

簡易氣象資料模式用於估算作物需水潛量之研究

林 正 銜 葉 明 智

中興大學土壤研究所

摘 要

本報告以近十年中部地區氣象資料為例加以模式化，再以一般常用之 Penman 修正法，來估算作物需水潛能，以作為管理田間用水之參考。

所得到之氣象資料模式屬序列性模式，其特性在於保有原觀測值之平均分佈及變異範圍，單日預測值與實測值間仍有部份偏差，但隨時間區間增加，例如以每週或每月平均值為預測對象，則其準確性可增加，因此就變化趨勢範圍內之應用而言，具區域性代表意義。要提高單日預測值之準確性，可藉增加十年資料至二十年或三十年資料，以及適當分析各氣象分子的分佈機率來促進模式的準確性。

由資料分析顯示，春夏雨季期間，中部地區雨量都大於所計算之作物需水潛能，作物應無缺水灌溉之慮，在秋冬旱季期間則有灌溉補充水分之必要。

前 言

氣象對農業生產方面的影響，佔有極重要的地位，但氣象資料的應用也是目前在農業生產管理上最弱的一環，氣象因子的變異，隨著時序與空間的縮小，愈趨於複雜，對於農業生產管理而言，這類難以掌握的微氣象變化，卻更為重要。

目前最主要的氣象資源在農業上的應用，以灌溉方面的管理工作為主，從早期的 Thornthwaite 法 (Thornthwaite, 1948)，Penman 法 (Penman, 1948) 及 Blaney-Criddle 法 (Blaney and Criddle, 1950) 等較普遍應用的公式，到以後 Penman 法修正的 Blaney-Criddle 法及 Jensen-Haise 等方法 (Hansen et al. 1979；施與黃，1987)，都是直接利用不同項目的氣象資料來估算作物潛需水量，以為灌溉管理之依據。

隨著作物生產技術的改進，以及電腦的應用，氣象資料已成為生產資源的一部份，在資源規劃上及土地生產力的管理上，都愈形重要 (ICRISAT, 1984)，台灣在農業生產技術方面的發展具有已開發國家的水準，因此在資源利用上也開始朝精益求精的方向邁進，對於氣象資源的利用自不例外，然而對於以往累積的龐大氣象資料庫如何處理，以及往後如何應用等問題，都有待進一步研究規劃。

本報告之目的即在於提出一個簡化氣象資料的邏輯方式，並選擇一個需要最多項氣

象資料的 Penman 方法來估算作物需水潛量，所估算出的結果再與實際氣象資料所計算的作物需水潛量進行比較，以判斷該氣象模式之優劣，並提供氣象資料模式應用於估算作物需水潛量之參考。

理論與方法

Lin et al (1987) 在討論氣象條件影響土壤有機質分解效率的報告中指出，有關氣象資料的模式化處理大致可劃分成爲兩種簡便的方式進行，一種是根據 Lo (1971) 所提出的卜松氏 (Poisson) 分配模式，一是以馬可夫鏈 (Markov chain) 的時間序列模式爲基礎。前者可用於雨量的模擬，後者則可廣泛應用於各種週期性變量的模擬，諸如溫度、風速、濕度、日照量、日射量等，這兩種模式之原理扼要說明如下：

修正卜松氏分配模式的機率函數爲：

$$P_i = \frac{1}{(1+d)^{\lambda/d}} \quad , i = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$P_i = \frac{\lambda(\lambda+d)\dots\dots(\lambda+(i-1)d)}{i!(1+d)^{\lambda/d+i}} \quad , i \geq 1 \dots\dots\dots(2)$$

其中 P_i 代表 i 單位變量，如雨量之機率， d 和 λ 則爲兩個參數，隨區域而異，經分析證明平均雨量 u 即爲

$$u = \sum_{i=0}^{\infty} iP_i = \lambda \quad \dots\dots\dots(3)$$

進一步根據定義可知

$$P_0 = \frac{1}{(1+d)^{\lambda/d}} = \frac{M-N}{M} \quad \dots\dots\dots(4)$$

其中 M 即爲特定時間的總日數，而 N 爲該時間的下雨天數。因此由(3)、(4)兩式即可求得參數值 λ 與 d 。實際應用於可藉一均勻分佈亂數產生器產生 0 到 1 間的亂數，再根據 P_i 分佈圖表，預測當日之雨量，馬可夫鏈之時序模式，在簡化爲一階的條件下，其模式成爲

$$Q_{i,j} = \bar{Q}_j + R_j \frac{S_j}{S_{j-1}} (Q_{i,j-1} - \bar{Q}_{j-1}) + r_{i,j} S_j \sqrt{1-R_j^2} \quad \dots\dots\dots(5)$$

其中 $Q_{i,j}$ 及 $Q_{i,j-1}$ 分別代表之時段內 j 及 $j-1$ 時間的變量。 \bar{Q}_j 及 \bar{Q}_{j-1} 則分別爲 j 及 $j-1$ 時間的平均變量， R_j 爲 j 及 $j-1$ 兩個時間的相關係數， S_j 與 S_{j-1} 則分別代表 j 及 $j-1$ 時間的標準偏差， $r_{i,j}$ 則爲一亂數值，視變量之性質可選用不同之分佈函數，例如常態分佈函數或 Gamma 分佈函數。本報告暫以常態分佈函數進行分析。

本報告以台中氣象站自 1978 年至 1987 年以來 10 年之日雨量，日平均溫度，日最低

溫度，日平均風速，日照時數，平均濕度，分別以(1)，(2)式及第(5)式之模式加以套用整理，然後分別以一週為單位，將模式模擬預測的結果與實際觀測值進行比較。

最後以所收集的氣象資料，及模式模擬值分別根據施及黃(1987)所推薦的 Penman 修正式計算作物潛需水量，以作為模式模擬應用時之效用的評估。

結果與討論

本報告之目的在於嘗試以最簡單之模式來整理部份常用的氣象資料，以便於在其他研究工作上，需要預測性資料輔導工作之進行時，能掌握主要的變化方向。

根據所採用的模式可以看出其特性在於保有原觀測值之發生機率，平均分佈，及變異範圍。雖然僅有10年資料做為統計之依據，其可能表現之模擬結果亦有許多形式可資選擇，為扼要表達模式之效用及其在估算作物需水潛量之應用，自圖1起，分別顯示以一週為單位之平均溫度，最低溫度，平均蒸氣壓，日照量，平均風速等5個項目的模擬值與實測值之研究結果，且每一項目均包括最佳及最差的模擬年代，因此共計十個圖至圖10為止。這些氣象資料都是在利用修正後的 Penman 公式估算作物潛需水量所必需的項目。

