

# 氣象因素對水稻產量之影響

范明仁 黃益田 黃提源

Influence of the Meteorological Factors on Rice Yield

Ming - jen Fan, Yih - tyang Huang, and Ti - yuan Huang

## 摘 要

本研究係以逐步複線性迴歸分析法探討水稻生育期中各節氣內之平均氣溫、最高平均氣溫、最低平均氣溫、累積氣溫、平均日照時數、日照日數、陰天日數、晴天日數、降雨日數、降雨量、平均風速、平均蒸發量、度日等氣象因素與水稻產量之關係。分析資料為本場民國43~69(1954~1980)年,27年水稻豐歉試驗中,台中65號,台中150號,新竹50號三品種之產量及本場氣象站所測之氣象資料。分析結果顯示,一期作產量主要受播種至插秧期之氣溫所影響,若此期氣溫低則產量有增加之趨勢,二期作產量主要受播種至立秋間晴天日數所影響,若此期晴天及雨天日數多則產量有降低之趨勢。

## 一、前 言

水稻為本省最主要的糧食作物,其產量之豐歉,對軍糈民食,物價之安定性影響極大。是故,早期產量或豐歉之預測極值重視。

目前本省水稻產量之估測由糧食局負責執行;於每期作進行產量坪割調查,評估該期作全省總產量,供政府作為擬定糧政決策之依據。惟坪割時水稻已屆黃熟期,而本省南北水稻成熟時期差異甚大,若俟調製後才取得完整資料,南部已完成插秧工作,是故以此資料來擬定當期之糧政決策已嫌略遲。因此必須提前獲知該期作之產量,供為下期作糧政決策之依據,用以調節本省水稻之供需。

水稻產量之預測可以利用收量構成因素來進行預測。如Matsubayashi(1968)之方法:單位面積產量為單位面積穗數、每穗穎花數、充實百分率、千粒重之乘積來表示<sup>(10)</sup>。鄔、何兩氏除利用每公頃株數,每株穗數,每穗穎花數作為預測因子外,1980年並加入氣象因子如,齊穗前40日至前20日之積溫以及齊穗前60日至前40日之日照時數等作為預測因子<sup>(1,2)</sup>。

實際上水稻之產量除與收量構成因素有高相關外,氣象亦為影響產量之關鍵因素。氣象因素影響了水稻產量構成因素後,間接影響到產量,所以氣象為影響水稻生育之「前因」,水稻產量之表現為其「後果」。本研究的目的,即在探討本區內氣象因素與水稻品種間產量之相關性,做為將來本區內水稻產量或豐歉預測之參考。

## 二、材料與方法

(一)材料：

本研究所採用之資料，取自新竹區農業改良場民國43年至69年共27年間豐歉試驗所得之資料。氣象資料亦取自該場之氣象觀測站。水稻品種為台中65號、台中150號、新竹50號。各品種歷年之產量如表一：

