

## 論說

## 統計方法在臺灣水稻病害流行學之應用

黃益田<sup>1)</sup> 黃提源<sup>2)</sup>

## 摘 要

植物病害流行學是研究植物群體中病害在環境影響下發生發展的規律，以及病害預測與病害管理的綜合科學。在臺灣，應用統計方法來研究病害流行學，最早見於 1979 年稻熱病流行學之研究。葉稻熱病預測方面，主要應用 Gompertz growth model 以計算傳染速率 (Infection rate)；利用 Principal component analysis 選擇氣象之關鍵變數；以相關分析及迴歸分析組建預測模式。在水稻葉稻熱病藥劑防治效果指標之評估研究：採用 Monomolecular, Richards, Gompertz 及 Logistic Model 以描述病勢進展；以鄧肯氏多變域測驗法檢定傳染速率 (Infection rate)，發病曲線下面積 (area under disease progress curve, AUDPC)，發病率 (Disease severity) 之優劣。在稻熱病空間型態分析方面：採用 Rook 檢定統計量；Moran's I 統計量；Spatial lag autocorrelation 以檢定其隨機性。並以三度空間繪圖法，判明可能的病源及其散佈方向。在水稻白葉枯病流行學研究：則採用 Monomolecular, Logistic, Gompertz 及 Richard Model 以描述病勢進展；以 Kruskal-Wallis H ANOVA Test 比較同一流域發生程度與水源距離之關係；以相關分析及迴歸分析組建預測模式。

關鍵詞：統計方法、應用、水稻病害、流行學。

## 前 言

臺灣水稻病害流行學之研究，最初，係以病害發生預測為其目的；在 1975 年，台灣省農業試驗所嘉義分所及各區農業改良場等機構組成研究團隊進行研究。其後，應用相關分析及直線迴歸法，由嘉義農業試驗分所發展出病斑面積率預測模式<sup>(11,12,13)</sup>，桃園區農業改良場發展出發病面積、初發期及盛行率預測模式<sup>(2,3,5)</sup>，並研發完成葉稻熱病現場預報系統<sup>(4)</sup>。此外，亦曾應用不同生長模式來配合病勢進展資料<sup>(1,7,9)</sup>；利用各種檢定統計量於空間型態之分析等<sup>(9)</sup>。茲就歷年來應用統計方法於稻熱病及白葉枯病之研究成果，概述如次，以供參考。

---

1) 桃園區農業改良場

2) 國立清華大學統計學研究所

## 在稻熱病流行學之應用

### 一、生長模式之應用

近廿年來，病勢進展模式化已成為描述植物病害不可或缺的部份。而，病勢進展曲線常應用各種生長模式 (Growth model) 來配合。這些模式，可稱為非直線型迴歸模式 (Nonlinear regression model)。一般常用的生長模式有以下各種：Exponential, Monomolecular, Logistic, Gompertz, Log-logistic, Richards, Weibull 模式等，如表 1 所示。

表 1. 一般常應用於病勢進展資料分析之生長模式

Table 1. Growth models that have been used for analysis of disease progress data.

Model	Equation
Exponential	$y = y_0 \exp(r_E t)$
Monomolecular	$y = 1 - [(1 - y_0) \exp(-r_M t)]$
Logistic	$y = 1 / [1 + \exp(-\{\ln[y_0 / (1 - y_0)] + r_L t\})]$
Gompertz	$y = \exp[\ln(y_0) \exp(-r_G t)]$
Log-logistic	$y = 1 / \{1 + [(1 - y_1) / y_1] t^{r_{LL}}\}$
Richards	$y = [1 - B \exp(-r_R t)]^{1/(1-m)}$ if $m < 1$ $B = 1 - y_0^{(1-m)}$ $y = [1 + B \exp(-r_R t)]^{1/(1-m)}$ if $m > 1$ $B = (y_0)^{1-m} - 1$
Weibull	$y = 1 - \exp\{-[(t-a)/b]^c\}$

