64 及 0.61。綜合上述結果，造成花蓮地區兩期作產量間差異的氣象因素以第一期作抽穗前期溫度較低，平均 20.3℃，水稻營養生長期較長，致使穗數較多有利高產，第二期作生育初期高溫影響，分蘗數少而產量受限為主要原因。

關鍵詞：穗數、日射量、生育度數、相關係數

---

1.花蓮區農業改良場研究報告 248 號。

2.花蓮區農業改良場作物改良課助理研究員。

3.花蓮區農業改良場作物改良課副研究員。

4.花蓮區農業改良場秘書。

5.花蓮區農業改良場作物改良課約用助理。

## 前　言

台灣最重要的農作物是水稻，在花蓮縣亦是栽培面積最大的作物，依 2014 年行政院農業委員會農業統計年報的資料，花蓮縣第一期作水稻栽培面積超過 9,200 ha，第二期作也達 8,400 ha 以上。但近年來隨著氣候變遷，台灣的農業環境也產生了變化，包含溫度、降雨、極端高溫、極端低溫、極端偏乾及風速都呈現明顯的變化，近 100 年的年均溫呈現顯著的上升，而降雨則是總降雨日數減少，極端高溫發生機會增加，但極端低溫反而減少，極端偏乾在花蓮的出現頻率也高於其他地區(盧等 2011)。而上述這些氣象因素皆和水稻的產量及其構成要素有相關，因此，探討近年水稻的產量及其構成要素與氣象間的關係甚為重要。

水稻的產量構量構成要素包含單位面積穗數、每穗穎花數、充實百分率及千粒重之乘積來表示(Matsushima, 1966)；實際上水稻之產量除與產量構成要素有高相關外，氣象亦為影響產量之關鍵因素，Yoshida (1981)即指出氣象因素中氣溫、日射量及雨量會直接影響水稻產量。

依農業統計年報的資料，台灣地區第一、二期作的產量有明顯差異，以花蓮縣 2014 年為例，第一期作產量每公頃 5,541 kg，第二期作產量則只有每公頃 5,278 kg，雖然差距不大，但第二期作稻穀產量仍較第一期作為低，前人已針對台灣早期(約 30 年前)第二期稻作產量較第一期作為低做過許多研究，黃(1979)指出係因第二期作單位面積有效穗數減少所至，林與陳(1976)則指出孕穗開花期遇低溫是造成第二期作結實率低的原因，林等(1979)則認為生育後期日照不足會造成粒重減輕，都是造成第二期作產量減低的主因。近年李(1999)研究結果顯示宜蘭地區第二期作產量較低是因降雨量太多，使得日射量減少導致結實率低，而影響稻穀產量。

氣象因素影響水稻性狀因品種不同而異，故氣象因素對品種之影響應按品種別探討之(鄔 1979)，花蓮地區水稻栽培品種眾多，在花蓮場豐歉試驗之品種包含‘台粳 1 號’、‘台粳 2 號’、‘台粳 4 號’及‘台農 67 號’，其中又以‘台粳 2 號’在花蓮地區栽培面積超過 3,000 ha，且為中晚熟品種，與台灣大部份栽培品種生育期接近，因此本研究擬以‘台粳 2 號’在花蓮場近年豐歉試驗的資料探討花蓮地區第一、二期作間之氣象因素差異，對近年花蓮地區水稻產量及其構成要素的影響，以作為未來氣候變遷下可能的育種方向及生產技術改進之依據。

## 材料及方法

本研究之數據取自 2003 年至 2014 年(共 12 年)花蓮區農業改良場水稻豐歉試驗之氣象資料，主要為歷年‘台粳 2 號’之稻穀產量及產量構成要素之記錄(因設備問題，2013 年 2 月份有 5 天溫度資料遺失，2009 年第一期作亦有溫度資料遺失)。豐歉試驗之田間設計採逢機完全區集法，三重複，每小區 10 $m^2$，行株距為 30 × 15 cm，肥料施用量依合理化施肥推薦量施用，灌排水依水稻各生育期的需水量及雨量多寡而定，在分蘗盛期進行曬田，病蟲及鳥害則事先預防。水稻調查項目包括穗數、一穗粒數、結實率及千粒重，其他資料尚包括天然災害狀況、病蟲害發生情形、發生種類及為害程度等。