表一、民國四三年～六九年本場水稻豐歉試驗，各品種之產量及其統計介量。

年 別	一 期 作			二 期 作		
	T.C.65	T.C.150	C.H.50	T.C.65	T.C.150	C.H.50
43	3699.8	3454.8	3651.3	2836.6	2719.8	2419.8
44	3573.7	2850.4	3837.9	2786.2	2905.5	2395.8
45	3681.2	3239.7	3623.3	3687.3	3309.2	3443.6
46	4348.3	4011.7	4015.2	3274.6	3472.5	3362.6
47	3579.3	3525.4	3592.4	3614.6	3285.9	3297.4
48	3152.1	2788.1	3323.4	2905.8	2824.3	2587.5
49	3377.7	2077.6	3265.4	2337.7	1802.3	1924.5
50	3216.0	2950.0	3019.0	3247.8	3308.3	3001.2
51	3959.5	3855.0	3975.0	2551.0	2339.0	1826.0
52	2904.0	2867.3	3165.3	3427.1	3306.6	3591.1
53	3439.4	3514.8	3865.3	3302.9	3457.0	2935.6
54	3361.7	3556.8	3479.7	3513.0	3552.0	3300.0
55	2635.0	2733.0	2220.0	3271.1	3160.0	3073.0
56	3370.0	3487.0	3449.0	2827.0	2715.0	2654.0
57	3766.0	3488.0	3856.0	2402.0	2218.0	1863.0
58	3864.0	4003.0	3350.0	1827.0	1195.0	932.0
59	2835.0	3280.0	2501.0	1965.0	1813.0	1470.0
60	3448.0	3376.0	3921.0	2243.0	2244.0	2184.0
61	3360.0	3706.0	3562.0	2593.0	2770.0	3931.0
62	2354.0	2407.0	2671.0	2738.0	2473.0	2445.0
63	3160.0	3359.0	3386.0	2153.0	2570.0	2350.0
64	3088.0	3024.0	2944.0	2240.0	2723.0	2435.0
65	3184.0	2573.0	2524.0	3612.0	3720.0	3312.0
66	3605.0	3467.0	3527.0	3214.0	3250.0	2191.0
67	3469.0	3552.0	3273.0	2778.0	2576.0	2329.0
68	3990.0	3572.0	3606.0	2392.0	2519.0	2595.0
69	4358.0	4492.0	4408.0	2655.0	2369.0	2293.0
Mean	3436.2	3304.1	3445.6	2829.4	2767.2	2529.7
S. D.	464.9	530.7	480.1	529.8	606.1	639.8
C. V. (%)	13.53	16.06	13.93	18.73	21.90	26.53

本研究採用之氣象因素，於一期作時依播種（每年2月1日），插秧（每年3月22日，即春分），谷雨（4月21日），立夏（5月6日），小滿（5月22日），收穫（年別間稍有不同，但以7月15日較多），等分為5個時期。二期作則依播種（每年6月14日），插秧（每年7月23日，即大暑），立秋（8月8日），處暑（8月24日），白露（9月8日），寒露（10月9日），收穫（年別間稍有不同，但以11月11日較多），等分為6個時期。於每一時期間調查其平均氣溫、平均最高溫、平均最低溫、累積氣溫、日照時數、日照日數、陰天日數、晴天日數、降雨日數、降雨量、相對濕度、風速、蒸發量、度日等。每天度日數，可由下列公式計算： $GDD = \left( \frac{T+T'}{2} - T_t \right)$

上式GDD不得為負數，T是每日最高溫度，T'是每日最低溫度，T<sub>t</sub>是起算溫度<sup>(4)</sup>。各期作中各時期之起算溫度T<sub>t</sub>各為：一期作：播種至插秧T<sub>t</sub>=16℃，插秧至谷雨T<sub>t</sub>=15℃，谷雨至立夏T<sub>t</sub>=14℃，立夏至小滿T<sub>t</sub>=17℃，小滿至收穫T<sub>t</sub>=15℃。二期作：播種至插秧T<sub>t</sub>=16℃，插秧至立秋T<sub>t</sub>=15℃，立秋至處暑T<sub>t</sub>=14℃，處暑至白露T<sub>t</sub>=17℃，白露至寒暑T<sub>t</sub>=15℃，寒露至收穫T<sub>t</sub>=15℃(盧 1965)<sup>(3)</sup>，各氣象因素之變數，如表二、三：

