

广东省中山县水稻产量 农业气候的分析*

张丙春 陈春焕 许维协

(农学系)

提 要

作物产量的气候分析。本文用中山县历年气候资料和水稻产量,采用正交多项式进行模拟,求得产量时间趋势方程式:

$$\text{早稻 } \hat{y}(x) = 157.8 + 14.4x \quad \text{晚稻 } \hat{y}(x) = 252.2 + 7.6x$$

气候产量 $y't$ 是实际产量 y_t 与趋势产量 $\hat{y}(x)$ 之差,即 $y't = y_t - \hat{y}(x)$ 。

气候年景分析:丰收年、平产年、欠收年(早晚造累加计)的频率为40.0、10.0、50.0%,其中全年丰收和欠收的频率为16.6、23.3%。欠收年的减产幅度大于丰收的增产幅度。晚稻大于早稻。气候要素日照 Q 、积温 $\sum t$ 、降水 R 与水稻产量的复相关系数达到显著或极显著水准。

分析表明,降水越多、日照越少,水稻产量越低,反之,产量越高。积温越高,早稻产量降低,晚稻产量则越高。反映了中山县南亚热带季风气候与水稻产量的关系。

前 言

农业气候是农业生产环境中的重要条件,它对作物产量的丰欠有密切的关系。国内外对气候与作物生长发育和产量关系的研究均十分重视,在研究成果上,已由定性描述走向用定量方法来阐明其数量上的关系。

普遍认为广东水稻生产的气候条件优越,有利于水稻生产的发展;但也存在影响水稻产量提高的不利气候因素。本文选用中山县历年水稻产量和气象资料,采用数理统计相关分析方法,探讨水稻产量与气候条件的关系,为水稻高产稳产提供科学的依据。

一、正交多项式回归法计算水稻随时间趋势的产量

(一) 水稻随时间趋势产量求法的依据

水稻产量的高低与气候因素有关,同时受社会生产水平(种子、土壤、肥料、病虫

* 本文系吴灼年、梁光商两教授主持《农田生态》研究课题中的一项内容。本文承蒙广州地理研究所何大章教授审阅,仅此致谢。

害防御、水利、机械、种植制度和栽培管理技术等)的影响。解放以来水稻产量的逐步上升,这不能说是气候条件逐年改善的结果,而显然是由于社会生产水平不断提高和抗御自然灾害的能力不断增强所造成的。社会生产水平对水稻产量影响的效果,从整体看是比较稳定的。对水稻产量的时间序列表现出某种有规律的时间趋势,因此可把水稻产量的时间趋势曲线作为社会生产的水平线,如图中的A线。某年对应的“时间趋势产量”即可看作是在当年的生产水平下,气候条件正常应达到的水稻产量,而各年的实际产量在时间趋势曲线(A线,即社会生产水平线)上下摆动,这可以认为是气候变化造成的。某年实际产量与时间趋势产量的离差,便是当年气候条件利弊相关联的那部分产量——气候产量。本文采用正交多项式回归法计算趋势产量。

(二) 中山县早稻和晚稻随时间趋势产量的方程式

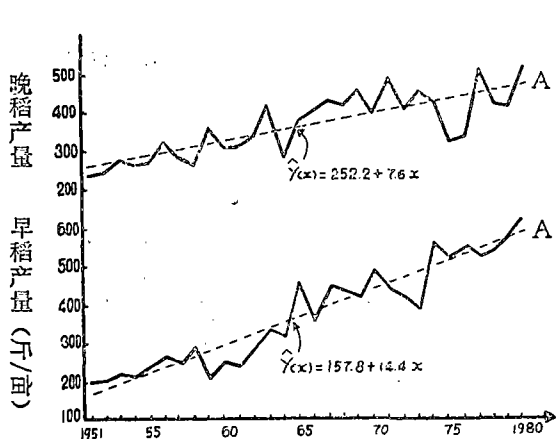


图1 中山县早、晚稻实际产量、趋势产量变化的项次,得到时间趋势产量的方程式。

时间趋势产量以 $\hat{y}(x)$ 表示,把它看成是时间 x 的函数,用多项式回归模拟,经正交多项式计算和回归方差分析,取贡献大的

$$\hat{y}(x) = 157.8 + 14.4x \dots\dots\dots (1)$$

$$\hat{y}(x) = 252.2 + 7.6x \dots\dots\dots (2)$$

二、水稻产量的农业气候分析

(一) 水稻产量的年景及其气候条件

用正交多项式回归法所得的趋势产量 $\hat{y}(x)$ 与实际产量 y_t 。气候产量 $y_t' = y_t - \hat{y}(x)$ 及其百分率(见表1)。其年景状态如表2。