本文根據李(1990)之研究結果及水稻插秧至抽穗期及全生育期間進行統計分析(試驗結果以 Excel 套裝軟體進行相關分析)：

1. 抽穗前之氣象記錄加以統計，並分析與產量、一穗粒數及穗數之關係。
2. 孕穗期間(自抽穗前第 17 天至抽穗前第 4 天)合計 14 天之氣象記錄加以統計，並分析與產量、一穗粒數及穗數之關係。
3. 抽穗期間(自抽穗前第 3 天至抽穗後第 3 天)合計 7 天之氣象記錄加以統計，並分析與產量、一穗粒數及穗數之關係。

4. 穀粒充實前期(自抽穗後第 4 天至抽穗後第 17 天)之氣象記錄加以統計，並分析與產量、一穗粒數及穗數之關係。
5. 全生育期之氣象記錄加以統計，並分析與產量、一穗粒數及穗數之關係。

# 結 果

## 一、 花蓮地區兩期作之水稻產量構成要素之比較

花蓮場豐歉試驗的資料顯示，各年間在同一期作的水稻產量並無顯著差異(資料未提供)，但由表一的結果可看出近十年花蓮地區第一與第二期作之間水稻的產量、一穗粒數及穗數有顯著差異，其中每公頃的稻穀產量第一期作平均為 2,994 kg，第二期作平均為 2,151 kg，即近十年來第二期稻作產量僅達第一期作 71.84%，若從產量構成要素分析，第二期作每穗粒數 79.7 粒，較第一期作每穗 71.8 粒多約 11%，但第二期作穗數 11.9 支，卻較第一期作 13.1 支減少 10%，雖統計上兩期作稔實率沒有差異，但第二期作稔實率平均值 82.7%，仍較第一期作 86.2%低，因此就近十年統計資料來看，第二期作產量較低的原因可能為第二期作穗數較少所造成。

表一、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期作產量及產量構成要素差異比較

Table 1. Comparison of yield and its components between the 1st and 2nd crops during 2003-2014 in Hualien area.

| Crop season | Spikelet per panicle | Seed-set (%) | 1000-grain weight (g) | Panicle number per hill | Average yield ($kg \cdot ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1st crop | 71.8+7.5 | 86.2+6.5 | 26.5+1.4 | 13.1+1.8 | 2994+554 |
| 2nd crop | 79.7+9.3 | 82.7+9.2 | 25.5+1.2 | 11.9+2.7 | 2151+667 |
| Significance | *[z] | NS | NS | * | * |

[z] NS and * mean non-significantly and significantly different between the two crop seasons at the 0.05 level, respectively.

## 二、 兩期作水稻生育期間氣象因素之比較

為探討造成花蓮地區第一、二期作稻作產量、一穗粒數及穗數產生顯著差異的原因，我們分析兩期稻作生育期間之氣溫、日射量、降雨量及降雨日數，統計分析結果如表二，在日低溫、日均溫、日高溫、降雨量及降雨日數都呈現顯著的差異，在第二期作的平均溫度較高。而第二期作因常有颱風影響，造成雨量短期內累積，導致第二期作雖降雨較多，但降雨日數反而較少，但在日射量則無顯著的差異，因此，兩期作溫度及降雨的顯著差異，造成花蓮地區兩期稻作栽培環境不同，進而影響產量構成因素。

表二、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期間稻作生育期氣象因素之比較

Table 2. Comparison of the climatic factors between the 1st and 2nd rice crops during 2003-2014 in Hualien area.

| Crop season | Air temperature (℃) | | | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | Precipitation (mm) | Precipitation days |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Ave | Max | | | |
| 1st crop | 18.7+5.2 | 21.7+6.0 | 25.3+7.0 | 1423.3+418.1 | 508.3+205.7 | 69.6+22.9 |
| 2nd crop | 21.9+0.6 | 25.2+0.6 | 29.0+0.7 | 1509.3+98.3 | 1002.3+428.9 | 44.7+9.0 |
| Significance | **[z] | ** | ** | NS | ** | ** |

[z] NS and ** mean non-significantly and significantly different between the two crop seasons at the 0.01 level, respectively.