表二 第一期作水稻產量與氣象因素關係研究之變數

氣象因素 \ 時期	播種至插秧 11	插秧至谷雨 12	谷雨至立夏 13	立夏至小滿 14	小滿至收穫 15
平均氣溫	MT <sub>11</sub>	MT <sub>12</sub>	MT <sub>13</sub>	MT <sub>14</sub>	MT <sub>15</sub>
平均最高溫	MAT <sub>11</sub>	MAT <sub>12</sub>	MAT <sub>13</sub>	MAT <sub>14</sub>	MAT <sub>15</sub>
平均最低溫	MIT <sub>11</sub>	MIT <sub>12</sub>	MIT <sub>13</sub>	MIT <sub>14</sub>	MIT <sub>15</sub>
累積氣溫	ACT <sub>11</sub>	ACT <sub>12</sub>	ACT <sub>13</sub>	ACT <sub>14</sub>	ACT <sub>15</sub>
日照時數	DS <sub>11</sub>	DS <sub>12</sub>	DS <sub>13</sub>	DS <sub>14</sub>	DS <sub>15</sub>
日照日數	SSD <sub>11</sub>	SSD <sub>12</sub>	SSD <sub>13</sub>	SSD <sub>14</sub>	SSD <sub>15</sub>
陰天日數	CLD <sub>11</sub>	CLD <sub>12</sub>	CLD <sub>13</sub>	CLD <sub>14</sub>	CLD <sub>15</sub>
晴天日數	SND <sub>11</sub>	SND <sub>12</sub>	SND <sub>13</sub>	SND <sub>14</sub>	SND <sub>15</sub>
降雨日數	PD <sub>11</sub>	PD <sub>12</sub>	PD <sub>13</sub>	PD <sub>14</sub>	PD <sub>15</sub>
降雨量	PR <sub>11</sub>	PR <sub>12</sub>	PR <sub>13</sub>	PR <sub>14</sub>	PR <sub>15</sub>
相對濕度	RH <sub>11</sub>	RH <sub>12</sub>	RH <sub>13</sub>	RH <sub>14</sub>	RH <sub>15</sub>
風速	WS <sub>11</sub>	WS <sub>12</sub>	WS <sub>13</sub>	WS <sub>14</sub>	WS <sub>15</sub>
蒸發量	EV <sub>11</sub>	EV <sub>12</sub>	EV <sub>13</sub>	EV <sub>14</sub>	EV <sub>15</sub>
度日	DD <sub>11</sub>	DD <sub>12</sub>	DD <sub>13</sub>	DD <sub>14</sub>	DD <sub>15</sub>

表三 第二期作水稻產量與氣象因素關係研究之變數

時 期 氣象因素	播種至插秧	插秧至立秋	立秋至處暑	處暑至白露	白露至寒露	寒露至收穫
	21	22	23	24	25	26
平均氣溫	MT <sub>21</sub>	MT <sub>22</sub>	MT <sub>23</sub>	MT <sub>24</sub>	MT <sub>25</sub>	MT <sub>26</sub>
平均最高溫	MAT <sub>21</sub>	MAT <sub>22</sub>	MAT <sub>23</sub>	MAT <sub>24</sub>	MAT <sub>25</sub>	MAT <sub>26</sub>
平均最低溫	MIT <sub>21</sub>	MIT <sub>22</sub>	MIT <sub>23</sub>	MIT <sub>24</sub>	MIT <sub>25</sub>	MIT <sub>26</sub>
累積氣溫	ACT <sub>21</sub>	ACT <sub>22</sub>	ACT <sub>23</sub>	ACT <sub>24</sub>	ACT <sub>25</sub>	ACT <sub>26</sub>
日照時數	DS <sub>21</sub>	DS <sub>22</sub>	DS <sub>23</sub>	DS <sub>24</sub>	DS <sub>25</sub>	DS <sub>26</sub>
日照日數	SSD <sub>21</sub>	SSD <sub>22</sub>	SSD <sub>23</sub>	SSD <sub>24</sub>	SSD <sub>25</sub>	SSD <sub>26</sub>
陰天日數	CLD <sub>21</sub>	CLD <sub>22</sub>	CLD <sub>23</sub>	CLD <sub>24</sub>	CLD <sub>25</sub>	CLD <sub>26</sub>
晴天日數	SND <sub>21</sub>	SND <sub>22</sub>	SND <sub>23</sub>	SND <sub>24</sub>	SND <sub>25</sub>	SND <sub>26</sub>
降雨日數	PD <sub>21</sub>	PD <sub>22</sub>	PD <sub>23</sub>	PD <sub>24</sub>	PD <sub>25</sub>	PD <sub>26</sub>
降雨量	PR <sub>21</sub>	PR <sub>22</sub>	PR <sub>23</sub>	PR <sub>24</sub>	PR <sub>25</sub>	PR <sub>26</sub>
相對濕度	RH <sub>21</sub>	RH <sub>22</sub>	RH <sub>23</sub>	RH <sub>24</sub>	RH <sub>25</sub>	RH <sub>26</sub>
風速	WS <sub>21</sub>	WS <sub>22</sub>	WS <sub>23</sub>	WS <sub>24</sub>	WS <sub>25</sub>	WS <sub>26</sub>
蒸發量	EV <sub>21</sub>	EV <sub>22</sub>	EV <sub>23</sub>	EV <sub>24</sub>	EV <sub>25</sub>	EV <sub>26</sub>
度日	DD <sub>21</sub>	DD <sub>22</sub>	DD <sub>23</sub>	DD <sub>24</sub>	DD <sub>25</sub>	DD <sub>26</sub>

