

# 台灣西北區之氣候因素對水稻白葉枯病 盛行率之影響

黃益田<sup>1)</sup> 黃提源<sup>2)</sup>

## 摘 要

本研究主要目的，在探討台灣西北區兩期作水稻白葉枯病盛行率與春秋季氣候之關係，並利用其關係建立盛行率預測之模式。分析結果顯示，氣候之變異對白葉枯病盛行率有影響。第一期作水稻白葉枯病盛行率與3月之降水量及降水日數呈正相關，與4、5月相對濕度呈負相關。第二期作水稻白葉枯病盛行率與氣候變數之單相關性，未達5%顯著水準。利用迴歸法建立兩期作之白葉枯病預測模式，各模式解釋變異程度均在百分之八十以上。

關鍵詞：白葉枯病、盛行率、氣候因素。

## 前 言

稻白葉枯病，由病原細菌 *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* (Ishiyama) Dye 所引起，為本省主要稻作病害之一。水稻白葉枯病造成之年平均損失，因未經詳實之評估，並不清楚。然而，其發生程度年別間之變動差異，卻非常明顯。白葉枯病的猖獗與否，與環境條件有密切的關係。在日本，研究顯示該病多見於沿河川、濕地或山谷之低濕、易受淹浸而秧苗期及生育期多霧的地區；有關白葉枯病之預測，則利用氣候因素來分析<sup>(15)</sup>。在本省，有關白葉枯病流行學及防治方法之研究，一向較為忽略，因而極缺乏病害動態及防治方法之資料，以致無從研訂適當之病害防治系統；亦未見有人闡明病害之消長與氣候變化之關係。因此，本研究以台灣西北區歷年之氣候與白葉枯病盛行率消長之資料，分析兩者間之關係，並組建發生預測模式，以供防治上之參攷。

---

1) 桃園區農業改良場研究員

2) 國立清華大學統計研究所教授

## 材料與方法

### 一、資料來源

本文所採用的資料為氣象及水稻白葉枯病發病資料。氣象資料是引自中央氣象局1967年至1990年之氣象年報<sup>(1,2,3)</sup>，而發病度資料引自農林廳植物保護工作檢討報告中之發生面積資料<sup>(4,5)</sup>。水稻白葉枯病的發病度是以各期作發病高峰期之盛行率表示，所謂盛行率係發病面積佔栽培面積的百分比。水稻白葉枯病之盛行率如表1。

Table 1. Disease prevalence(%) of rice bacterial leaf blight in the north-west of Taiwan during 1967-1990.

| Year | Affected area (ha) |          | Disease prevalence (%) |          |
|------|--------------------|----------|------------------------|----------|
|      | 1st crop           | 2nd crop | 1st crop               | 2nd crop |
| 1966 | 3                  | 350      | 0.004                  | 0.46     |
| 1967 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1968 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1969 | 75                 | 338      | 0.093                  | 0.44     |
| 1970 | 38                 | 524      | 0.047                  | 0.69     |
| 1971 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1972 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1973 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1974 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1975 | 0                  | 0        | 0                      | 0        |
| 1976 | 3                  | 34       | 0.004                  | 0.05     |
| 1977 | 0                  | 37       | 0                      | 0.05     |
| 1978 | 58                 | 182      | 0.078                  | 0.26     |
| 1979 | 154                | 398      | 0.21                   | 0.57     |
| 1980 | 0                  | 417      | 0                      | 0.64     |
| 1981 | 187                | 164.5    | 0.266                  | 0.25     |
| 1982 | 80                 | 120      | 0.114                  | 0.18     |
| 1983 | 328                | 83       | 0.47                   | 0.16     |
| 1984 | 166                | 442      | 0.284                  | 0.73     |
| 1985 | 431                | 5,530    | 0.703                  | 8.92     |
| 1986 | 615                | 2,597    | 1.051                  | 4.35     |
| 1987 | 2,270              | 816      | 3.897                  | 1.45     |
| 1988 | 871                | 2,198    | 1.649                  | 4.36     |
| 1989 | 995                | 2,367    | 1.998                  | 4.85     |
| 1990 | 711                | 2,275    | 1.476                  | 5.13     |
| AVG  | 279.3              | 754.9    | 0.494                  | 1.34     |

氣候變數包括各月份(3、4、5、7、8、9月)之平均氣溫(MT)、平均最高氣溫(MAT)、平均最低氣溫(MIT)、氣溫較差(TR)、相對濕度(RH)、日照時數(DS)、平均風速(WS)、降水量(PR)、降水日數(PD)、降水量>1mm日數(PDG)、降水量>10mm日數(PDL)。