## 三、 兩期作水稻抽穗前氣象因素之比較

花蓮地區第一期作穗數為 13.1 穗，顯著較第二期作之 11.9 穗多(表一)，而與穗數相關的氣象因子主要在最盛分蘗期前，在此以抽穗前的資料進行分析第一期作及第二期作在水稻抽穗前的氣溫、日射量、降雨量及降雨日數，結果如表三，在日低溫、日均溫、日高溫、日射量、降雨量及降雨日數都呈現顯著的差異，且抽穗前的日高溫平均超過 30℃，更較第一期作高了 6℃，此外，降雨量也是第二期作明顯較第一期作為多，但降雨日數則相反，代表第二期作的溫度及抽穗前的降雨可能是造成兩期作間產生差異的原因之一。

表三、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期間稻作抽穗前氣象因素之比較

Table 3. Comparison of the climatic factors from transplanting to heading between the 1st and 2nd rice crops during 2003-2014 in Hualien area.

| Before heading | Air temperature (℃) | | | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | Precipitation (mm) | Precipitation days |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Ave | Max | | | |
| 1st crop | 17.3+0.6 | 20.3+0.6 | 23.9+0.7 | 936.1+91.8 | 296.0+108.3 | 49.8+11.2 |
| 2nd crop | 23.1+0.6 | 26.46+0.6 | 30.3+0.7 | 1096.6+80.4 | 800.0+459.7 | 29.3+6.5 |
| Significance | **[z] | ** | ** | ** | ** | ** |

[z] Means significantly different between the two crop seasons at the 0.01 level.

## 四、 兩期作水稻孕穗期氣象因素之比較

水稻孕穗期和水稻產量構成要素的一穗粒數有很大的相關性，花蓮地區第一期作一穗粒數為 71.8 粒，顯著較第二期作為 79.7 粒少(表一)，因此分析兩期作孕穗期包含氣溫、日射量、降雨量及降雨日數的氣象資料，以了解花蓮地區第二期作的單位面積穗數較少，是否可能為氣象因素差異所造成。結果如表四，在日均溫、日高溫及降雨量呈現顯著的差異，第二期作的日高溫及均溫較第一期作為高，即日均溫及日高溫的顯著差異或許為一穗粒數呈現差異的原因之一，但降雨量也是第二期作明顯較第一期作為多，惟分析原始資料後發現，第二期作的降雨量很大部份受颱風的影響，如 2005 年的龍王颱風即造成該年第二期在作孕穗期遭遇極大的降雨，也造成在降雨量的標準差值偏高。

表四、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期間稻作孕穗期氣象因素之比較

Table 4. Comparison of the climatic factors at the booting stage between the 1st and 2nd rice crops during 2003-2014 in Hualien area.

| Booting Stage | Air temperature (℃) | | | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | Precipitation (mm) | Precipitation days |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Ave | Max | | | |
| 1st crop | 20.5+1.2 | 23.4+1.3 | 26.7+1.5 | 149.1+35.4 | 62.59+43.4 | 7.6+2.6 |
| 2nd crop | 21.5+1.8 | 24.9+1.3 | 28.7+1.4 | 173.5+36.3 | 265.16+295.7 | 7.9+3.6 |
| Significance | NS[z] | * | * | NS | * | NS |

[z]NS and * mean non-significantly and significantly different between the two crop seasons at the 0.05 level, respectively.

## 五、 兩期作水稻抽穗期氣象因素之比較

水稻抽穗期和水稻產量構成要素中的稔實率有極大的相關性，花蓮地區第一期作和第二期作的稔實率無顯著差異，但第一期作的稔實率平均為 86.2%，仍較第二期之作 82.7% 為高(表一)，因此我們比較兩期作抽穗期間的氣溫、日射量、降雨量及降雨日數，結果如表五，在日均溫、日高溫及、日射量、降雨量及降雨日數均無顯著的差異，這或許可解釋花蓮地區兩期稻作之稔實率無顯著差異的原因。

表五、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期間稻作抽穗期氣象因素之比較

Table 5. Comparison of the climatic factors at the heading stage between the 1st and 2nd rice crops during 2003-2014.

| Heading Stage | Air temperature (℃) | | | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | Precipitation (mm) | Precipitation days |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Ave | Max | | | |
| 1st crop | 21.5+1.6 | 24.5+1.2 | 28.1+1.6 | 77.9+13.9 | 54.3+79.4 | 3.36+2.19 |
| 2nd crop | 21.3+1.5 | 24.2+1.1 | 27.8+1.2 | 72.2+16.1 | 111.1+92.6 | 3.67+1.11 |
| Significance | NS[z] | NS | NS | NS | NS | NS |

[z] Means non-significantly different between the two crop seasons.