## (二)分析方法：

以水稻各品種各期作之產量 Y 為依變數 ( dependent variable )，各氣象因素為獨立變數 ( Independent variable )，根據變異數分析 ( Analysis of variance ) 理論，利用逐步迴歸方法 ( Stepwise Regression ) 逐步挑出對相依變數 Y 有顯著貢獻之獨立變數以建立預測方程式。

實際計算係利用電子計算機 CDC 6600 作逐步複線性迴歸分析。

## 三、結 果

## (一)水稻產量與氣象變數之關係：

水稻產量與氣象變數之關係，如表四～九所示。各品種產量與氣象變數之關係，可分述如下：

1. 一期作台中65號產量與播種後插秧前之平均氣溫 ( MT<sub>11</sub> )，播種後至插秧前之平均最高氣溫 ( MAT<sub>11</sub> )，播種後至插秧前之累積氣溫 ( ACT<sub>11</sub> )，播種後至插秧前之度日 ( DD<sub>11</sub> )，插秧後至谷雨前之平均最低氣溫 ( MIT<sub>12</sub> ) 均呈極顯著負相關。而與播種後至插秧前之平均最低氣溫 ( MIT<sub>11</sub> )，插秧後至谷雨前之累積氣溫 ( ACT<sub>12</sub> )，插秧後至谷雨前之度日 ( DD<sub>12</sub> )，立夏後至小滿前之平均最低氣溫 ( MIT<sub>14</sub> )，立夏後至小滿前之降雨日數 ( PD<sub>14</sub> )，立夏後至小滿前之度日 ( DD<sub>14</sub> ) 呈顯著之負相關 ( 表四 )。

2.二期作台中65號產量與播種後至插秧前之晴天日數 (SND<sub>21</sub>)呈極顯著之負相關。而與播種後至插秧前之平均氣溫 (MIT<sub>21</sub>)、累積氣溫 (ACT<sub>21</sub>)、日照時數 (DS<sub>21</sub>)呈顯著負相關。與陰天日數 (CLD<sub>21</sub>)呈顯著正相關 (表五)。

3.一期作台中 150 號產量與播種後至插秧前之平均氣溫 (MT<sub>11</sub>)、平均最高氣溫 (MAT<sub>11</sub>)、平均最低氣溫 (MIT<sub>11</sub>)、累積氣溫 (ACT<sub>11</sub>)、度日 (DD<sub>11</sub>)呈極顯著之負相關 (表六)。

4.二期作台中 150 號產量與播種後至插秧前之晴天日數 (SND<sub>21</sub>)呈極顯著之負相關。而與播種後至插秧前之陰天日數 (CLD<sub>21</sub>)呈顯著之正相關。與插秧後至立秋之降雨量 (PR<sub>21</sub>)呈顯著之負相關 (表七)。

5.一期作新竹50號產量與播種後至插秧前之平均氣溫 (MT<sub>11</sub>)、累積氣溫 (ACT<sub>11</sub>)、度日 (DD<sub>11</sub>)呈極顯著之負相關。與立夏後至小滿之降雨日數 (PD<sub>14</sub>)呈極顯著之負相關。而與播種後至插秧前之平均最高氣溫 (MAT<sub>11</sub>)、播種後至插秧前之平均最低氣溫 (MIT<sub>11</sub>)、播種後至插秧前之風速 (WS<sub>11</sub>)、谷雨後至立夏前之平均最低氣溫 (MIT<sub>13</sub>)、谷雨後至立夏前之度日 (DD<sub>13</sub>)呈顯著之負相關 (表八)。