1978 年黃氏等應用非直線型模式於病勢進展資料之分析，當時曾以 Logistic 曲線配合台南 5 號及嘉農 8 號之葉稻熱病病勢進展資料，模式之適合性不佳<sup>(1)</sup>。其後，曾以 Gompertz 模式  $Y = \exp[-B \exp(-kt)]$  配合 1977-1986 年台南 5 號葉稻熱病病勢進展資料，計算其傳染速率<sup>(4)</sup>。此外，最近以稻熱病藥劑篩選試驗結果做為次級資料；以 Monomolecular, Richards, Gompertz 及 Logistic 模式來配合 16 種藥劑處理試驗之葉稻熱病病勢進展資料，將上述模式轉換 (transformation) 後，作成線性迴歸，並以  $R^2$  之大小來解釋其適合性 (Goodness-of-fit)；4 種模式之適合性如表 2。由表 2 可知，16 種處理以 Logistic 模式之  $R^2$  值最接近 1。因此，就本研究之資料而言，選擇 Logistic 模式來解釋葉稻熱病的病勢進展最佳。關於藥效指標之選擇，在 Logistic 模式下，可以估算三種藥效指標值；然後，經鄧肯氏多變域測驗法檢定三種藥效指標在 16 種處理下之值，有無差異。表 3 顯示，傳染速率 (Infection rate) 為最理想的藥效指標；因為 16 種處理可由 A-E 5 個等級明顯地判別。

表 2. 16 種殺菌劑處理之葉稻熱病病勢進展配合 4 種曲線模式之決定係數 (R<sup>2</sup>)

Table 2. Coefficient of determination (R<sup>2</sup>) of four disease progress models used for curve fitting for 16 leaf blast epidemics.

Fungicide Treatment	Coefficient of determination			
	Monomolecular	Richards	Gompertz	Logistic
1	0.510	0.716	0.909	0.984
2	0.519	0.720	0.916	0.986
3	0.518	0.718	0.912	0.986
4	0.633	0.682	0.786	0.930
5	0.835	0.905	0.971	0.992
6	0.934	0.953	0.979	0.988
7	0.867	0.912	0.967	0.988
8	0.751	0.854	0.949	0.988
9	0.513	0.724	0.912	0.981
10	0.418	0.663	0.892	0.975
11	0.586	0.686	0.857	0.959
12	0.516	0.664	0.840	0.931
13	0.459	0.665	0.890	0.979
14	0.635	0.728	0.885	0.974
15	0.657	0.710	0.839	0.947
16	0.630	0.689	0.804	0.948

表 3. 利用鄧肯氏多變域測驗法比較最後發病率、傳染速率及病勢進展曲線下面積

Table 3. Comparison of final disease severity, infection rate and areas under disease progress curves (AUDPC) for rice leaf blast by Duncan's multiple range test.

Fungicide Treatment	Mean		
	Final disease severity	Infection rate	AUDPC
16	0.6323 A	0.02806 A	0.5210 A
4	0.6297 A	0.02802 A	0.5188 A
15	0.5597 BA	0.02540 BA	0.4570 BA
14	0.5391 BC	0.02490 BAC	0.4379 BC
11	0.5084 CDD	0.02322 BDC	0.4136 BCD
13	0.4770 CD	0.02175 DC	0.3877 BCD
10	0.4742 CD	0.02169 DC	0.3850 CD
12	0.4436 ED	0.02070 D	0.3622 ED
3	0.4401 ED	0.02015 D	0.3568 FED
2	0.4394 ED	0.01977 D	0.3537 FED
9	0.4296 FED	0.01956 D	0.3487 FGED
1	0.4238 FGED	0.01950 D	0.3430 FGED
8	0.3588 FGEH	0.01572 E	0.2933 FGEH
5	0.3493 FGH	0.01526 E	0.3856 FGH
7	0.3429 GH	0.01484 E	0.2810 GH
6	0.3104 H	0.01300 E	0.2561 H

## 二、相關及迴歸分析法之應用

## (一)簡單直線迴歸分析法

簡單直線迴歸式以  $Y = a+bx$  來表示。在臺灣，黃氏曾利用 1961-1983 年間各農業試驗場所穗稻熱病藥劑試驗報告之次級資料，以簡單直線迴歸分析法，建立穗稻熱病與收量損失間之關係模式<sup>(6)</sup>。

## (二)複線性迴歸分析法

應用複線性迴歸分析法，始於 1979 年。黃氏等利用 1965-1977 年葉稻熱病發生面積資料及氣象資料，以逐步複線性迴歸分析法探討 2、3、4 月各旬之平均氣溫、最高氣溫平均、最低氣溫平均、氣溫較差、濕度、降雨量、蒸發量、日照時數、降雨日數、平均氣溫在 22-25 °C 之累計日數、濕度 > 93% 或 89% 之累計日數、離效溫差累計值與 5 月發病程度之關係，建立迴歸方程式，供葉稻熱病預測之用<sup>(2)</sup>。至 1983 年，更進而探討台灣七個地區第一期作葉稻熱病盛行率（發病面積／栽培面積）與冬季氣候之關係，並建立盛行率預測模式，如表 4 所示<sup>(3)</sup>。此外，亦探討第一期作穗稻熱病盛行率與冬春季氣候之關係，建立盛行率預測之模式，模式如表 5 所示<sup>(8)</sup>。