## 六、 兩期作水稻穀粒充實前期氣象因素之差異比較

水稻產量構成要素中的千粒重除了和穎花大小相關外，亦和水稻穀粒充實前期的日射量及溫度有關，花蓮地區兩期作的千粒重並無顯著差異，惟第一期作的平均較高，我們比較兩期作穀粒充實前期的氣溫、日射量、降雨量及降雨日數，結果如表六，在日射量及降雨量無顯著的差異，但在降雨日數均、日低溫、日均溫及日高溫卻有顯著差異，即第一期作生育後期雖易遭遇高溫，但對稔實率和千粒重尚未造成顯著的影響。

表六、2003 年至 2014 年花蓮地區第一、二期間稻作穀粒充實前期氣象因素之比較

Table 6. Comparison of the climatic factors at the early maturing stage between the 1st and 2nd rice crops during 2003-2014.

| Early mature Stage | Air temperature (℃) | | | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | Precipitation (mm) | Precipitation days |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | Ave | max | | | |
| 1st crop | 22.3+0.8 | 25.2+1.0 | 28.9+1.2 | 178.3+41.8 | 87.1+76.2 | 8.2+3.3 |
| 2nd crop | 19.9+1.6 | 23.1+1.3 | 26.8+1.5 | 145.5+32.7 | 70.2+92.6 | 4.8+3.1 |
| significance | **[z] | ** | ** | NS | NS | * |

[z]NS means non-significantly different between the two crop seasons. * and ** mean significantly different between the two crop seasons ant 0.05 and 0.01 levels, respectively.

## 七、 兩期作水稻產量與氣象因素之相關分析

由前面的結果可知近年花蓮地區兩期作的水稻產量、產量構成要素及氣象因素的差異，因此近一步探討氣象因素及水稻產量及其構成要素的相關性，由表七可瞭解花蓮地區水稻第一期作的全生育期日射量及全生育期生育度數(每日最高氣溫及最低氣溫之平均減去 10℃，Slaton 及 Norman (1994)與產量呈顯著的正相關，相關值分別為 0.61 和 0.77，雖然與最低溫及最高溫並無顯著的相關性，但與生育度數和日射量呈正相關，表示不同年度之間，第一期作之稻穀產量與生育度數和日射量有關。

表七、氣象因素影響水稻‘台粳 2 號’稻穀產量的相關分析

Table 7. Correlation between climatic factors and the yield of the rice cultivar ‘TK2’.

| Item | | Correlation coefficient | |
|---|---|---|---|
| | | 1st crop | 2nd crop |
| Booting stage | Min air temp (℃) | 0.13 | -0.23 |
| | Max air temp (℃) | 0.52 | 0.27 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.58 | 0.52 |
| | Precipitation (mm) | -0.33 | -0.29 |
| | Precipitation days | -0.23 | -0.37 |
| Heading stage | Min air temp (℃) | -0.20 | -0.06 |
| | Max air temp (℃) | -0.25 | 0.35 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.25 | -0.28 |
| | Precipitation (mm) | 0.54 | 0.32 |
| | Precipitation days | -0.20 | 0.14 |
| Early maturing stage | Min air temp (℃) | -0.03 | -0.12 |
| | Max air temp (℃) | 0.06 | 0.14 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.39 | 0.15 |
| | Precipitation (mm) | 0.15 | -0.33 |
| | Precipitation days | 0.10 | 0.07 |
| Transplanting to heading | Min air temp (℃) | 0.01 | -0.24 |
| | Max air temp (℃) | 0.17 | 0.27 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.50 | 0.05 |
| | Precipitation (mm) | 0.24 | -0.38 |
| | Precipitation days | 0.11 | -0.37 |
| | Growing degree days (℃) | 0.30 | -0.07 |
| Transplanting to physiological maturity | Min air temp (℃) | -0.00 | -0.22 |
| | Max air temp (℃) | 0.21 | 0.20 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.61*[z] | 0.02 |
| | Precipitation (mm) | 0.29 | -0.45 |
| | Precipitation days | 0.05 | -0.11 |
| | Growing degree days (℃) | 0.77** | -0.04 |

[z] * and ** mean significantly different between the two crop seasons at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