6.二期作新竹50號產量與播種後至插秧前之晴天日數 (SND<sub>21</sub>)呈極顯著之負相關。與播種後至插秧前之陰天日數 (CLD<sub>21</sub>)、處暑後至白露前之平均最高氣溫 (MAT<sub>24</sub>)呈顯著之正相關。

表四 一期作台中65號產量與各氣象因素之單相關

時期	氣象變數	平均氣溫 MT	平均最高溫 MAT	平均最低溫 MIT	累積氣溫 ACT	日照時數 DS	日照日數 SSD	陰天日數 CLD	晴天日數 SND	降雨日數 PD	降雨量 PR	相對濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1	**	**	*	**	**										**
		-.598	-.546	-.471	-.564	-.280	-.340	-.008	.107	.146	.284	.325	.186	-.303	-.560
2	**	**	**	**	*										*
		-.365	-.269	-.535	-.407	-.034	.050	-.271	.254	-.086	-.142	.002	.016	.035	-.438
3	*	*	*	*	*										*
		-.238	-.270	-.353	-.305	.031	-.014	.019	.025	-.177	-.143	.072	-.093	.143	-.338
4	*	*	*	*	*					*	*				*
		-.277	-.297	-.427	-.361	.001	-.246	-.036	-.009	-.399	-.098	.239	-.274	.090	-.392
5	*	*	*	*	*					*	*				*
		-.310	-.012	-.368	-.212	.163	.269	-.083	.211	-.216	-.232	.181	-.184	.217	-.274

\* 5% 顯著水準

\*\* 1% 顯著水準

表五 二期作台中65號產量與氣象因素之單相關

氣象 時期	平均 變數 MT	平均 最高溫 MAT	平均 最低溫 MIT	累積 氣溫 ACT	日照 時數 DS	日照 日數 SSD	陰天 日數 CLD	晴天 日數 SND	降雨 日數 PD	降雨量 PR	相對 濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1	* -.450	-.146	-.254	* -.481	* -.454	-.361	* .470	** -.589	.280	-.219	.087	-.359	.110	.239
2	-.291	-.228	-.196	-.289	-.085	.027	.060	-.067	-.057	-.327	.155	-.085	.060	-.222
3	-.228	-.048	-.140	-.202	.013	-.265	-.037	.002	.001	-.131	.013	-.115	.284	-.110
4	-.144	.153	-.085	-.092	-.168	.036	.188	-.131	.223	-.144	.158	-.103	-.001	.021
5	-.067	-.007	-.053	-.106	-.178	-.315	.288	-.312	.221	-.202	.146	.025	.308	-.031
6	-.174	.107	-.043	.243	.086	.029	.018	.054	-.191	-.140	-.222	-.139	.044	.041

\* 5% 顯著水準

\*\* 1% 顯著水準

表六 一期作台中150號產量與氣象因素之單相關

氣象 時期	平均 變數 MT	平均 最高溫 MAT	平均 最低溫 MIT	累積 氣溫 ACT	日照 時數 DS	日照 日數 SSD	陰天 日數 CLD	晴天 日數 SND	降雨 日數 PD	降雨量 PR	相對 濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1	** -.616	** -.615	** -.530	** -.631	-.261	-.325	-.041	.079	.285	* .392	.216	.205	-.319	** -.628
2	-.254	-.177	-.434	-.296	.132	.183	-.368	.389	-.030	-.218	-.144	-.049	-.155	-.333
3	-.079	-.162	-.219	-.164	.114	.159	-.129	.152	-.264	-.121	-.100	-.123	.167	-.210
4	-.188	-.245	-.241	-.181	.065	-.150	-.143	.111	-.190	.002	.157	-.038	.151	-.262
5	-.092	.064	-.189	.135	.195	.245	-.183	.227	-.135	-.249	.161	-.189	.102	-.112

\* 5% 顯著水準

\*\* 1% 顯著水準

此外，由表十可知，不論第一期作或第二期作，播種至插秧期之氣象因素對水稻產量之豐歉影響最為顯著。其次在第一期為插秧至谷雨，以及立夏至小滿間之氣象因素；在第二期為插秧至立秋以及處暑至白露。其他時期之氣象因素則不顯著。氣象因素之影響，就時間分佈而言，一期作與二期之型態相同；生育後期氣象因素效應並不顯著。