整體模式，實質為經驗模式，它把病勢進展過程當作一個黑盒處理，因其並未考慮自變數（預測因子）之效應及相互間之交感作用。其優點為易於建立及應用方便，建立模式也較經濟。其缺點為：(1)生物學邏輯差；(2)使用範圍只能內插，不能外延；(3)適用的時空範圍有局限性；(4)只能作靜態預測，如高峰期的盛行率預測，而不能作動態預測，如逐日病勢變化之預測<sup>(7)</sup>。

表 4. 台灣各地區葉稻熱病盛行率預測模式

Table 4. Regional forecasting models for disease prevalence of rice leaf blast in Taiwan.

District	Model	R <sup>2</sup>	SE
Taipei	$Y = -16.779 + 0.811MIT - 4.156WS + 0.292EV$	0.82	1.11
Hsinchu	$Y = -525.531 + 97.146MAT_2 - 5.888MAT_2^2 + 0.118MAT_2^3$	0.82	2.66
Taichung	$Y = -41.07 + 6.24MT_2 - 4.38MIT_2 + 0.72PD_2$	0.83	1.82
Tainan	$Y = -69.729 + 2.424MAT_2 + 0.443RH_{12} - 0.057PR_1$	0.79	2.62
Kaohsiung	$Y = 26.808 + 2.458MAT_1 - 0.252DS_{12} - 0.153DS - 0.375PR_{12}$	0.96	1.87
Taitung	$Y = -155.389 + 4.62MT_2 + 8.717TR_1 + 0.205DS_{12} + 0.105PR_1$	0.92	3.63
Hualien	$Y = -75.587 - 5.973MIT_{12} + 7.944MIT_2 + 1.151RH_2 - 0.076PR_2 + 1.309PD_{12} - 0.306EV_{12s}$	0.98	3.06

MT: Mean temperature. MAT: Mean maximum temperature. MIT: Mean minimum temperature.

TR: Temperature range. RH: Relative humidity. DS: Duration of sunshines. WS: Mean wind speed.

PR: Precipitation. PD: Number of precipitation days. EV: Evaporation.

表 5. 台灣各地區穗稻熱病盛行率預測模式

Table 5. Regional forecasting models for prevalence of rice panicle blast in Taiwan.

District	Model	R <sup>2</sup>	SE
Taipei	$Y_1 = 25.027 + 0.888MIT_{12} + 0.25EV_{12}$	0.72	1.51
Hsinchu	$Y_2 = -53.698 + 1.048MIT_3 + 1.973MIT_4 + 0.064DS$	0.78	2.28
Taichung	$Y_3 = -50.237 + 6.212MT_4 + 0.802MIT_{12} + 2.033MIT_2 - 5.072MIT_4 - 1.844TR_{12}$	0.84	2.56
Tainan	$Y_4 = 38.307 - 1.003MAT_{12} + 0.012PR_1 - 0.098EV_{12}$	0.81	0.77
Kaohsiung	$Y_5 = -61.063 + 4.503MIT_1 + 0.352PR_1$	0.73	6.80
Taitung	$Y_6 = -13.285 - 0.104PR_2 + 0.343PD_{12} + 1.454PD_1 + 0.703PD_2$	0.94	1.75
Hualien	$Y_7 = -185.705 + 10.92MIT_2 - 7.454TR_2 + 28.914WS_2$	0.77	7.50

### 三) 脊迴歸分析法

#### 1. 臨界日期預測模式<sup>(7)</sup>

至 1986 年，黃氏等鑑於病害預測方法，各學者專家之研究並不一致，而每一類預測方法都有它的特性，適用範圍及使用條件。而，一般複線性迴歸法也有其缺點，乃嘗試應用脊迴歸模式於葉稻熱病臨界日期 (Critical date) 之預測。所謂臨界日期定義為初發期 (發病率 = 0.1 % 之日期) 之前 5 天。本模式基於兩種假設：(1) 從插秧至臨界日期之長短與變異較大之氣象變數相關；(2) 臨界日期與特定之日累計預測值有符合現象 (Coincidence)。預測因子係自溫度 10-32 °C 及相對濕度 60-100 % 之間 117 個溫濕度組合因子中，採用主成分分析法中之變方貢獻率選出之 10 個組合因子，然後用脊迴歸法建立模式：以 Y 為日累計預測值 (Daily cumulative predictand)，Xi 為落於 16-24 °C 及 88-100 % 之不同溫濕度組合因子，其出現小時數累計值。其預測模式如下：

$$Y = 0.013 + 0.059X_{71} + 0.316X_{72} + 0.150X_{73} + 0.137X_{83} + 0.130X_{84} + 0.245X_{85} + 0.033X_{86} + 0.153X_{97} + 0.375X_{98} + 0.375X_{111}$$