1. 中山县水稻生产的气候年景有如下特点:

(1) 水稻生产的丰收年、平产年、欠收年出现的频率,早稻和晚稻基本上是相似的。十年中平均欠收约五次,而丰收年只四次,平产年占一次。而且欠收年的减产幅度大于丰收年的增产幅度,晚稻又大于早稻。这是由于水稻生产气候的波动性大,且晚稻大于早稻,形成减产的不利强度超过增产的有利程度。

(2) 早稻水稻生产的气候年景,五十年代优于七十年代和六十年代,每十年中增产和减产次数之比,分别为5:4; 4:5; 4:6。晚稻六十年代优于七十年代和五十年代,每十年中增产和减产次数之比,分别为6:2; 4:5; 2:8。

(3) 气候年景中早稻和晚稻水稻均增产的有五年:1956、1965、1967、1968、1980年,频率16.6%;早晚稻均减产的有七年:1954、1957、1960、1961、1964、1972、1978年,频率23.3%;早稻小增产(1.6~3.5%)而晚稻大减产(-23.5~-26.3%)有三年:1958、1975、1976年,频率10%。说明水稻生产的气候年景不仅年际间,而且早晚季的波动都是很大的。

表1 中山县早、晚稻历年实际产量、趋势产量、气候产量(斤/亩)和增产百分率

年 份	早 稻				晚 稻			
	实际 产量 yt	趋势 产量 $\hat{y}(x)$	气候产量 $y't = yt - \hat{y}(x)$	$\frac{yt - \hat{y}(x)}{\hat{y}(x)} \times 100\%$	实际 产量 yt	趋势 产量 $\hat{y}(x)$	气候产量 $y't = yt - \hat{y}(x)$	$\frac{yt - \hat{y}(x)}{\hat{y}(x)} \times 100\%$
1951	198	172.2	+25.8	+15.0%	237	259.8	-22.8	-8.8%
1952	202	186.6	+15.4	+8.3%	242	267.4	-25.4	-9.5%
1953	218	201.0	+17.0	+8.5%	271	275.0	-4.0	-1.5%
1954	212	215.4	-3.4	-1.6%	263	282.6	-19.6	-6.9%
1955	233	229.8	+3.2	+1.4%	272	290.2	-18.2	-6.3%
1956	264	244.2	+19.8	+8.1%	322	297.8	+24.2	+8.1%
1957	252	258.6	-6.6	-2.6%	285	305.4	-20.4	-6.7%
1958	286	273.0	+13.0	+4.8%	261	313.0	-52.0	-16.6%
1959	208	287.4	-79.4	-27.6%	360	320.6	+39.4	+12.3%
1960	247	301.8	-54.8	-18.2%	310	328.2	-18.2	-5.5%
1961	242	316.2	-74.2	-23.5%	312	335.8	-23.8	-7.0%
1962	279	330.6	-51.6	-15.6%	343	343.4	-0.4	-0.1%
1963	331	345.0	-14.0	-4.1%	423	351.0	+72.0	+20.5%
1964	310	359.4	-49.4	-13.7%	282	358.6	-76.6	-21.4%
1965	450	373.8	+76.2	+20.4%	373	366.2	+6.8	+1.9%
1966	358	388.2	-30.2	-7.8%	401	373.8	+27.2	+7.3%
1967	446	402.6	+43.6	+10.8%	427	381.4	+45.6	+12.0%
1968	433	417.0	+16.0	+3.8%	421	389.0	+32.0	+8.2%
1969	420	431.4	-11.4	-2.6%	456	396.6	+59.4	+15.0%
1970	486	445.8	+40.2	+9.0%	399	404.2	-5.2	-1.3%
1971	442	460.2	-18.2	-4.0%	486	411.8	+74.2	+18.0%
1972	418	474.6	-56.6	-12.0%	412	419.4	-7.4	-1.8%
1973	390	489.0	-99.0	-20.3%	458	427.0	+31.0	+7.3%
1974	556	503.4	+52.6	+10.5%	428	434.6	-6.6	-1.5%
1975	526	517.8	+8.2	+1.6%	326	442.2	-116.2	-26.3%
1976	551	532.2	+18.8	+3.5%	344	449.8	-105.8	-23.5%
1977	526	546.6	-20.6	-3.8%	516	457.4	+58.6	+12.8%
1978	539	561.0	-22.0	-3.9%	423	465.0	-42.0	-9.0%
1979	571	575.4	-4.4	-0.8%	413	472.6	-59.6	-12.6%
1980	621	589.8	+31.2	+5.3%	520	480.2	+39.8	+8.3%