圖11則是以理論模式估算的氣象資料為基準來計算九年來的平均 Penman 值，再和理論模式估算的九年平均雨量進行比較，由圖形中可以看出一般相當於在九月至一月之間雨量的補充大於作物潛需水量。圖12以觀測氣象資料計算的 Penman 值和實際雨量分佈值的比較，亦顯示相同的趨勢。

表1顯示各氣象項目之模擬值與觀測值之間的相關性統計結果，由表中數值可以看出模式模擬值大都具有顯著相關性。根據所分析的方式及結果可以看出模式的代表性除了本身的理論意義外至少可由三方面的改進來增加其準確性。首先是增加觀測資料年限，目前以十年資料為據，僅著眼於模式引用的邏輯性表現而已，實際進行分析時，最好能有30年的資料依據較具代表性(Finklin, 1983)。有30年的資料來求取各項目的統計參數，應該會比10年資料來得準確。

其次是在數據分析的表達上，各圖形的時間皆以一週為單位來顯示模擬值與觀測值之間的對應性。在分析過程中，吾人曾嘗試以月為單位來顯示其間的關係，所得結果顯示較具代表性，因此延長模擬期間，可能會使預測值更接近實測值，但是這種較長期的天氣資料，在實際田間管理作業上較少參考價值，特別是在生長產量方面的模式應用上殊為不便。

最後則是有關機率函數選用的問題，在本報告中除了雨量是所謂的平均分佈函數外，其餘各項皆採常態分佈函數，這種分佈函數對於諸如風速，水蒸氣壓等氣象因子是否適當，實有待進一步分析。至於應該採取何種函數形態，除了可將各種可能應用的機率分佈加以測試選取之外，最直接有效的方式，可能還是根據已有的多年觀測資料加以分析為要，有了可靠的機率函數，自然可以增加預測的準確性。

氣象在農業上的應用除了在本文所報告的水分管理方面外，還可以進一步結合作物生長模式，模擬預測生長過程，據以發佈各種生長階段，使農民預知作物可能在何時可達開花，結果或收成階段，以便準備相關作業。這方面的應用，在理念上有待進一步推廣，在技術上亦需進一步整合。

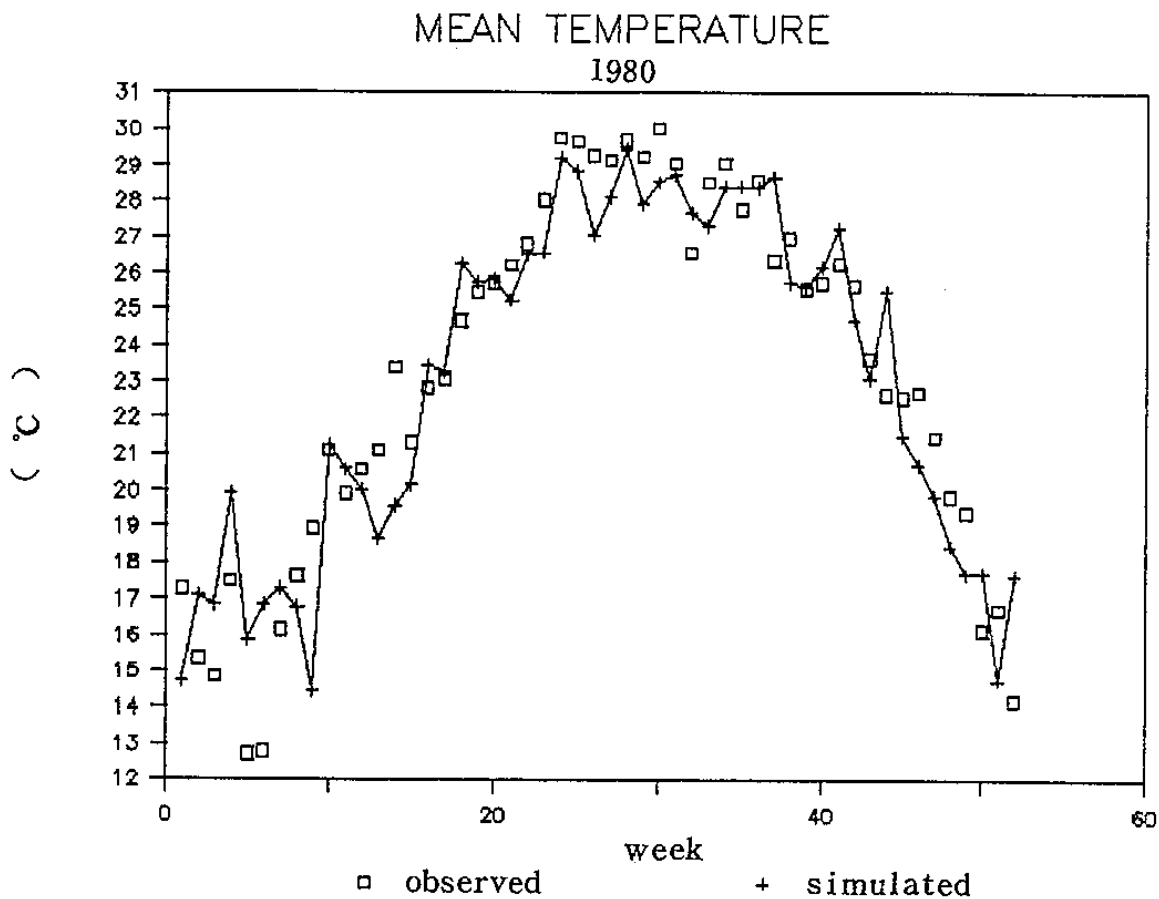


圖1. 週平均溫度最佳模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 1. Comparison on the weekly mean of daily temperatures of the simulated and observed data in the best correlated year.