本模式係以統計方法導出，然而其應用方式則採經驗法則，臨界日期視為先行指標 (leading indicator)，設定為  $Y \geq 24$ 。臨界日期出現在防治限閾 4 月 10 日 (或插秧後 32 天) 以前，須施藥防治，如出現在防治限閾後，因發病輕微，不影響產量，可作無須防治之決策。

#### 2. 病勢進展曲線要素預測<sup>(7)</sup>

病害發生情形，可由病勢進展曲線表示。病勢進展可藉曲線之要素 (element) 來識別。因此，病害預測也可藉預測曲線要素來完成預測目標。葉稻熱病預測可包括初發期、高峰期、進展期、傳染速率、曲線下面積、發病率預測等。黃氏探討曲線要素與初發期前一段時間，即插秧後 1-25 天之氣象要素之關係，確立傳染速率 r、初發期 (days until disease onset, DUDO)、高峰期 (days until maximum disease incidence, DUMDI) 之脊迴歸模式 (表 6)，並以 Gompertz 模式  $Y_n = \exp[-Be(-kt)]$  為病勢進展預測模式。由上述模式，可以完全描述整個病勢進展情況。

表 6. 葉稻熱病病勢進展曲線要素脊迴歸預測模式

Table 6. Ridge regression models for forecasting curve elements of rice leaf blast epidemics

Element	Model	R <sup>2</sup>	SE
r	$Y_r = -0.217 + 0.0154MINT_3$	0.684	0.316
DUDO	$Y_{do} = 31.732 + 0.209RH89_3 - 0.068DWP_3 - 1.714TR_5$	0.991	0.009
DUMDI	$Y_{dm} = 64.869 + 0.6243RF_1 - 0.1264DWP_3 - 1.8702TR_5$	0.976	0.024

#### 3. 空間型態分析

植物病害空間分佈之研究，到了 1980 年代以後，才引起許多國外植物病理學者的莫大興趣。在台灣至目前為止，尚未有植病學者報導此種分析方法。

1991 年於台灣省新竹縣峨眉及橫山兩鄉抽樣調查 8 區稻田，田區大小由 200-1,000 平方公尺不等。採用方塊取樣法 (Quadratic sampling)，將田區劃成若干方塊，每方塊一平方公尺調查一權。以目測法估計病斑面積率 (%)。然後，應用幾種常用的檢定統計量：包括離散指數 (Index of dispersion)、群聚指數 (Lloyd's index of patchiness)、Rook 檢定統計量，Moran's I 統計量，空間落後自相關 (Spatial lag autocorrelation)，探討葉稻熱病田間分佈型態。此外，並

採用圖示法直接而具體地表現出其狀態。病源傳播方向，則採用梯度分析 (Gradient analysis)。

分析結果如表 7、表 8 所示。表 7 顯示：橫山鄉調查 5 區，平均發病率在 3.79-35 % 之間，峨眉鄉調查區平均發病率在 7.94-16.61 % 之間。同一鄉調查田不同發病率也呈現顯著差異。所有調查田之離散指數 (index of dispersion) 及 Lloyd's 群聚指數(I)均大於 1。可見葉稻熱病在田間之分佈並非呈隨機或規則之型態，而是呈聚集 (aggregation) 之型態。從離散指數之大小，可知聚集程度也因調查田之不同而有差異；從群聚指數可以獲知其非隨機狀態，由輕微而至明顯之聚集狀態，如橫山調查田 E 群聚指數僅為 1.03，而峨眉調查田 C 為 6.22。此外，Moran's I 統計量顯示，每一調查田的 I 值皆十分顯著，因為  $|Z|$  均大於 1.96，顯著水準  $\alpha=0.05$ ，表明每一調查田發病較嚴重的小方塊有聚集在某一方位的傾向，如圖 1。表 8 列有 Rook's 統計量及自相關係數值，表中的 sp 係發病率的臨界值，任何發病率超過 sp 值的小格將被視為黑色；不然，便是白色。表 8 顯示每一調查田的 z 值都大於 1.96 (顯著水準  $\alpha=0.05$ )，即每一調查田的葉稻熱病分佈不是隨機的。

發病率對發病位置的三維曲面圖及等高線圖，見圖 2。圖 2 表示橫山 A 區調查田在東南位置發病率較高，此地區圍繞著多條等高線，極有可能是病源點的所在位置。峨眉 B 區調查田由南到北的中間地帶普遍發病嚴重，並且有往東、西方向蔓延的趨勢。

表 7. 橫山及峨眉調查田葉稻熱病之平均發病率及離散指數

Table 7. Indices of dispersion for rice leaf blast in Henshan and Omei.