兩期作三品種產量與氣象因素之關係模式之決定係數，標準誤差如表十一所示。各預測模式之 $R^2$  0.36 至 0.77間不等，表示氣象因素對產量變異之影響，品種間之效應不同。

模式1 僅有一種變數為播種至插秧之平均氣溫 (MT<sub>11</sub>)，其解釋變異之能力為36

表七 二期作台中150號產量與氣象因素之單相關

時期	氣象變數	平均氣溫 MT	平均最高溫 MAT	平均最低溫 MIT	累積氣溫 ACT	日照時數 DS	日照日數 SSD	陰天日數 CLD	晴天日數 SND	降雨日數 PD	降雨量 PR	相對濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1		-.192	.056	-.014	-.263	-.354	-.342	.440*	-.516**	.351	-.100*	.062	-.236	.148	.006
2		-.030	-.028	.045	-.065	.042	.157	-.048	.053	-.183	-.480	.075	-.068	.135	.014
3		-.025	.175	.113	.038	-.029	-.268	.006	-.036	.077	.024	-.081	.050	.212	.143
4		-.034	.149	.017	-.034	-.117	.049	.169	-.127	.128	-.191	.009	-.211	-.036	.078
5		-.010	.077	.046	-.019	-.112	-.304	.224	-.246	.188	-.294	-.034	.012	.247	.063
6		-.113	.137	.104	.137	-.093	-.179	.154	-.154	-.013	-.041	-.103	-.103	-.087	-.045

\* 5%顯著水準      \*\* 1%顯著水準

表八 一期作新竹50號產量與氣象因素之單相關

時期	氣象變數	平均氣溫 MT	平均最高溫 MAT	平均最低溫 MIT	累積氣溫 ACT	日照時數 DS	日照日數 SSD	陰天日數 CLD	晴天日數 SND	降雨日數 PD	降雨量 PR	相對濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1		-.565**	-.485*	-.417*	-.510**	-.282	-.176	.050	.024	-.081	-.080	.215	.404*	-.185	-.557*
2		-.162	-.125	-.322	-.229	-.015	.139	-.267	.259	-.301	-.169	.036	.118	.122	-.244
3		-.369	-.365	-.373	-.418*	-.011	.005	.014	.020	-.231	-.103	.107	.074	.112	-.397*
4		-.176	-.280	-.377	-.317	.055	-.067	-.084	.055	-.531**	-.121	.222	-.167	.030	-.355
5		-.158	.175	-.139	.334	.113	.210	-.120	.218	-.299	-.358	.283	-.035	.198	-.028

\* 5%顯著水準      \*\* 1%顯著水準

表九 二期作新竹50號產量與氣象因素之單相關

時期	氣象變數	平均氣溫 MT	平均最高溫 MAT	平均最低溫 MIT	累積氣溫 ACT	日照時數 DS	日照日數 SSD	陰天日數 CLD	晴天日數 SND	降雨日數 PD	降雨量 PR	相對濕度 RH	風速 WS	蒸發量 EV	度日 DD
1		-.199	.146	.104	-.146	-.276	-.486*	.402*	-.496**	.317	-.127	.056	-.200	-.009	.127
2		.123	.120	.243	.114	.025	.109	-.104	.096	-.040	-.354	.064	-.093	-.015	.199
3		.118	.285*	.256	.182	-.123	-.298	.105	-.129	.176	.139	-.089	.124	.062	.280
4		.154	.388	.224	.206	.073	.144	.027	.015	.057	-.235	-.059	-.148	.051	.310
5		-.116	-.029	-.075	-.107	.065	-.131	.065	-.069	.090	-.218	-.223	-.097	.113	-.055
6		.067	.205	.211	.274	.036	.013	.012	.016	-.052	-.068	.007	-.200	-.197	.270

表十 顯著變數之時間分佈

時期	一期作				二期作			
	台中65號	台中150號	新竹50號	合計	台中65號	台中150號	新竹50號	合計
1	5	6	6	17	5	2	3	10
2	3	1	0	4	0	1	0	1
3	0	0	2	2	0	0	0	0
4	3	0	1	4	0	0	1	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	—	—	—	—	0	0	0	0
計	11	7	9	27	5	3	4	12