MEAN TEMPERATURE

1984

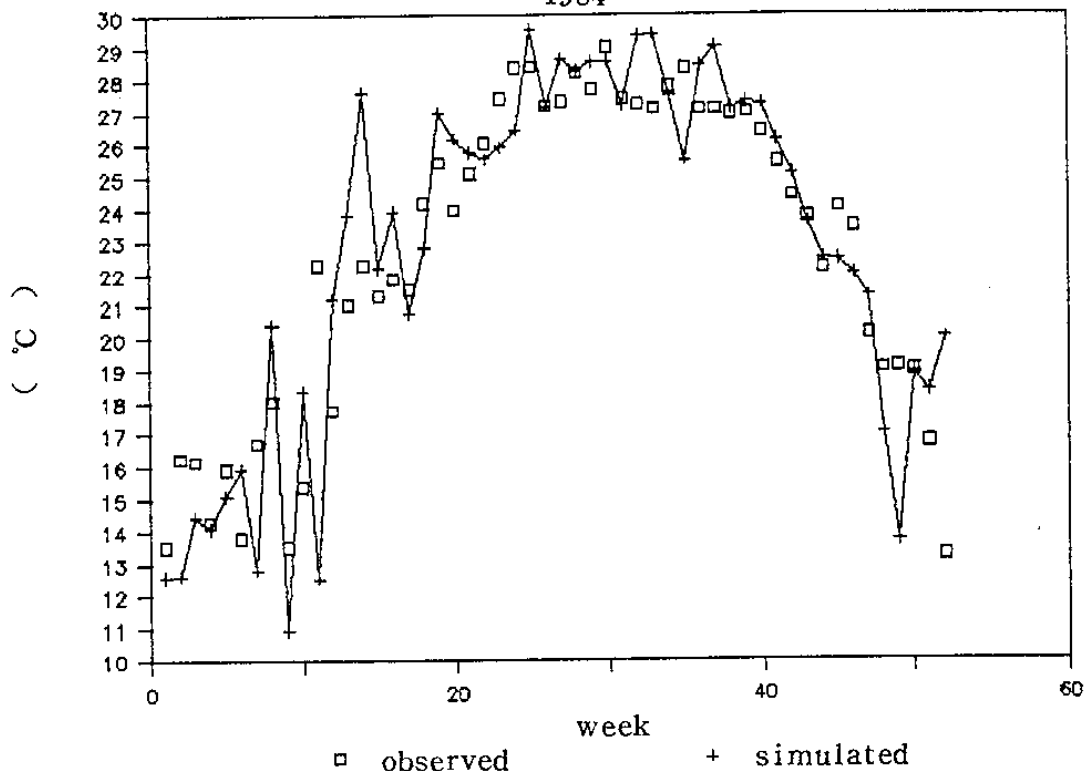


圖 2 週平均溫度最差模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 2. Comparison on the weekly mean of daily temperatures of the simulated and observed data in the worst correlated year.

MIN. TEMPERATURE

1982

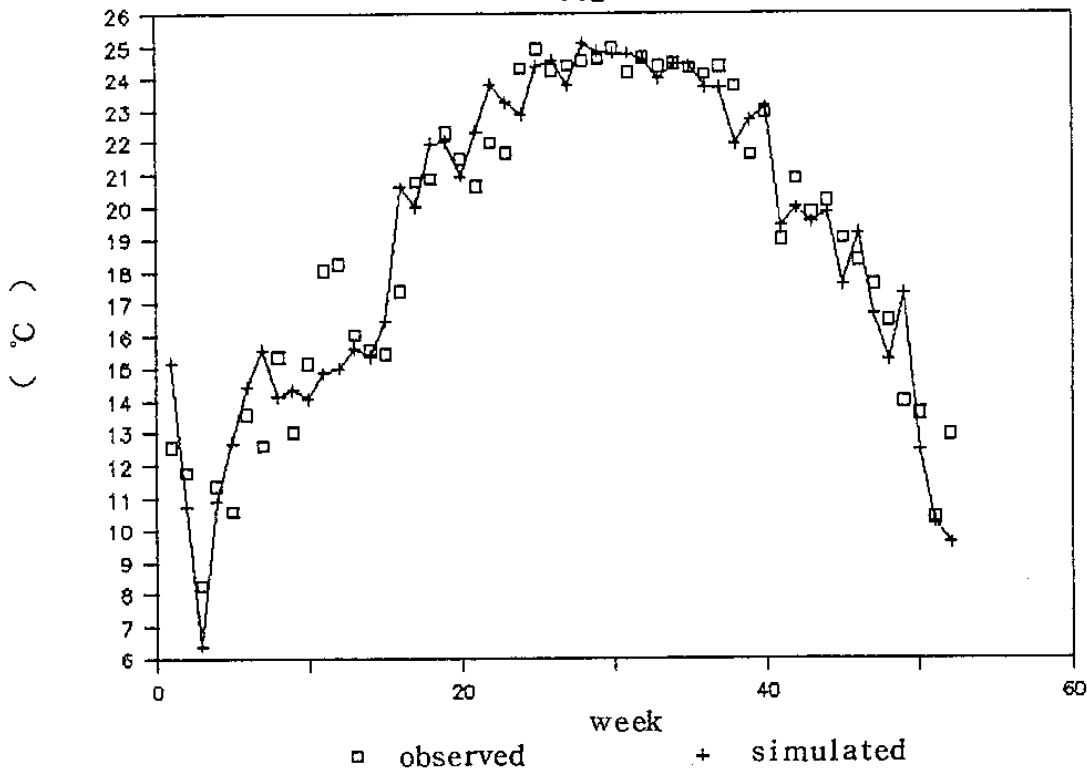


圖 3 週平均最低溫度最佳模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 3. Comparison on the weekly mean of the lowest daily temperatures of the simulated and observed data in the best correlated year.