## 二、分析方法

Y因變數與各自變數建立下列關係模式：

$$g(Y)=f(MT, MAT, MIT, TR, RH, DS, WS, PR, PD, PDG, PDL)$$

其中g,f皆為定義於R上之實數函數。

在本研究中所定義的為第一期作之自變數為3、4、5月之氣候變數，第二期作則為7、8、9月之氣候變數。而各預測模式的建立方法與步驟敘述如下：

1. 首先利用“逐步迴歸法”(stepwise regression)選取對自變數影響較大的氣候因素來進行分析。
2. 畫出盛行率與步驟1中選出的氣象候數間之散佈圖，以便大約看出兩者間的關係為一次或二次或三次.....。
3. 綜合步驟1，2所得之訊息，作出盛行率與氣候變數間的迴歸模型(regression model)。
4. 一般在迴歸模型中，都假設殘差(residual)間互相獨立且具Normal(O,  $\sigma^2$ )的分佈，因此再查驗步驟3所做出的模型之殘差值是否符合上述假設。若發現與假設不符，則將對應變數Y做一轉換(transformation)如： $\ln Y, \sqrt{Y}, 1/Y, 1/\sqrt{Y}, \dots$ 等等，然後利用轉換後的Y值，g(Y)，重覆步驟1，2，3，4，直到符合假設為止。至於檢驗的方法如下：

- (1) 首先將畫出預測值 $g(\hat{Y}_i)$ 與殘差 $e_i = g(Y_i) - g(\hat{Y}_i)$ ， $i=1, 2, \dots, n$ 間的散佈圖，其中n表觀察值的個數。如圖形呈散亂狀且無特定趨勢，表殘差間具相同變異數 $\sigma^2$ ，反之則否。
- (2) 畫出標準化殘差(standardized residual) $e_i/SE$ 之Normal Plot，其中SE為模式的標準誤(standard error)，

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g(Y_i) - g(\hat{Y}_i))^2}{n - p}}$$

$\rho$ 表迴歸模型中所用到的參數個數。如圖形為一直線，則表示 $e_i$ 服從常態分配，若非則否。

- (3) 作出 $e_i, i=1, 2, \dots, n$ 的自相關係數(autocorrelation)，以確定 $e_i, i=1, 2, \dots, n$ 間是否具自相關。自相關係數的定義為：

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} e_i e_{i+1}}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

$\rho$ 的絕對值愈大表自相關愈高，而自相關愈高則 $e_i, i=1, 2, \dots, n$ 間愈不獨立。

## 結 果

### 一、盛行率與氣候變數之關係

分析本區兩期作白葉枯病盛行率與春秋兩季氣候之關係，結果如表2所示。由表2可知，第一期作白葉枯病盛行率與3月份之降水量及降水日數呈顯著之正相關；盛行率與3月份降水量之相關係數

為0.519；與降水日數之相關係數為0.449；與降水量 > 1mm 的日數為0.547；與降水量 > 10mm 的日數為0.514。而與4、5月之相對濕度呈顯著負相關；盛行率與4月相對濕度之相關係數為-0.505；與5月相對濕度為-0.492。在第二期作，白葉枯病盛行率與氣候變數無顯著之單相關性。

## 二、預測模式

應用迴歸法組建預測模式之結果，兩期作別水稻白葉枯病與氣候變數關係之預測模式可表示如下：

$$\begin{array}{ll} \text{第一期作} & \sqrt{Y_1} = 14.552 - 0.146RH_5 + 0.088PDL - 0.348TR_5 & R^2 = 0.884 \\ \text{第二期作} & \sqrt{Y_2} = 18.293 - 1.040WS - 0.019DS_9 + 0.004PR_8 & R^2 = 0.820 \\ & - 0.425PDL - 0.134RH_8 \end{array}$$

兩種模式可解釋變異程度均達80%以上。進入模式之變數第一期作為5月之相對濕度(RH<sub>5</sub>)，春季之降雨量 > 10mm 之平均日數(PDL)及5月之氣溫較差(TR<sub>5</sub>)；第二期作為秋季之平均風速(WS)，9月之日照時數(DS<sub>9</sub>)，8月降水量(PR<sub>8</sub>)，秋季之降雨量 > 10mm 之平均日數(PDL)，8月之相對濕度(RH<sub>8</sub>)。

綜而觀之，在各種氣候變數中，以降水因素相關性較高。

## 三、模式驗證

主要比較1987-1990年水稻白葉枯病盛行率預測值與觀測值(表3)，並採用下列方法來進行驗證：首先估計觀測值的95%信賴區間(95% confidence interval)，然後觀察實際的觀測值是否落在此區間內，若是，則表示模式正確，反之，則表示有誤差。