2、水稻多年产量及其气候条件：中山县早晚造水稻产量是逐步增加的，超出社会生产力对产量的影响，求得时间趋势产量。实际产量与时间趋势产量之差为气候产量。产量的气候分析，就是分析气候条件对产量的影响和作用，用相关系数(r)来表示。气候条件用积温(Σt)、降水(R)、日照(Q)等三个因素；时段用5月21日至7月20日和9月21日~11月20日分别代表早稻和晚稻的生育后期，6月1日~7月10日和10月1日~11月10日分别代表早稻和晚稻的关键期见表3。

表2 中山县1951~1980年早、晚稻产量气候年景比较*

项 目	造 别 年 景	早 稻			晚 稻		
		丰收年	平产年	欠收年	丰收年	平产年	欠收年
年		1951,1952 1953,1956 1958,1965 1967,1968 1970,1974 1975,1976 1980共13年	1955 1979 共2年	1954,1957 1959,1960 1961,1962 1963,1964 1966,1969 1971,1972 1973,1977 1978共15年	1956,1959 1963,1965 1966,1967 1968,1969 1971,1973 1977,1980 共12年	1953,1962 1970,1974 共4年	1951,1952 1954,1955 1957,1958 1960,1961 1964,1972 1975,1976 1978,1979 共14年
频率 (%)		43.3%	6.6%	50%	40%	13.3%	47.7%
增 减 产 (%)	幅 度	+1.6~20.4%	+0.8~ +1.4%	-1.6~ -27.6%	+1.9~ +20.5%	-0.1~ -1.5%	-1.8~ -26.3%
	平 均	+8.4%		-10.8%	11.0%		-11.6%

* 丰收年 $\frac{y_t - \hat{y}(x)}{\hat{y}(x)} \times 100\% > 1.5\%$; 欠收年 $< -1.5\%$; 平产年 $+1.5 \sim -1.5\%$

表3 中山县水稻(1955~1980)气候产量与气象要素的相关系数及变异系数比较*

要 素	造 别 生 育 期	早 稻				晚 稻			
		生育后期 (5.21~7.20)		关 键 期 (6.1~7.10)		生育后期 (9.21~11.20)		关 键 期 (10.1~11.10)	
		r	CV	r	CV	r	CV	r	CV
积 温	单相关 ry_1	-0.243	1.8%	0.150	0.15%	0.106	2.9%	0.001	2.7%
	偏相关 $ry_{1.2}$	-0.523**		0.237		0.246		0.070	
	$ry_{1.3}$	-0.457*		0.278		0.128		-0.149	
降 水	单相关 ry_2	-0.037	28.2%	-0.140	32.0%	-0.340	91.6%	-0.420*	96.2%
	偏相关 $ry_{2.1}$	-0.236		-0.082		-0.399*		-0.428*	
	$ry_{2.3}$	0.103		-0.099		-0.219		-0.298	
日 照	单相关 ry_3	0.248	18.4%	0.110	24.9%	0.360	22.0%	0.310	19.3%
	偏相关 $ry_{3.1}$	0.459*		0.003		0.366		0.319	
	$ry_{3.2}$	0.150		-0.108		0.236		0.025	
复相关 $Ry/123$		0.520**		0.223		0.456*		0.782**	

* 1. 1951—1954年缺气象资料; 2. 气象要素中平均温度分析结果与积温相似, 故略去;