MIN. TEMPERATURE
1985

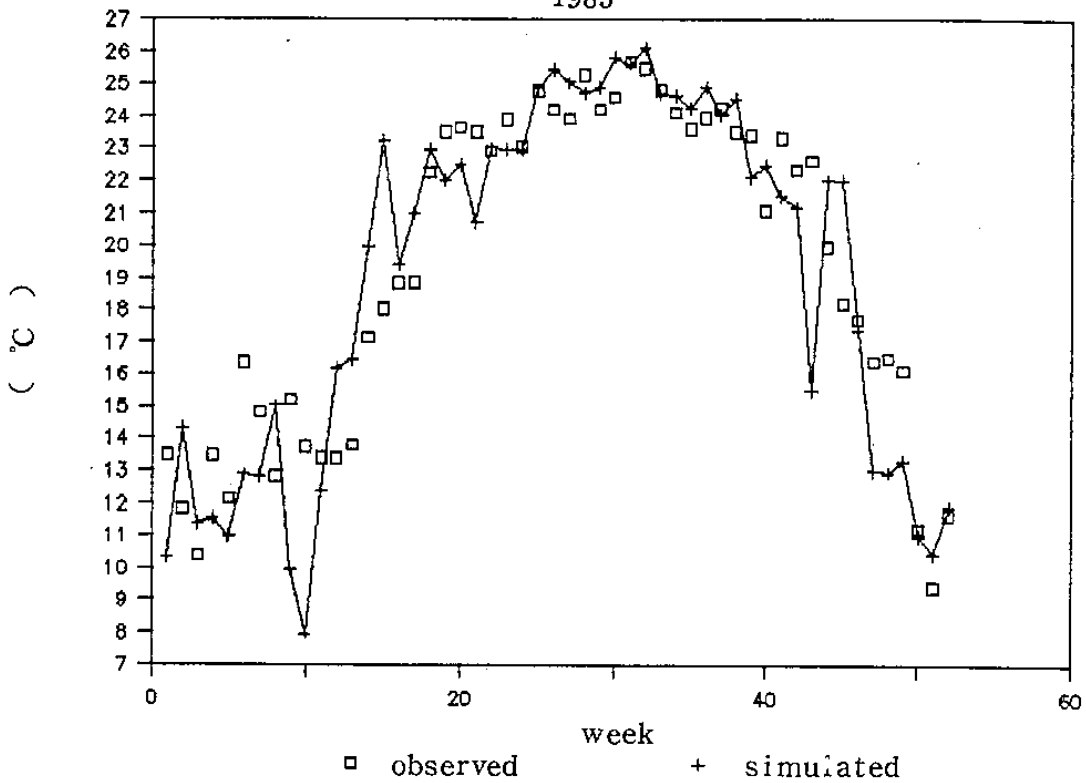


圖 4. 週平均最低溫度最差模擬年份之模擬值與觀測值之比較
Fig. 4. Comparison on the weekly mean of the lowest daily temperatures of the simulated and observed data in the worst correlated year.

MEAN VAPOR PRESSURE
1982

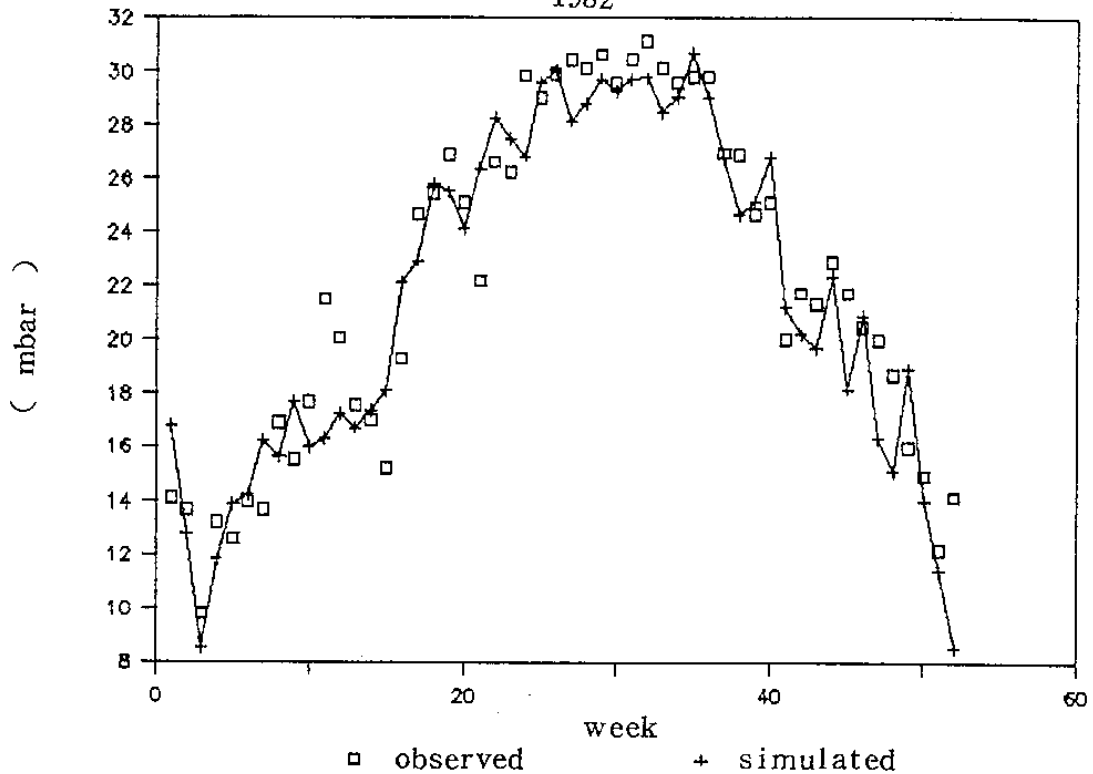


圖 5. 週平均蒸氣壓最佳模擬年份之模擬值與觀測值之比較
Fig. 5. Comparison on the weekly mean of daily vapor pressures of the simulated and observed data in the best correlated year.