Table 2. Correlation of disease prevalence of rice bacterial leaf blight with climatic factor for the two crop seasons during the period from 1967 to 1990 in the north-west of Taiwan.

| Crop season | Mean temp. (°C) | Mean max. temp. (°C) | Mean min. temp. (°C) | Temp. range | Relative humidity (%) | Duration of sunshine(hr) | Mean wind speed (m/s) | Precipitation (mm) | No. of precip. days | No. of precip. days>1mm | No. of precip. days>10mm |
|-------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
|             |                 |                      |                      |             |                       |                          |                       |                    |                     |                         |                          |
| MAR         | -0.299          | -0.312               | -0.253               | -0.164      | 0.144                 | -0.222                   | -0.203                | 0.519*             | 0.449*              | 0.547*                  | 0.514*                   |
| 1 APR       | 0.129           | 0.042                | 0.172                | -0.153      | -0.505*               | -0.304                   | -0.368                | -0.089             | 0.030               | 0.001                   | -0.003                   |
| MAY         | 0.167           | 0.151                | 0.143                | 0.113       | -0.492*               | -0.123                   | -0.175                | 0.248              | 0.167               | 0.156                   | 0.015                    |
| SEASON      | -0.038          | -0.107               | -0.006               | -0.146      | -0.311                | -0.313                   | -0.346                | 0.411              | 0.356               | 0.432                   | 0.344                    |
| JUL         | -0.021          | -0.059               | -0.158               | 0.072       | -0.062                | -0.120                   | -0.289                | -0.041             | -0.174              | -0.189                  | -0.060                   |
| 2 AUG       | 0.282           | 0.221                | 0.256                | 0.085       | -0.342                | 0.033                    | -0.108                | 0.067              | -0.240              | -0.279                  | -0.255                   |
| SEP         | 0.015           | -0.141               | 0.181                | -0.192      | 0.082                 | -0.422                   | -0.208                | 0.087              | 0.311               | 0.431                   | -0.114                   |
| SEASON      | 0.086           | 0.015                | 0.115                | -0.020      | -0.150                | -0.216                   | -0.291                | 0.076              | -0.153              | -0.159                  | -0.327                   |

\* Significant at p=0.05

Table 3. Comparison of observed and predicted disease prevalence (%) of rice bacterial leaf blight

|           | 1st crop season |       |        |       | 2nd crop season |        |        |        |
|-----------|-----------------|-------|--------|-------|-----------------|--------|--------|--------|
|           | 1987            | 1988  | 1989   | 1990  | 1987            | 1988   | 1989   | 1990   |
| Observed  | 1.974           | 1.284 | 1.413  | 1.215 | 1.205*          | 2.088* | 2.203* | 2.266* |
| Predicted | 0.433           | 0.775 | -0.018 | 0.478 | 2.478           | 1.514  | 1.534  | 2.046  |

\* Denotes the observed value within the confidence interval.

## 討 論

白葉枯病發生之輕重，受品種、氣候因素及栽培管理方法所影響<sup>(8,17)</sup>。就品種而言，Mew曾指出，熱帶地區白葉枯病之盛行與推廣高產感病，嗜重氮的現代品種有關<sup>(16)</sup>。至於本省之水稻推廣品種，據報導多數為極感—中抗品種，抗病性並不穩定<sup>(6)</sup>。雖然，肥料不當施用也會增加病害發生，特別是氮肥之過度使用，然而，從時間數列層面來看，其變化就不如氣候變異之顯著。

在日本，白葉枯病罹病率與淹水、颱風、豪雨、日照，尤其是溫度及強風相關，高溫下病害之發生及進展較快，最適發病溫度為25-30°C，17°C以下就很少發生<sup>(9,10,11,12,13)</sup>。1962年Tagami及Mizukami之報告，罹病率與7月下旬之雨量相關，相關係數 $r=0.976$ <sup>(18)</sup>。1974年Kimura et al報導，長崎縣白葉枯病發生與5-8月之雨量有密切之關係。發生面積與5-6月雨量之相關 $r=0.686$ ，與5-7月雨量之相關 $r=0.881$ ，與5-8月雨量之相關 $r=0.891$ ，同時也指出預測不能僅藉雨量與Phage之計算，還須考慮颱風因素。在兵庫縣，則認為白葉枯病之發生預測應基於氣象條件：降雨超過100mm之集中豪雨情形，是否淹沒秧田，颱風是否侵襲出穗期，是否連續下雨等<sup>(15)</sup>。有關水稻白葉枯病與氣候之關係，在本省尚未見於報告。而本研究首次證明各種氣候因素與白葉枯病消長具相關性；而且與降水之相關性較為顯著，此與上述日本學者之研究結果極為相近。雖然，有學者提及颱風之侵襲對白葉枯病之蔓延有相當的影響<sup>(15)</sup>，但要將颱風因素納入，有數量化之困難。而在本省1984年以前，亦經常有颱風侵襲，並未造成盛行，因此，造成盛行之意外因素，有待探討。