3. 时段5.21~6.30, 6.11~7.20和9.21~10.30, 10.10~11.20分别与6.1~7.10和10.1~11.10的结果相似, 故把它略去。

(1) 26年水稻的气候产量与气候要素积温、降水、日照的复相关系数达到显著和极显著的标准,但其中早稻的关键期没有达到显著标准。

(2) 气候产量与日照的单相关和偏相关呈正效应,说明日照愈充足,积温值偏多,降水偏少,产量愈高,这正相关的效应是明显的,特别早稻生育后期日照与积温的偏相关达到显著标准。

(3) 气候产量与降水单相关和偏相关均呈负效应、即降水愈多,产量愈低,尤其是晚稻生育后期和关键期达到显著标准。

(4) 产量与积温的效应,由于季节差异较大,其关系较为复杂。早稻生育后期的积温与产量呈负效应。积温的偏相关甚至达到显著标准,这可能是高温的不利影响。晚稻的温度由高到低,积温与产量的关系呈正效应。

(5) 从变异系数来看,积温的变异系数最小(0.15~2.9%),说明温度条件是较稳定的。日照的变异系数较大(18.4~22.9%),降水的变异系数最大,其中晚稻降水的变异系数达91.6~96.2%,这是秋台带来降水年际波动较大的缘故。

(二) 水稻丰收、欠收年景的气候条件

中山市1955~1980年水稻产量中,丰收年早稻11年,晚稻12年,欠收年早稻15年,晚稻14年,其产量与气候条件分述如下:(表四)

1. 水稻丰收年的气候分析

表4 中山市水稻丰收年气候产量与气象要素的相关系数及变异系数比较

要素	造 别 生育期		早 稻 (11年次)				晚 稻 (12年次)			
			生育后期		关 键 期		生育后期		关 键 期	
	相 关 系 数		r	cv	r	cv	r	cv	r	cv
积 温	单相关 ry_1		-0.083	1.6%	-0.250	1.7%	-0.320	2.8%	-0.360	2.8%
	偏 相 关	$ry_{1.2}$	-0.546		-0.173		-0.162		-0.451	
		$ry_{1.3}$	-0.457		0.254		-0.341		-0.435	
降 水	单相关 ry_2		-0.238	30.0%	0.160	27.4%	-0.543	147.8%	-0.420	85.0%
	偏 相 关	$ry_{2.1}$	0.188		-0.044		-0.485		-0.426	
		$ry_{2.3}$	-0.200		0.460		-0.523		-0.314	
日 照	单相关 ry_3		0.384	36.6%	0.070	33.8%	0.178	13.7%	0.300	10.6%
	偏 相 关	$ry_{3.1}$	0.459		0.211		0.217		0.341	
		$ry_{3.2}$	0.150		0.415		-0.046		0.099	
复相关 Ry_{123}			0.542		0.821**		0.559		0.586*	

(1) 产量与积温和降水呈负效应, 日照呈正效应, 但经统计相关分析, 均没有达到显著程度, 而其复相关较好, 尤其在关键达到显著和极显著的相关程度。

(2) 光资源(日照时数的多少)对产量的关系最为密切, 统计相关分析, 丰收年水稻生育后期平均日照时数, 早稻5.8小时, 晚稻7小时, 日照愈充足产量愈高。早稻日照的变异系数大于晚稻, 这是由于早稻阴雨天日数比晚稻的波动性较大。

(3) 降水与产量的相关呈负效应, 且其相关晚稻比早稻较接近显著标准, 降水量愈多, 产量就愈低, 变异系数晚稻大于早稻, 这是由于秋季降水量比夏季要小得多。生育后期平均降水量, 早稻为547.2mm; 晚稻为203.8mm因受台风影响, 降水波动性较大。

(4) 积温与产量的相关关系呈负效应, 变异系数小(1.6~2.8%), 这是由于中山县纬度低, 受海洋调节, 早晚稻生育后期的热量条件充足, 且较为稳定。

2. 水稻欠收年气候的分析:

(1) 水稻欠收年的产量与气候条件中的积温、降水、日照的复相关达到显著或极显著的标准, 而其单相关和偏相关均以早稻生育后期的效应较为显著(见表5)。

表5 中山县水稻欠收年气候产量与气象要素的相关系数及变异系数比较

要素	造别 生育期	早 稻 (15年次)				晚 稻 (14年次)			
		生育后期		关 键 期		生育后期		关 键 期	
		r	cv	r	cv	r	cv	r	cv
积 温	单相关 ry_1	-0.413	1.9%	-0.093	1.3%	0.351	3.3%	0.038	3.3%
	偏相关 $ry_{1.2}$	-0.646**		-0.194		0.475		0.096	
	$ry_{2.3}$	-0.599*		0.227		0.412		0.130	
降 水	单相关 ry_2	-0.197	183.8%	-0.271	31.7%	0.170	51.6%	-0.232	109.7%
	偏相关 $ry_{2.1}$	-0.529*		-0.194		-0.377		-0.250	
	$ry_{2.3}$	-0.032		-0.283		0.051		-0.166	
日 照	单相关 ry_3	0.322	12.6%	0.084	16.6%	0.304	27.8%	0.215	25.7%
	偏相关 $ry_{3.1}$	0.559*		0.348		0.374		0.258	
	$ry_{3.2}$	0.235		0.295		0.615*		0.104	
复相关 $Ry/123$		0.720**		0.744**		0.413		0.416	

(2) 欠收年日照与产量的关系呈正效应, 与丰收年相同, 日照愈充足产量越高, 日照越少产量越低。早稻生育后期日照与积温的偏相关达到显著标准。日照变异系数, 早稻欠收年比丰收年要小, 而晚造则相反。

(3) 欠收年降水与产量的关系呈负效应, 早稻欠收年降水的负效应和单相关的变异系数比丰收年要大, 而晚稻则相反, 这与早稻的锋面低槽暴雨和台风的多少有密切的关系。

(4) 欠收年积温与产量的关系, 早稻呈负效应, 晚稻呈正效应(而丰收年均呈负效应), 这说明水稻生育后期的积温越高的, 早稻产量越减少, 而晚稻的产量则越增加。

3. 水稻丰收, 欠收年气候上的主要原因, 经26年资料统计相关分析, 水稻丰欠年中, 产量与积温、降水、日照等因素的效应普遍没有达到显著的标准, 但复相关效应却普遍达到显著或极显著的标准, 即气候要素对产量的综合影响显著的, 故探讨水稻丰、欠年气候上的主要原因很有必要。

(1) 早稻丰、欠年的气候原因分析: 早稻26年资料中, 丰收年11年, 欠收年15年, 从积温、降水量、日照的气候指标比较中, 特点是: ①早稻关键期的日照和积温值, 丰收年比欠收年要多一些(日照多6~10小时; 积温多11~20℃), 而降水却要少一些(少24~25mm)。②丰收年与欠收年的积温(和旬平均温度)、降水、日照值没有明显的界限。从单因素来看, 积温、降水、日照值多一些可以增产和减产; 少一些也可以增产或减产。但日照与产量是正效应, 降水和积温多数呈负效应, 且其效应多数较微弱。早稻生育后期从5月下旬起至7月中旬已进入温度稳定的高温时期, 5月下旬旬平均温度历年最低值为23.9℃(1960年), 各旬多数在26.0~27.5℃之间温度不起限制作用。29.0~29.5℃时旬均温, 较集中地出现在七月上中旬, 高温会加速水稻的成熟, 对产量发生影响。早稻生育后期属前汛期, 一般年份降水较多, 变化于317.0~952.2mm, 平均值为528.5mm, 而中山县属珠江三角洲水网地区, 水闸和电动排灌设施较好, 自五十年代后期以来, 日降水量100~200mm左右, 一般不会造成水涝灾害。太阳辐射是水稻能源的基础, 日照的多少和锋面、台风活动关系密切, 锋面活动常造成日照不足, 而台风侵袭前后日照充裕的, 仅台风雨期间才缺少日照, 但其持续时间较短。③早稻丰、欠年与灾害性天气的关系: 早稻丰收年一般都是天气好, 风调雨顺阳光充足, 如1956、1970、1974年。仅受台风边缘影响, 或早造已基本收割完毕, 如1958、1965、1967年。前期因低温、倒春寒等影响, 相应推迟了早稻的生育季节, 使后期的光温条件更好而获得大丰收, 如1970、1976、1980年。丰收年有些年份水稻生育后期的雨量并不少, 但日照也充足, 如1965、1970、1974、1976年等雨量在500~570mm之间, 而日照在306.6~431.8小时, 平均每天5~7.2小时, 但雨量多而日照趋少时, 则影响增产幅度。早稻欠收的15年中, 从5月21日至7月20日主要因台风暴雨造成减产的共9年(1957、1959、1960、1961、1964、1966、1971、1973、1978年), 占60%。其中1957、1960、1964、1971年各受二次台风侵袭, 1961年受5次台风侵袭。台风越强, 越发生在要害时期, 其减产就越甚, 如1959、1961、1973年。其余六年为锋面暴雨和关键期或收割期阴雨或加上病虫害造成减产。