MEAN VAPOR PRESSURE 1985

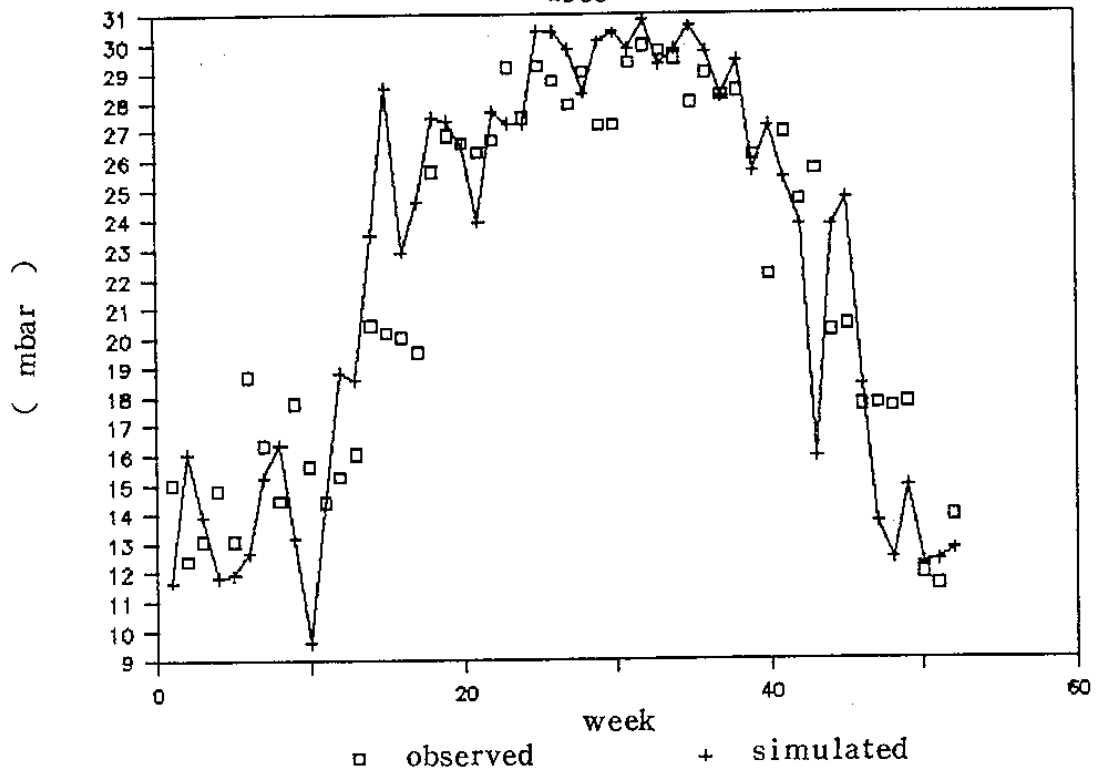


圖 6. 週平均蒸氣壓最差模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 6. Comparison on the weekly mean of daily vapor pressures of the simulated and observed data in the worst correlated year.

SUNSHINE DURATION 1980

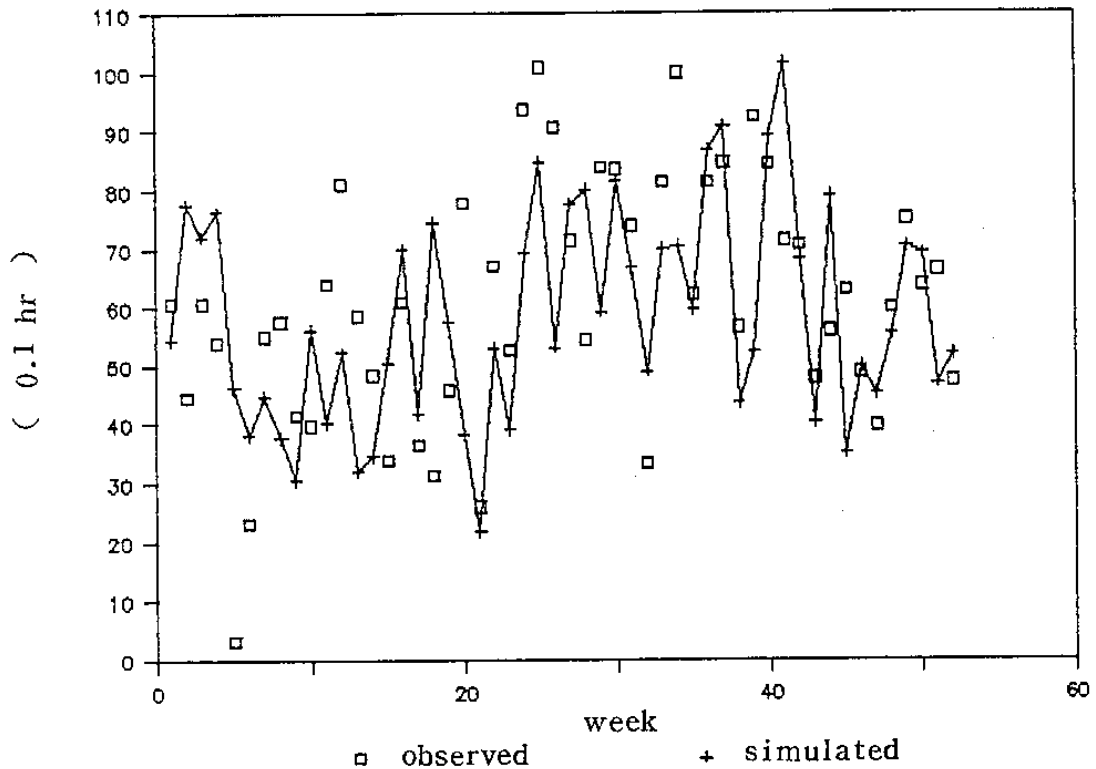


圖 7. 週平均日照量最佳模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 7. Comparison on the weekly mean of daily light hours of the simulated and observed data in the best correlated year.