Location	Plot	Mean disease severity	Index of dispersion	Lloyd's index of patchiness	Moran's I statistics			
					Moran's I	$E(I)^2$	$V(I)^y$	$ Z ^{x)}$
Henshan	A	21.48	7.15	1.29	0.615	-0.005	0.003	12.14
	B	8.24	21.88	3.54	0.575	-0.002	0.001	19.80
	C	34.82	9.43	1.42	0.689	-0.002	0.001	19.87
	D	3.79	4.37	1.89	0.395	-0.002	0.001	13.77
	E	29.82	1.37	1.03	0.517	-0.004	0.002	11.19
Omei	A	7.94	10.32	2.17	0.801	-0.001	0.001	35.33
	B	16.61	18.65	2.06	0.666	-0.001	0.001	29.05
	C	4.76	25.84	6.22	0.755	-0.002	0.001	24.82

z.  $E(I)$ : Expected value (I).

aa.  $V(I)$ : Variance (I).

x.  $|Z|$ : Observed value for testing randomness.

表 8. 利用 Rook's 統計量測驗葉稻熱病隨機性之結果

Table 8. Results of Rook statistic for testing randomness of rice leaf blast.

Location	L	R	sp	b	w	lags	BW	E(BW)	V(BW)	Z		
Hensan	A	6	35	30	46	164	1	46	130.29	46.80	12.25	
							B	1	99	286.34	76.50	21.36
								2	118	270.80	77.27	17.33
								3	138	255.27	75.81	13.41
								4	128	239.73	72.06	13.10
	5	125	224.19	66.06	12.14							
	C	10	44	30	239	201	1	151	410.85	202.71	18.22	
							2	181	383.99	189.66	14.70	
							3	205	357.13	176.51	11.41	
							4	226	330.27	163.31	8.12	
	D	10	55	5	134	416	1	181	382.15	144.98	16.66	
							2	193	358.15	139.29	13.95	
							3	204	334.15	131.34	11.31	
							4	216	310.15	121.19	8.51	
	E	7	35	30	147	98	1	137	215.92	103.00	7.73	
2							133	195.68	93.72	6.42		
Omei	A	20	50	10	196	804	1	198	608.89	198.41	29.13	
							2	274	586.80	197.69	22.21	
							3	290	564.72	195.53	19.61	
							4	297	542.63	192.08	17.69	
							5	311	520.55	187.28	15.28	
	B	30	33	35	186	804	1	256	588.58	184.79	23.55	
							2	281	566.34	185.04	20.94	
							3	368	547.10	184.28	13.16	
							4	375	527.85	182.63	11.27	
							5	406	508.61	180.05	7.61	
	C	16	35	10	89	471	1	76	286.30	81.40	23.25	
							2	101	272.64	82.21	18.88	
							3	113	258.98	81.71	16.09	
							4	115	245.32	79.86	14.53	
							5	134	231.66	76.69	11.09	

L: Line

R: Row

sp: Critical value of disease severity.

b: number of black lattice.

w: number of white lattice.

BW: number of black and white connected lattice.

E(BW): Expected value (BW).

V(BW): variance (BW).

|Z|: observed value for testing randomness.