(2) 晚稻丰、欠年的气候原因分析: 晚稻26年资料中, 丰收年12年, 欠收年14年, (平产年1年-0.1%), 其积温、降水、日照的气候指标比较中, 特点是:

①晚造关键期的日照和积温,丰收年比欠收年要多一些(日照多23.8小时,积温多3.5℃),降水量要少一些(少68.3mm)。若从整个生育后期来看,丰收年的日照和积温都比欠收年和多年平均要多,而降水量也是少一些。②丰、欠收年的日照、积温、降水没有明显的界限,单相关系数均不显著,但日照呈正效应,降水、积温在丰收年呈负效应,三个因素的复相关在丰收年才达到显著标准,在欠收年,日照、积温和降水都呈正效应,且积温的正效应最大,这与晚稻生长后期常受低温冷害影响有关。③晚稻丰、欠年与灾害性天气的关系和早稻一样,晚稻丰收年都是在天气条件较好,没有或仅受较轻的台风和寒露风影响,在晚稻12年的丰收中,只有1967、1968、1971年三年在8月份有台风,这时晚稻正值生长前期,对产量影响不大。其余九年都没有碰上台风,且寒露风亦多在10月中旬和以后才出现(如1956、63、65、73年),大部份早、中熟品种已安全齐穗,故亦获得较好的收成。相反,在欠收的14年中,遇到台风的有六年(1954、57、58、61、64、75年),占减产年的42.8%。遇到寒露风的有12年,占减产年的85.7%。遇到台风,同时又碰上寒露风的减产年,产量更低,如1958年和1975年。

三、小 结

(一) 用正交多项式回归法求得水稻产量的时间趋势方程式:

$$\widehat{\text{早稻}}y(x) = 157.8 + 14.4x$$

$$\widehat{\text{晚稻}}y(x) = 252.2 + 7.6x$$

时间顺序从1951~1980年, x 的顺序相应为1~30, 把 x 值代入方程式, 即可求得某年早稻(或晚稻)的时间趋势产量。

(二) 水稻产量的年景分析: 30年中丰收年占40%, 欠收年占50%, 平产年占10%。其中早晚造均增产的有五年, 均减产的有七年, 频率分别为16.6和23.3%, 早造小增产晚造大减产的有三年(1958、1975年、1976)。水稻欠收年中, 早稻减产因台风和暴雨占60.8%, 其余为关键期阴雨天气和暴雨; 晚稻减产因寒露风占85.7%, 因台风占42.8%, 台风和寒露风共同危害时则晚稻减产更甚, 如1958、1975年。水稻生产的年景, 不仅年际间、而且早晚季的波动性都很大。台风、暴雨和寒露风是水稻减产的主要气候原因。

(三) 气候要素与水稻产量的相关分析: 日照时数与产量的关系是正效应, 与降水量是负效应, 而积温对早稻产量是负效应、对晚造是正效应。日照愈充足水稻产量愈高, 降水量愈多则产量愈低。中山县早稻生育后期的热量条件是充裕的, 六、七月日最高温度 $>32^{\circ}\text{C}$ 的频率43.1% (1955~1975年资料); 而晚稻生育后期常受寒露风的危害, 这是积温对早稻负效应、对晚稻正效应的原因。日照、积温、降水和产量的单相关和偏相关仅部分达到显著标准, 但复相关却达到显著或极显著的标准, 即气候要素的综合作用对水稻的产量才普遍达到显著的水准。在我国中、高纬度和日本等地区; 热量条件常