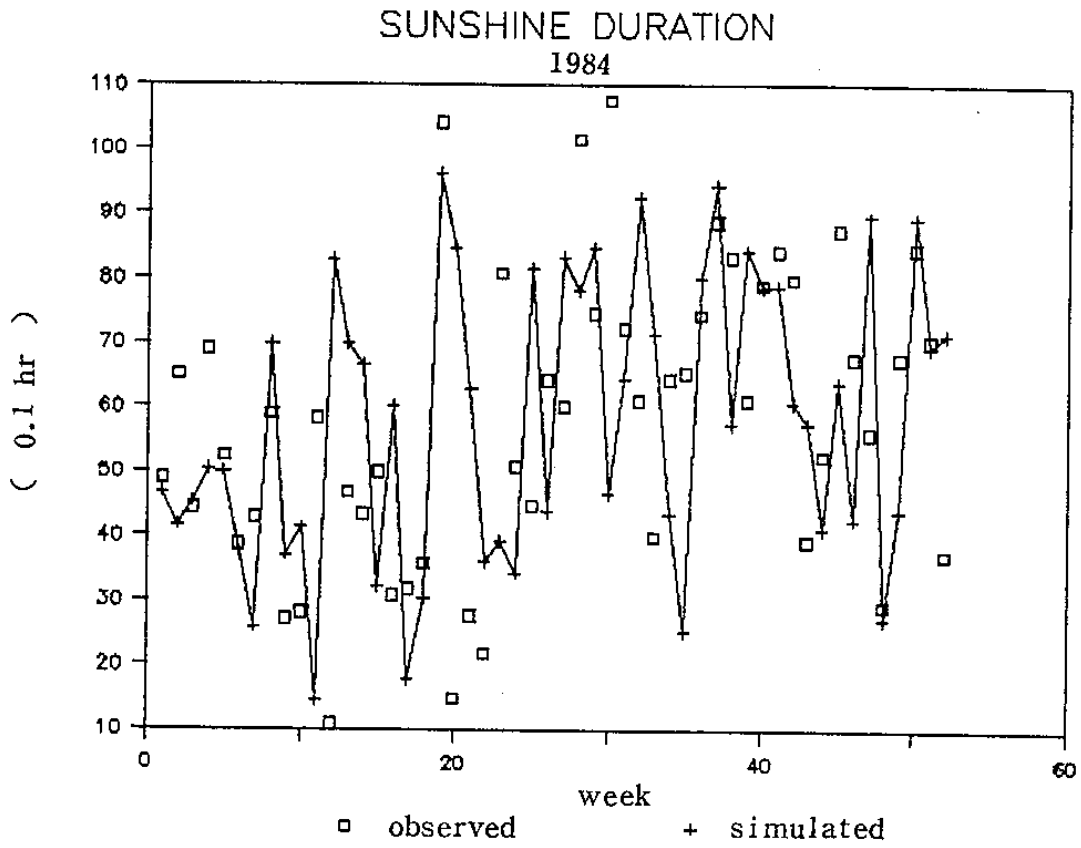


圖 8. 週平均日照量最差模擬年份之模擬值與觀測值之比較
 Fig. 8. Comparison on the weekly mean of daily light hours of the simulated and observed data in the worst correlated year.

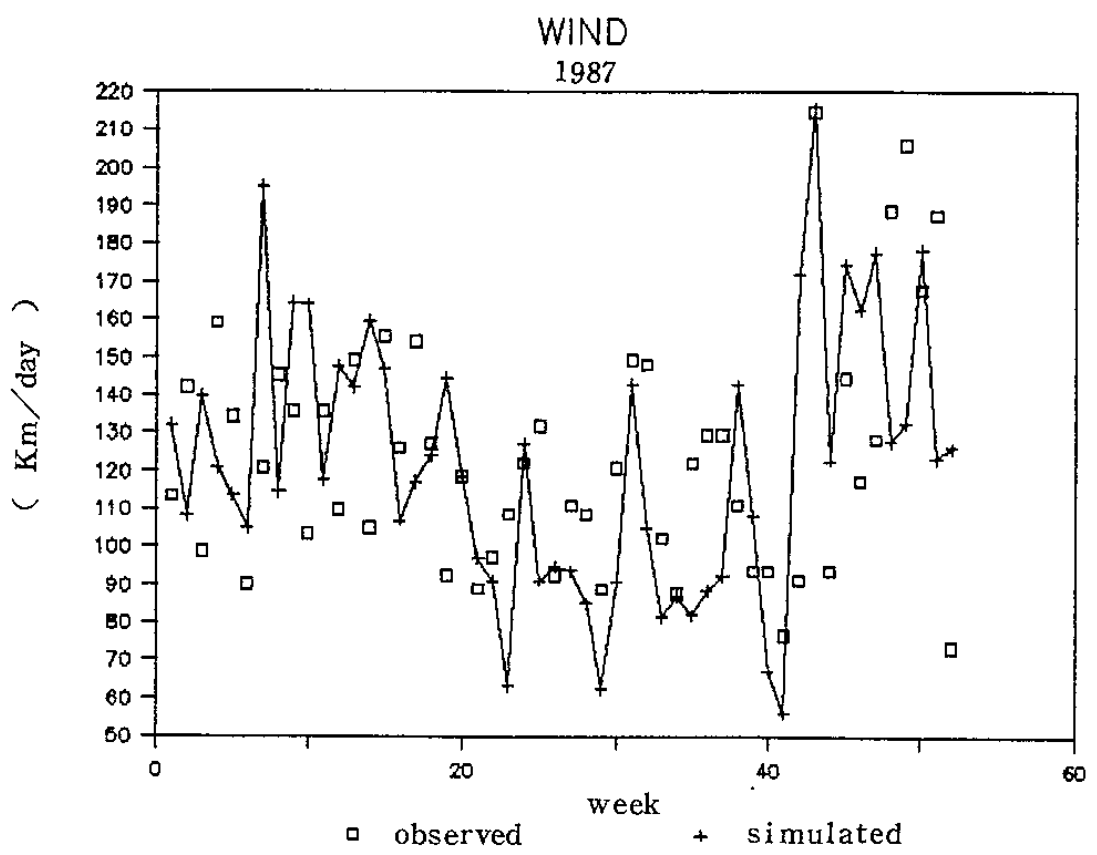


圖 9. 週平均風速最佳模擬年份之模擬值與觀測值之比較
 Fig. 9. Comparison on the weekly mean of daily wind velocity of the simulated and observed data in the best correlated year.