%。模式 2 包括四種變數播種至插秧之累積氣溫 ( $ACT_{11}$ )，降雨量 ( $PR_{11}$ )；插秧至谷雨之相對濕度 ( $RH_{12}$ )，小滿至收穫之日照時數 ( $DS_{15}$ )；其解釋變異程度為 77%。模式 3 包括五種變數；播種至插秧之平均氣溫 ( $MT_{11}$ )，谷雨至立夏之陰天日數 ( $CLD_{13}$ )，立夏至小滿之平均氣溫 ( $MT_{14}$ )，累積氣溫 ( $ACT_{14}$ ) 降雨日數 ( $PD_{14}$ )，其解釋變異程度之能力為 69%。模式 4 包括二種變數；播種至插秧之降雨量 ( $PR_{21}$ ) 及晴天日數 ( $SND_{21}$ )，其解釋變異之能力為 69%。模式 5 包括四種變數；播種至插秧之晴天日數 ( $SND_{21}$ )，插秧至立秋之降雨量 ( $PR_{22}$ )，晴天日數 ( $SND_{22}$ )，立秋至處暑之降雨日數 ( $PD_{23}$ )，其解釋變異之能力為 65%。模式 6 包括兩種變數；播種至插秧之晴天日數 ( $SND_{21}$ )，寒露至收穫之相對濕度 ( $RH_{25}$ )，其解釋變異之能力為 43%。



表十一、水稻產量之偏迴歸係數決定係數及標準誤差

模 式	期 作 別	品 種	常 數	偏 迴 歸 係 數										R <sup>2</sup>	SE				
				MT <sub>1</sub>	ACT <sub>1</sub>	PR <sub>1</sub>	SND <sub>1</sub>	PR <sub>2</sub>	SND <sub>2</sub>	RH <sub>2</sub>	CLD <sub>3</sub>	PD <sub>3</sub>	MT <sub>4</sub>			ACT <sub>4</sub>	PD <sub>4</sub>	DS <sub>5</sub>	RH <sub>5</sub>
1	I	台中 65號	6,537.086	-194.3													0.36	379.7	
2	I	台中 150號	9,743.9	-4.7	1.6		-41.4								1.6		0.60	364.5	
3	I	新竹 50號	9,428.79	-125.15													0.69	297.0	
4	II	台中 65號	5,270.077														0.47	399.5	
5	II	台中 150號	6,028.495														0.65	389.7	
6	II	新竹 50號	11,820.205														-74.53	0.43	541.0

## 四、討 論

作物之收量部分受季節氣象之影響。然而，因其他重要因素之作用，使其關係難以辨明。收量與某些氣象要素可能有顯著之相關，但並非呈直接之因果關係。而且，人為要素如肥料、水、病蟲害管理等技術要素，均影響長期性資料之性質。因此，研究收量與氣象關係，宜在同一試驗田，採用相同的品種及耕作方法，長時間的觀察及蒐集資料，然後加以分析。本研究即基於此一前提，引用多年來豐歉試驗所蒐集之資料，整理分析，探討水稻收量與氣象之關係，並以氣象變數為預測因子，試行建立收量之預測模式。

無論一二期作，氣象因素對三種水稻品種之效應大致相同；而收量與生育初期之氣象因素關係亦較為密切。由表十可知，兩期作顯著氣象變數都出現在第四時期以前；即第一期作為小滿（5月22日）以前，第二期作為白露（9月8日）以前。而此一時期水稻已屆最高分蘗期，因此亦可謂最高分蘗期以前之氣象顯著影響水稻收量。其中尤以第一時期即播種至插秧期之氣象最為重要；如表十所示，第一期作27個顯著變數有17個變數出現此一時期（2月1日～3月22日），其比率為62%；第二期作12個顯著變數有10個變數出現此一時期（6月14日～7月23日），其比率為83%。總而言之，影響收量之臨界時期為播種至插秧期，以月序言，第一期作為二、三月份，第二期作為六、七月份。此結果與部份學者之研究結論極為類似；如鄒氏報告，台中65號影響產量的第二因素為幼苗期之氣象<sup>(1)</sup>。郭氏報告一期作水稻單位面積產量為插秧期平均最低溫，插秧期雨量，分蘗期雨量之依變數<sup>(6)</sup>，由上可以佐證影響水稻收量之臨界時期當在生育初期無疑。