此外，由模式驗證中可得知，兩期稻作的預測精確度皆偏低，亦可佐証可能為意外因素，如品種、栽培方法及防治方法的大幅改變，致使預測精確度降低。因此，今後可將品種、栽培方法及防治方法等納入迴歸模型中，或可作較正確的預測。

關於組建預測模式的方法，本研究係採用一般常用的多重迴歸法。並未試用具有外推(extrapolation)效應的脊迴歸模式(Ridge regression)，無法得知其功用。至於近年在其他病害如小麥赤霉病所應用之Fuzzy綜合決策模型<sup>(7)</sup>，據報導可克服單一模型各有側重之缺點，也值得今後試為應用，以提高預測之精確度。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會以 82 科技-2.10-林-03 計畫經費補助，謹致謝忱。

## 參考文獻

1. 中央氣象局。1974。氣象報告彙編 第三編。
2. 中央氣象局。1971-77。中央氣象局年報。
3. 中央氣象局。1978-90。氣候資料年報。
4. 蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟。1985。臺灣水稻病蟲害發生預測(1966-1984)。台灣省政府農林廳編印。
5. 台灣省政府農林廳。1985-1990。植物保護工作檢討報告。
6. 台灣省政府農林廳。1981-1990。稻作改良年報。
7. 黃明星等。1990。用Fuzzy綜合評判預測小麥赤霉病的發生量。氣象 16(7): 55-57。
8. 謝式埤鈺。1978。水稻白葉枯病原細菌 *Xanthomonas oryzae* 之生態。水稻病蟲害：生態學與流行學專題研討會 p.167-183。
9. 向秀夫、草葉敏彥、渡邊實、田部井英夫。1957。稻白葉枯病の發病に關す2、3の要因(講要)。日植病報 22：10。
10. 向秀夫、草葉敏彥、渡邊實、田部井英夫。1957。稻白葉枯病の發病に關する2、3要因について。關東病虫研究 4：7-8。
11. 後藤和夫、井上義孝、深津量榮、大畑貫一。1955。稻白葉枯病の發生並に消長に關する圃場觀察、東海近畿農試報告、栽培部 2：53-68。
12. 後藤和夫、深津量榮、大畑貫一。1956。稻白葉枯病の發病と氣象との關係(講要)。日植病報 20：175-176。
13. 岩野政敬。1994。九州地域におけるイネいもち病、白葉枯病の多發生。今月の農藥(7)：22-27。
14. Horino, Osamu. 1986. Epidemiology and control of bacterial leaf blight and other bacterial disease of rice. Japan Pesticide Information. 49: 3-6。
15. Matsuo, Ayao. 1979. Method of Forecasting Occurrence of Rice Diseases. In: Rice Protection in Japan Part 3. Miscellaneous p.117-146. Published by JICA Hyogo International Center.
16. Mew, T. W. 1987. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice. Ann. Rev. Phytopathol. 25：359-82。
17. Ou, S. H. 1972. Rice Diseases. Commonwealth Mycol. Inst. Kew, Surrey, England. 368pp.
18. Tagami, Y. and T. Mizukami. 1962. Historical review of the researches on bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson. Special Rep. PL. Dis. 2pp.

# The Influence of Climatic Factors on the Disease Prevalence of Bacterial Leaf Blight of Rice in the North-West Region of Taiwan

Yih-tyang Huang<sup>1)</sup> and Tea-yuen Huang<sup>2)</sup>

## Summary

The influence of spring and fall climatic variation on the prevalence of rice bacterial blight disease during 1967-1990 was studied by the correlation and regression analysis. In the first crop season, disease prevalence was positively correlated with March precipitation and number of precipitation days, negatively correlated with April and May relative humidity. No significant simple correlation between disease prevalence and climatic factors for the second crop season was observed at 5% level.

Two forecasting models were developed for two crop seasons. Coefficients of determination indicated that the climatic variables accounted for 80% above of variation in disease prevalence.

Key words: Climatic factor, Disease prevalence, Bacterial leaf blight.

---

1) Research Fellow, Taoyuan District Agricultural Improvement Station.

2) Professor, Institute of Statistics, National Tsing Hua University.