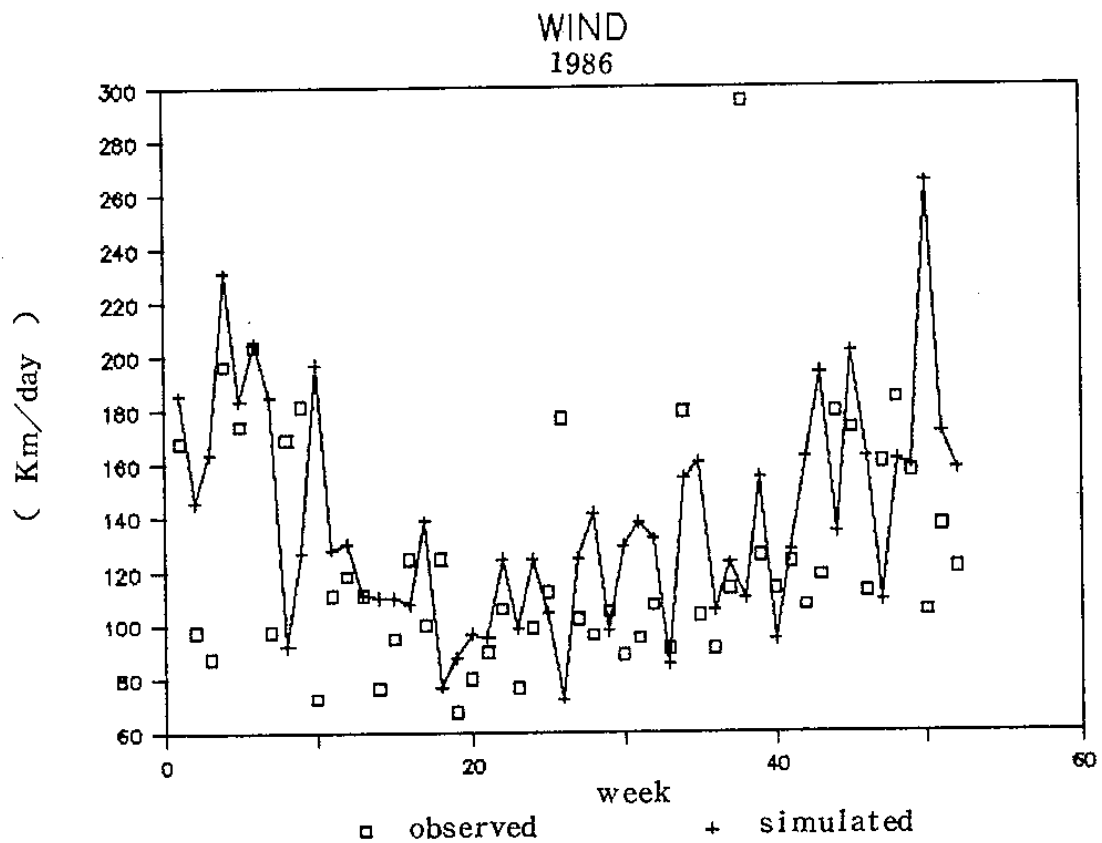


圖10. 週平均風速最差模擬年份之模擬值與觀測值之比較

Fig. 10. Comparison on the weekly mean of daily wind velocity of the simulated and observed data in the worst correlated year.

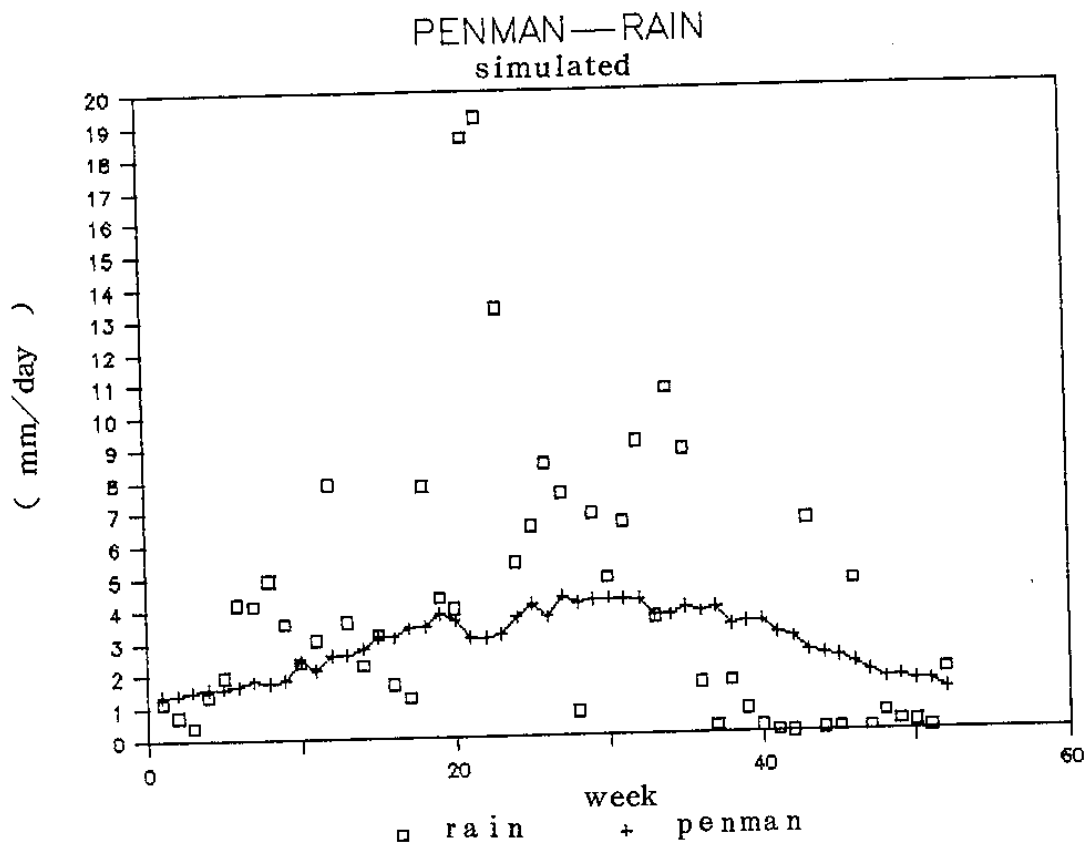


圖11. 各年度模擬氣象資料用於估算 Penman 值與模擬雨量平均值之比較

Fig. 11. Comparison on weekly average Penman value and precipitation based on simulated data.