对水稻生育起限制因素的作用，积温和产量的关系非常密切。而中山县地处低纬度（ $22^{\circ}23'N$ 、 $113^{\circ}21'E$ 、 $1.1m$ ）亚热带季风气候区，气候要素和天气对产量之间的关系较为复杂。

（四）水稻要高产和稳产必需充分运用有利和气候条件和减免不利气象的危害。首先要运用早稻安全播种期播种，晚稻要在安全齐穗期齐穗，从根本上避过低温阴雨对早稻和寒露风对晚稻的危害。同时把水稻开花结实期安排在最佳的光温时段，充足的阳光多量的日照时数是水稻获得高产的必要条件。日本松岛省三等人的研究，水稻产量的90%是由出穗后的同化物形成的，因此出穗后的光合产物是大幅度提高产量最关键问题，其最适出穗期的计算方法，是以出穗前15天和出穗后25天共40天的日照时数为最多来确定的。日本田中明“稻作的气象限制因子”论述中，认为水稻开花到成熟期的太阳幅射量 $450\text{卡}/\text{cm}^2$ 日以上时，可以获得高产，并列举澳大利亚新威尔士州、西巴基斯坦、以及美国加利福尼亚州和地中海沿岸等水稻高产的地区，均与丰富的日射量相关联。华南地区前汛期多暴雨和阴雨天气，六月上旬以后雨日显著减少，早稻齐穗期安排在六月中旬左右，是充分利用六、七月好天气的重要措施，这丰富的日射量就为早稻高产提供了能源基础，又可以减免暴雨和阴雨天气对早稻产量的威胁。晚稻在安全齐穗期齐穗，光、温条件好，又可避免寒露风的危害。在当前，要减免台风的危害还是较为困难的。

（五）本文用旬为单位统计积温（平均温度）、降水、日照等气候因素，分析水稻生育后期和关键期各要素对产量的关系，还未能区分出各要素在短时间（小于10天）的强度对水稻生育和产量的影响，和未能筛选出关键期（40天）各要素影响最显著的时段，而所选的要素及其项目还不够齐全，还有待进一步去分析研究。

参 考 文 献

- 〔1〕广东省气象局：气象资料年鉴
- 〔2〕中国科学院数学研究所概率统计室编，1974，《常用数理统计表》科学出版社。
- 〔3〕魏淑秋等，1981，莒城气候资源对夏玉米影响的统计学分析，《自然资源》，（4）：32—38。
- 〔4〕松岛省三著，1973，稻作の改善と技术57—62，东京餐贤堂发行。
- 〔5〕田中明著，1971，热带稻作生态论，79—81，东京餐贤堂发行。

CLIMATIC ANALYSIS OF AGRICULTURE ON THE RICE YIELD IN ZHONG SHAN COUNTY

Zhang BingChun Chen Chumhuan Hsu Weihsieh

(Department of Agronomy)

ABSTRACT

Climatic analysis of the crop yield. The equation of yield trend during the different periods has been calculated, using the year climatic data and rice yield by analogue of orthogonal polynomials.

$$\text{early rice} \quad \hat{y}(x) = 157.8 + 14.4x$$

$$\text{late rice} \quad \hat{y}(x) = 252.2 + 7.6x$$

The difference between the real yield and trend yield is the climatic yield,

$$Y't = Yt - \hat{Y}(x)$$

Climatic analysis of the harvest condition in the rice yield. The frequency of rich year, common year and poor year is 40.0, 10.0, 50.0%. The frequency of rich harvest and poor harvest in a whole year is 16.6, 23.3%. The reduction margin in poor year is larger than the increasing margin in rich year. The reduction margin of the late rice is larger than the increasing margin of early rice.

The coefficient of multiple correlation between the climatic elements—Sunshine Q , Accumulated temperature $\sum t$ and Rainfall R , and rice yield reached remarkable or quite remarkable level.

The more the rainfall is, the less the sunshine is and the lower the rice yield. On the contrary, the rice yield is higher. The higher the accumulated temperature is, the lower the early rice yield is, but the higher the late rice is. This is the relationship between the monsoon of South sub-tropical area in Zhong Shan county and the rice yield.