從個別效應來探討水稻產量與氣象因素之關係，可知氣溫因素與收量之關係最為顯著。由表四～九可知，屬溫度變數之顯著相關係數有平均氣溫、平均最高氣溫、平均最低氣溫、累積氣溫及度日均為溫度變數，其出現頻率為64%，其他變數出現頻率如日照佔5%，降雨佔10%，陰晴佔18%，風速佔3%。可見溫度變數之重要性遠比其他變數為高。再就逐步迴歸分析後所得各品種之產量預測模式而言，解釋此三品種產量變異主要的氣象因素，於一期作時為播種至插秧期之氣溫，如 $MT_{11}$ ，或 $ACT_{11}$ ，其係數皆為負值，顯示此時期之溫度愈低則產量有愈高之趨勢。於二期作解釋產量變異之氣象因素主要為播種至立秋間的晴天日數及雨天日數，如 $SND_{21}$ ， $PR_{21}$ ， $SND_{22}$ ， $PR_{22}$ ，其係數皆為負值，顯示此時期內如晴天日數，及降雨量多則產量低，反之如陰天日數增加則產量可望增加。而各模式之決定係數（ $R^2$ ）介於0.36~0.77之間，顯見除品種之效應不同外，以節氣為時程單位，仍無法完全解釋收量的變異。事實上，水稻生育受到環境條件、栽培管理等多種因素綜合的影響，不可能僅受單純因

素充分的控制。因此，是否加入其他參數，如有效分蘗期之農藝性狀，或土壤養分含量等，用以提高解釋收量變異之能力，值得探討。

應用迴歸模式預測，其所受之限制，應予考慮。模式之適用性不僅因品種而異，亦受地區因素之影響；不同地區環境條件有所變異，預測之準確度也可能受到影響。筆者認為除數值預報外，不妨研究類別預報如多收（豐）年，中收（平）年，少收（歉）年之可能性。

## 五、參考文獻

1. 鄔宏藩等 1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊第三卷第十期。
2. 何惠，1980。水稻產量預測之研究。台灣大學農藝學研究所碩士論文。
3. 盧守耕，1965。稻作學。正中書局。
4. 戚啓勳，嚴夢輝，1978。氣象統計學。復興書局。
5. 楊肇峰，孫雄 1971台灣沿海地區氣候因素對稻作產量之影響。台灣銀行季刊 22 (1)：253 ~ 295。
6. 郭文鑠，1978，台灣農業氣候區域研究。P:171 ~ 199
7. 棟方研，川崎勇，仮谷桂，1976。氣象おホび稻體要因かろみた水稻生産力の定量的研究。中國農業試驗場報告 A 第14號。
8. Dixon, W. J. and M. B. Brown, 1979 In BMDP-79 Biomedical Computer Programs P-series University of California Press.
9. Draper, N. R. and H. Smith, 1966. In Applied Regression Analysis. The Proceter & Gamble Company New Youk-London-Sydney.
10. Hideo Iwaki, 1977. Computer Simulation of Growth Process of Paddy Rice. IARQ Vol. 11 No. 1.
11. Jurgen Kranz 1974. Epidemics of Plant Disease, Mathematical Analysis and Modeling. Ecol. Studies 13: 170 pp
12. Matsubayashi, M. 1968. Theory and practice of growing rice. pp. 77-83.

## Influence of the Meteorological Factors on Rice Yield

Ming – jen Fan, Yih – tyang Huang, and Ti – yuan Huang

### Summary

The influence of meteorological factors on rice yield for the varieties Taichung 65, Taichung 150, Hsinchu 50 in Hsinchu District for 1954–1980 was studied by step–wise multiple regression analysis. In the first crop, rice yield was significantly inversely affected by the temperature for the period from sowing to transplanting. In the second crop, rice yield was significantly affected by the sunny days for the period from sowing to autumn begins. In addition, it is revealed that the meteorological variables could explain 36–79% of the variation in yield of rice.