## 八、 兩期作水稻一穗粒數與氣象因素之相關分析

一穗粒數是花蓮地區稻作產量構成素中，第二期作較第一期作為高且達顯著差異的性狀，因此針對稻作各生育期的氣象因素與一穗粒數進行相關性分析，以表八的結果來看，第一期作的一穗粒數與抽穗期的降雨量呈顯著負相關，相關係數為-0.71，第二期作孕穗期的降雨量、降雨日數亦與一穗粒數呈顯著負相關，相關係數各為-0.78 和-0.59，代表不論是在第一期作或第二期作，在孕穗期及抽穗期之氣象因素中的降雨量都是影響一穗粒數的一個關鍵因子，且趨勢上降雨量愈多則一穗粒數愈少。

表八、氣象因素影響水稻‘台粳 2 號’一穗粒數的相關分析

Table 8. Correlation between climatic factors and the spikelet per panicle of the rice cultivar ‘TK2’.

| Item | | Correlation coefficient | |
|---|---|---|---|
| | | 1st crop | 2nd crop |
| Booting stage | Min air temp (℃) | -0.02 | -0.48 |
| | Max air temp (℃) | -0.39 | -0.24 |
| | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | -0.30 | 0.18 |
| | Precipitation (mm) | 0.11 | -0.78**[z] |
| | Precipitation days | -0.17 | -0.59* |
| Heading stage | Min air temp (℃) | -0.19 | -0.45 |
| | Max air temp (℃) | -0.05 | -0.21 |
| | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | -0.25 | -0.00 |
| | Precipitation (mm) | -0.71* | -0.04 |
| | Precipitation days | -0.40 | -0.03 |
| Early maturing stage | Min air temp (℃) | -0.01 | -0.31 |
| | Max air temp (℃) | 0.25 | -0.42 |
| | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | 0.23 | -0.21 |
| | Precipitation (mm) | -0.15 | 0.47 |
| | Precipitation days | -0.49 | 0.48 |
| Transplanting to heading | Min air temp (℃) | -0.01 | -0.51 |
| | Max air temp (℃) | -0.19 | -0.30 |
| | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | 0.02 | 0.42 |
| | Precipitation (mm) | -0.55 | -0.56 |
| | Precipitation days | -0.33 | -0.07 |
| | Growing degree days (℃) | -0.12 | 0.23 |
| Transplanting to physiological maturity | Min air temp (℃) | 0.01 | -0.48 |
| | Max air temp (℃) | -0.12 | -0.40 |
| | Solar radiation ($MJ \cdot m^{-2}$) | -0.14 | 0.15 |
| | Precipitation (mm) | -0.60 | -0.40 |
| | Precipitation days | -0.46 | 0.16 |
| | Growing degree days (℃) | -0.16 | -0.10 |

[z] * and ** mean significantly different between the two crop seasons at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

## 九、 兩期作水稻穗數與氣象因素之相關分析

從表一可知第一期作的穗數較第二期作為多，且達顯著差異，因此針對稻作各生育期的氣象因素與穗數進行相關性分析，就表九的結果來看，第一期作的日高溫、抽穗前生育度數及全生育期生育度數與穗數呈顯著正相關，相關係數分別為 0.61、0.73 及 0.64，亦即溫度為第一期作穗數的影響因子之一。

表九、氣象因素影響水稻‘台粳 2 號’穗數的相關分析

Table 9. Correlation between climatic factors and the panicle number per hill of the rice cultivar ‘TK2’.