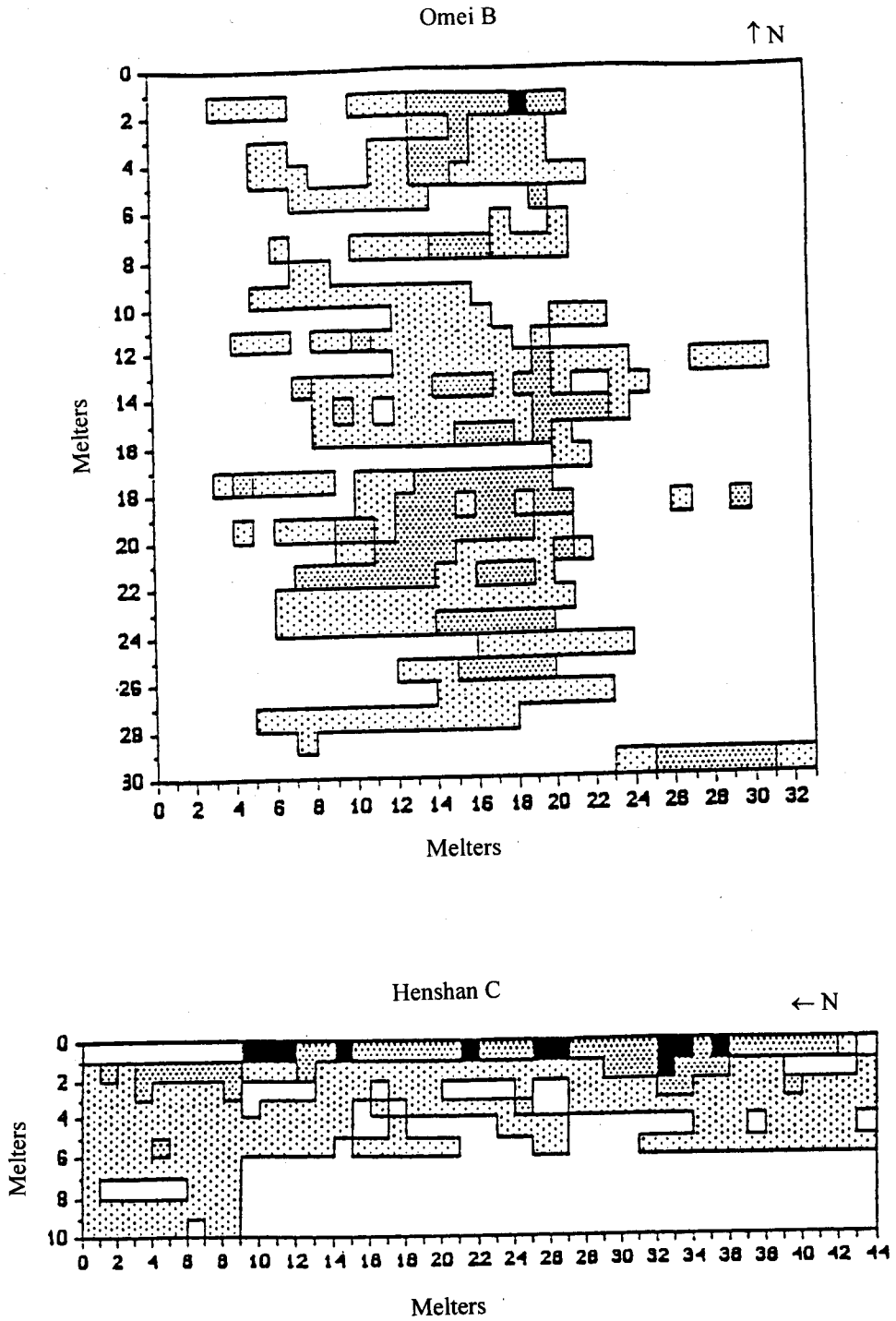
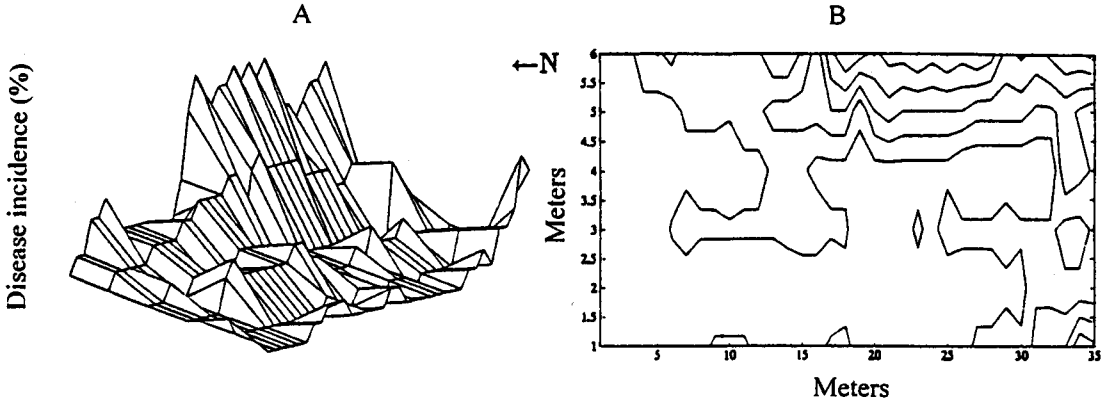


圖 1. 葉稻熱病田間分佈狀態

Fig. 1. Distribution of rice leaf blast in fields.