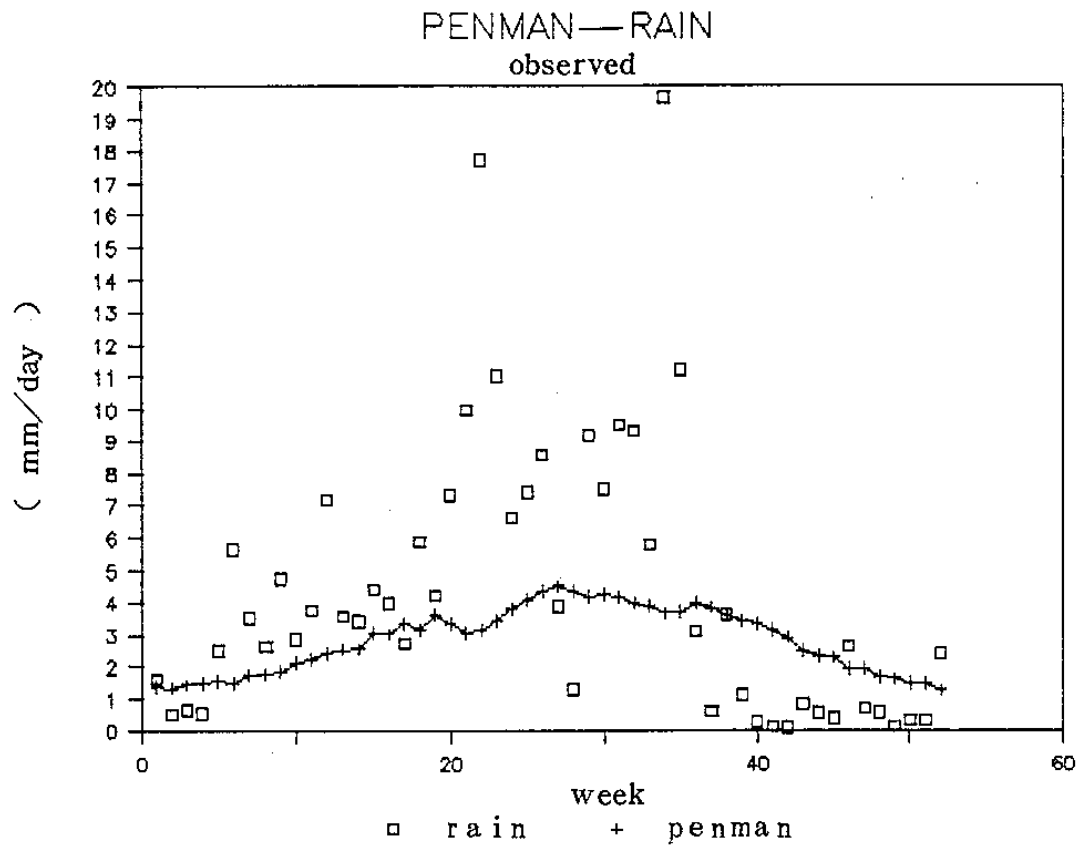


圖12 各年度觀測氣象資料用於估算 Penman 值與觀測雨量平均值之比較

Fig. 12. Comparison on weekly average Penman value and precipitation based on observed data.

表 1 各氣象資料及潛需水量之模擬值與觀測值之間的相關性統計結果
Table 1 Statisticals on the correlations of simulated and observed results of the climatic data and Penman value.

| 項 目 | 最 佳 | | 最 差 | |
|--------|--------|---------|--------|---------|
| | R 值 | t 值 | R 值 | t 值 |
| 平均溫度 | 0.9373 | 19.0165 | 0.8858 | 13.4971 |
| 最低溫度 | 0.9548 | 22.7131 | 0.9055 | 15.0887 |
| 蒸氣壓 | 0.9483 | 21.1280 | 0.8926 | 13.9994 |
| 日照時數 | 0.4776 | 3.8439 | 0.2958 | 2.1896 |
| 風 速 | 0.3999 | 3.0851 | 0.1988 | 1.4344 |
| Penman | 0.8847 | 13.4198 | 0.8026 | 9.5140 |

$$t \left(\begin{matrix} 0.95 \\ 50 \end{matrix} \right) = 1.6759, \quad t \left(\begin{matrix} 0.99 \\ 50 \end{matrix} \right) = 2.4033$$

參考文獻

1. 施嘉昌、黃振昌，1987，作物需水量與氣象因子相關理論分析之研究，農業工程學報，33：1—27。
2. Blaney, H. F., and W. D. Criddle. 1950. Determining water requirements in irrigated area from climatological and irrigation data. USDA. Soil Conserv. Serv. SCS-TP96, p. 44.
3. Finklin, A. I. 1983. Summarizing weather and climatic data — a guide for wildland managers. USDA. Forest Serv. INT-148, p. 43.
4. Hansen, V. E., O. W. Israelsen, and G. E. Stringham. 1979. Irrigation principles and practices. John Wiley & Sons, New York. pp. 112—144.
5. ICRISAT. 1984. Proceedings of the international symposium on minimum data sets for agrotechnology transfer. March 21—26, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancheru, India.
6. Lin, Chen-fang, Tsang-Shen Liu, and Tai-Lee Hu. 1987. Assembling a model for organic transformation in soils. Proc. Natl. Sci. Council. B. ROC. 11: 175—186.
7. Lo, K. M. 1971. Digital computer simulation of water and wastewater sludge dewatering on sand beds. Report No. EVE 26-71-1, Dept. of Civil Eng., Univ. of MASS. Mass.
8. Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. London. A193: 120—146.
9. Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geograph. Rev. 38, 55.

SIMPLE CLIMATIC DATA MODELS AND ITS APPLICATION IN ESTIMATING THE POTENTIAL CROP WATER REQUIREMENT

Chen-fang Lin and Ming-chih Yeh

Department of Soil Science, National Chung Hsing University
Taichung, Taiwan 40207 ROC

ABSTRACT

This study tests the proposed climatic models, based on the data base of ten years run in Taichung area. Then the models are applied to estimate the potential crop water requirement using modified Penman method.

The climatic models are of with time series stochastic properties. Therefore, the average and the variation of the data base are conserved. The performance on the predictability of the models are generally acceptable, although the accuracy can be improved.

The data show that during the raining seasons in the spring and summer, the precipitations are large enough to cover the lose of water from the field in Taichung area, while in the fall and winter, irrigation becomes necessary in this area, especially at where ground water supply is not considered.