| Item | | Correlation coefficient | |
|---|---|---|---|
| | | 1st crop | 2nd crop |
| Booting stage | Min air temp (℃) | 0.36 | -0.06 |
| | Max air temp (℃) | 0.61*[z] | 0.42 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.48 | 0.53 |
| | Precipitation (mm) | -0.52 | -0.17 |
| | Precipitation days | -0.47 | -0.54 |
| Heading stage | Min air temp (℃) | -0.16 | 0.10 |
| | Max air temp (℃) | -0.07 | 0.38 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.37 | 0.20 |
| | Precipitation (mm) | 0.04 | -0.17 |
| | Precipitation days | -0.53 | -0.29 |
| Early maturing stage | Min air temp (℃) | -0.30 | -0.16 |
| | Max air temp (℃) | -0.18 | 0.34 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.11 | 0.36 |
| | Precipitation (mm) | 0.38 | -0.31 |
| | Precipitation days | 0.20 | -0.31 |
| Transplanting to heading | Min air temp (℃) | 0.12 | 0.16 |
| | Max air temp (℃) | 0.24 | 0.47 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.47 | 0.36 |
| | Precipitation (mm) | 0.14 | 0.17 |
| | Precipitation days | 0.33 | 0.14 |
| | Growing degree days (℃) | 0.73* | 0.40 |
| Transplanting to physiological maturity | Min air temp (℃) | -0.04 | -0.09 |
| | Max air temp (℃) | 0.12 | 0.36 |
| | Solar radiation (MJ·m$^{-2}$) | 0.36 | 0.35 |
| | Precipitation (mm) | 0.36 | 0.16 |
| | Precipitation days | 0.28 | 0.21 |
| | Growing degree days (℃) | 0.64* | 0.41 |

[z]* means significantly different between the two crop seasons at the 0.05 level.

## 討　論

本研究結果發現，近年在花蓮場豐歉試驗田第二期作平均產量僅有第一期作的 71%，且達到顯著差異。花蓮場位於花蓮縣北端的吉安鄉，相較於花蓮南區，第二期作更易受到東北季風的影響，溫度也較低。林與張(1993)亦提及東北季風對第二期作中晚熟水稻影響最大，其中又對稔實率的影響最鉅。本場試驗田兩期作的結果也顯示第二期作的稔實率雖無顯著差異，但稔實率仍較第一期作稍低。

台灣氣候溫暖，雨量充足，一年可兩作稻米，但兩期作的氣候條件差異極大，第一期作生育期是從低溫、低日射量至高溫、高日射量，關於兩期作稻作產量的差異已有諸多研究，林、陳等(1976)、謝(1979)、陳等(1996)指出包含第二期稻作生育初期之高溫抑制分蘗數所造成的穗數減少，李(1999)的研究中也發現宜蘭地區第二期作的單位面積穗數較第一期作少，且達顯著差異，本研究的結果第二期作穗數較第一期作少 1.2 支，且達顯著差異，也與前述報告相符。

台灣各地氣候差異極大，但大部份地區第二期作皆較第一期作產量為低。李(1999)的研究提出宜蘭地區第二期作稻產量較第一期作低的主要因素為稔實率較低。雖然花蓮地區平均稔實率第二期作仍較第

一期作低，但並無顯著差異，由表一可知造成花蓮地區兩期稻作的產量差異的主因應是第二期作穗數較少所致。

兩期作產量構成要素另一個有顯著差異的就是一穗粒數，一穗粒數受最盛分蘗期至抽穗前氣象因素的影響較大，本研究結果第二期作一穗粒數較第一期作多(表一)，第一期作的一穗粒數只有第二期作的約 90%，探究其中原因，第二期作抽穗前的生育度數及日射量均較第一期作為高，雖然第二期作生育初期的高溫會抑制水稻分蘗，但到了孕穗期時，日高溫只有 28℃左右，適合水稻生長，且均溫亦較第一期作高，水稻的穗肥利用效率也較佳，或為第二期作一穗粒數較第一期作高的原因。而雨量在第二期作孕穗期與一穗粒數呈負相關，代表雨量是第二期作稻作產量的一個限制因子，第二期作生育期較短，自分蘗盛期至抽穗期的時間相對也較短，因此降雨容易造成日射量減少及溫度降低，也進一步造成水稻穗肥的利用效率不高，成為第二期作稻作產量的一個限制因子。

在本研究的相關性分析中發現，第一期作的產量和全生育期的日射量和生育度數呈正相關(表七)，姚及陳(2009)以 The Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)作物模式評估氣候變遷對水稻生長及對產量的影響，亦提到日射量和水稻生質量有相關，即日射量愈高生質量累積也愈高，而高光也會增加葉片的同化速率，但在同一研究中也提及第二期作可能因為日射量已接近光飽和，故日射量增加對產量的增加較不顯著，這也或為日射量與第二期作產量無顯著相關的原因之一。