Henshan A



Omei B

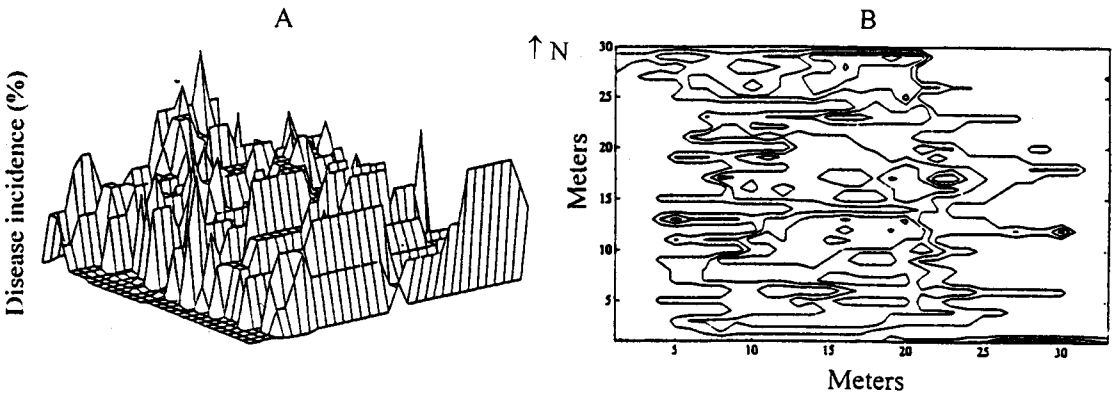


圖 2. 葉稻熱病發病率圖。A.三維曲面圖。B.等高線圖。

Fig. 2. Map of severity of rice leaf blast in Henshan and Omei.

A, Three-dimensional response surface.

B, isopath contour map of the disease fields.

## 在白葉枯病流行學之應用

稻白葉枯病，是由病原細菌 *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* (Ishiyama) Dye 所引起，為台灣主要稻作病害之一。1985 年以來，可見此種病害有日益嚴重之趨勢。然而，有關白葉枯病病害流行學及防治方法之研究上，著力不多。所以，極為缺乏此一病害流行動態及防治方法之資料。尚無法擬訂適當之防治對策，以遏阻流行之趨勢。

至 1991 年，黃氏等抽樣調查新竹縣鳳山溪及頭前河流域稻田之白葉枯病疫情。利用三種統計方法探討白葉枯病發生分佈及病勢進展：(1)應用 Monomolecular, Logistic, Gompertz 及 Richards 模式來描述病勢進展；檢驗結果顯示，以 Logistic 曲線模式最適合；(2)採用 Kruskal-Wallis H 法檢驗調查資料，比較不同流域發病程度之差異。表 9 所示，關於流域之間發病有否差異，檢定結果 p 值為 0.0176，比臨界值 5.6333 小，證明此兩河流域間有顯著差異；比較兩流域之傳染速率，經由檢定結果，p 值為 0.5839，比臨界值 0.3 大，證明傳染速率無差異；比較不同流域之間的發病為害程度，以最後一次調查之發病率為基準，經由檢定結果 p 值亦為 0.0176，證明兩流域之發病程度有顯著之差異。此外，探討同一流域發病程度與水源距離是否有關聯之問題，得出鳳山溪流域的 p 值為 0.8933，頭前河流域的 p 值為 0.8731，均大於臨界值。顯示兩流域的平均發病率與水源距離無任何關聯<sup>(9)</sup>。

另外，黃氏應用相關及迴歸分析法，探討台灣西北區兩期作水稻白葉枯病盛行率與春秋氣候之關係，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 80% 以上<sup>(10)</sup>。

表 9. 不同流域稻白葉枯病病勢進展差異之比較

Table 9. Comparison of the epidemics of bacterial leaf blight of rice for different basins.

Category	p-value	Critical
Difference in mean disease incidence between different basins	0.0176	5.6333
Difference in infection rate between different basins	0.5839	0.3000
Difference in final disease intensity between different basins	0.0176	5.6333
Relation of disease incidence of FSB to proximity of the source of water	0.8933	0.2257
Relation of disease incidence of TCB to proximity of the source of water	0.8731	0.2714

## 結 語

統計方法在病害流行學上的應用；一方面在於整理及分析病害觀測資料；另一方面則探究環境因素與病害的關係，分析病害分佈的空間結構，組建病害發生預測及損失估計模式，應用於病害的風險性評估，供為病害綜合管理決策釐訂與執行的依據。