氣候變遷是台灣水稻產業未來必需面對的問題之一，因為未來極端氣候發生的機會將會愈來愈多，甚至水稻二個期作的氣候環境也可能因夏季更熱，冬季更冷，造成目前部份水稻品種的栽培困境，雖然本試驗結果顯示年度間的稻作產量並無顯著差異，且日高溫對第二期作水稻產量無顯著負相關，表示近年的極端高溫尚未造成花蓮地區稻作產量的減少；此外，雖然平均日低溫對兩期作的水稻產量無顯著相關，但近年花蓮地區已發生數次低溫造成不稔實的情形，因此，選擇適當的品種及適期插秧以降低稻作寒害及可能的高溫逆境，或為未來花蓮地區水稻產業必須選擇的方向。

## 誌　謝

試驗期間感謝本場鄭力元先生、葉智光先生及林秀妹女士協助試驗，謹此誌謝。

## 參考文獻

1.李蒼郎 1990 氣象因子對水稻產量構成因素之影響及產量估計模式 國立中興大農藝學研究所碩士論文。
2.李祿豐 1999 氣象因素對宜蘭地區水稻產量之影響 花蓮區農業改良場研究彙報 17:93-102。
3.林安秋、陳建山 1976 一、二期作水稻之分蘗特性比較 科學發展月刊 4(10):53-70。
4.林安秋、賴光隆、李祿豐 1979 一、二期作水稻抽穗特性之研究 中華農學會報 107:17-24。
5.林孟輝、張學琨 1993 東北季風對早熟積稻生育及產量之影響 桃園區農業改良場研究報告第 15 號 p.1-9。
6.姚明輝、陳守泓 2009 氣候變遷下水稻生長及產量之衝擊評估 作物、環境與生物資訊 6:141-156。
7.鄔宏潘 1979 氣象因素及地區對一、二期作稻產量之影響 台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集 行政院國家科學委員會發行 p.39-48。
8.黃真生 1979 台灣水稻第二期作低產之原因 台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集 行政院國家科學委員會發行 p.29-36。
9.盧孟明、卓盈昱、曾于恆、徐堂家、李清騰、林昀靜、李思瑩 2011 第四章—臺灣地區氣候變遷 臺灣氣候變遷科學報告 2011 行政院國家科學委員會發行 p.185-232。
10.Matsushima, S. 1966. Crop Science in Rice. Fuji Publishing Co., Ltd. Tokyo, Japan.
11.Slaton, N and R. Norman. 1994. DD50 computerized rice management program. P.31-36. Rice Production Handbook (Helms, S. ed.) Misc. Publ. Arkansas Coop. Ext. Service, Univ. of Arkansas. Little Rock.
12.Yoshida, S., 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute. Weather and Rice. Los Banos, Philippines.

# Effects of Meteorological Factors on Rice Yields of Different Seasons in Hualien Area[1]

Chia-Hsing Huang[2] Wen-Chin Wu[5] Cheng-Zu Pan[3]
Tai-Yu Lin[2] Dah-Pyng Shung[4]

## Abstract

There was a significant difference of rice yield observed between the first and the second seasons in Hualien area. To investigate factors influencing rice yield, the meteorological data together with rice cultivation data collected from 2003 to 2014 at Hualien DARES were analyzed. Results showed that rainfall, solar radiation, and air temperature recorded at four important stages including transplanting to physiological maturity, transplanting to heading, booting and early maturing were significantly different between the first and the second crops. In the first crop, the growing degree days and solar radiation during the transplanting to physiological maturity was significantly correlated with the yield. The correlation coefficients were 0.612 and 0.768, respectively. The spikelet per panicle was negatively correlated with the rainfall in the second crops. However, the growing degree days from transplanting to heading period, the growing degree days from transplanting to physiological maturity period and the average of daily max temperature were significantly correlated with the panicle number per hill. The results indicated that air temperature from transplanting to heading period in the first crop was lower than the second crop in Hualien area. In addition, the high temperature during the early second crop may lead to inhibit tilling. Therefore, the temperature was the major meteorological factor to rice yields of two crop seasons.

Key word: panicle number per hill, solar radiation, growing degree days, correlation coefficient.

1. Research article No.248 of Hualien District Agricultural Research and Extension Station.
2. Assistant researcher, Division of Crop Improvement, Hualien DARES.
3. Associate researcher, Division of Crop Improvement, Hualien DARES.
4. Secretary, Division of Crop Improvement, Hualien DARES.
5. Contract-based assistant, Division of Crop Improvement, Hualien DARES.

NATIONAL CENTRAL LIBRARY ROC