近廿年來，台灣水稻病害流行學的研究方面，亦曾採用統計方法來整理、歸納、分析田間觀測所取得的資料；應用生長模式於配合病勢進展，應用相關、主成分及迴歸分析於組建預測模式，以及應

用 Rook, Moran's I 統計量於病害分佈之空間型態分析等。然而，隨著流行學的日益精進，應用的統計方法也有日見繁複的趨勢；近年來，已有國外學者應用地理統計 (Geostatistics) 於風險評估；利用多變量分析法，作成病害發生型之區域分類，導出病害管理之資訊等。無論是從學術層面或從實際應用層面而言，台灣在這方面的研究遠遠落於其後。因此，如何善巧運用統計方法，提昇流行學之研究深度，應為今後努力的方向。

## 參考文獻

1. 黃益田、游俊明、蔡武雄、戴麗華、詹雲峰、黃提源。1978。稻熱病流行學之研究 I. 葉稻熱病病增曲線之數學分析。植保會刊 20(3): 260-276。
2. 黃益田、游俊明、詹雲峰、黃提源。1979。稻熱病流行學之研究 II. 葉稻熱病發生預測程式之探索。新竹區農業改良場研究報告 37: 1-31。
3. 黃益田。1983。稻熱病流行學之研究 IV 葉稻熱病盛行率預測模式之發展。桃園區農業改良場研究報告 1: 22-37。
4. 黃益田、游俊明、陳獻、黃成立、莊旭楨。1984。葉稻熱病現場預報系統發展。桃園區農業改良場特報 1: 1-39。
5. 黃益田、游俊明、黃提源、胡金源。1986。葉稻熱病發生預測—脊迴歸模式之程式。桃園區農業改良場特報 2: 1-95。
6. 黃益田、游俊明。1989。穗稻熱病與水稻收量損失之關係。植保會刊 31: 202-210。
7. 黃益田。1991。稻熱病預測方法及系統。台灣省農業試驗所特刊 32: 31-63。
8. 黃益田。1993。穗稻熱病預測模式之發展。桃園區農業改良場研究報告 12: 9-19。
9. 黃益田、楊相國、黃提源。1994。鳳山溪及頭前河流域水稻白葉枯病發生分佈及病勢進展之分析。桃園區農業改良場研究報告 18: 1-9。
10. 黃益田。1994。台灣西北區之氣候因素對水稻白葉枯病盛行率之影響。桃園區農業改良場研究報告 19: 27-34。
11. 蔡武雄、蘇鴻基。1984。水稻葉稻熱病預測 I. 氣象變數與病斑數進展。植保會刊 26: 171-180。
12. 蔡武雄、蘇鴻基。1985。水稻葉稻熱病預測 II. 氣象變數、分生孢子數與病斑數進展之關係。中華農業研究 34(1): 71-78。
13. 蔡武雄。1986。水稻葉稻熱病預測 III. 氣象變數與病斑面積率之關係。植保會刊 28: 111-117。

**Feature Articles****Application of Statistical Methods in Epidemiology  
of Rice Diseases in Taiwan**Yih-tyang Huang<sup>1)</sup> and Tea-yuen Huang<sup>2)</sup>**Summary**

Epidemiology is the science of populations; the study of the development and spread of disease as well as disease forecasting and management. In Taiwan, statistical methods have been used to study the disease epidemiology of rice leaf blast since 1979. In development of disease forecasting models for rice leaf blast, the infection rate was calculated based on the Gompertz growth model; key climatic variables were selected by the principle component analysis; and models were developed by the correlation and regression analysis. In evaluation of fungicides for controlling leaf blast of rice, the Monomolecular, Richards, Gompertz and Logistic models were used to describe the progress of disease; Duncan's multiple range test was employed to determine the difference between infection rate, AUDPC and disease severity as the parameters for fungicide evaluation. In the spatial pattern analysis of rice leaf blast, Rook and Moran's I statistic, and spatial lag autocorrelation methods were used to test randomness of disease. Three-dimensional mapping method and disease gradient analysis were used to determine the disease focus and direction of disease spread. In the study of epidemiology of bacterial leaf blast, the Monomolecular, Logistic, Gompertz and Richard models were used to depict the progress of disease; Kruskal-wallis H ANOVA Test employed to compare the disease incidence at different sites of the same basin to proximity of source of water; and correlation and regression methods were used to build up the forecasting models.

**Key words:** Statistical methods, Application, Epidemiology, Rice disease.

---

1) Taoyuan District Agricultural Improvement Station.

2) Institute of Statistics, National Tsing Hua University.