

## 气候对常德地区水稻产量的影响\*

陈 柏 林

(湖南常德农业学校)

### 提 要

本文利用 1949—1979 年的水稻产量资料和 1951—1979 年的气象资料, 对影响常德地区水稻产量的主要气候因子进行了定量统计分析。文中指出, 生育期降水量过多是造成某些年份早稻减产的重要气候原因, 提出以生育期降水量作为划分标准, 将早稻气候年型分为少水年、常年和多水年三种类型, 多水年欠收概率 63.6%。文中还指出, 秋季低温出现迟早是影响晚稻产量的主要气候因子, 并提出以秋季低温出现日期结合生育期降水距平作为划分晚稻气候年型的标准, 分为秋冷偏早多水年、秋冷偏早少水年和秋冷正常偏迟年三种类型, 秋冷偏早多水年欠收概率 70%。

### 一、引 言

常德地区位于湖南北部, 地处长江中游以南, 濒临洞庭湖西岸。本区盛产水稻, 素有“鱼米之乡”的称誉, 是重要的商品粮基地。开展气候对水稻产量影响的研究, 对发展洞庭湖滨湖地区的水稻生产, 促进高产稳产, 具有一定的实际意义。

气候波动对作物产量的影响是很明显的, 气候变化和粮食产量的关系已经引起人们的关注, 本世纪六十年代以来, 国内外就这个问题做了大量的研究。六十年代前期, 竺可桢论述了我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系<sup>[1]</sup>; 羽生·内岛分析了日本北部水稻抽穗期前两个月的气候条件, 指出 6—7 月的平均气温影响产量, 而与日照时数无太大关系<sup>[2]</sup>; Thompson, L. M. 对美国粮食地带 1930—1976 年的天气变化和谷物产量进行了复回归分析, 认为高于平均值的产量与前期雨量正常, 7—8 月雨量高于平均值而温度低于平均值相关<sup>[3]</sup>; Baier, W. 等人提出经验统计模式, 利用气象资料预测加拿大的小麦产量<sup>[4]</sup>; 八十年代初期, 王世耆等人以及魏淑秋先后分别对北京地区和栾城冬小麦产量进行了农业气象统计分析<sup>[5,6]</sup>。很多研究结果表明, 不同的地区, 由于自然条件 and 生产水平的差异, 气候对作物产量的影响是不同的。

本文利用常德地区近 30 年水稻产量和气象资料, 着重进行客观的定量统计分析, 探讨气候对水稻产量的影响, 并找出影响产量的主导气候因子。

\* 本文于 1982 年 1 月 3 日收到, 同年 8 月 18 日收到修改稿。

## 二、资料来源和分析统计方法

### 1. 资料来源

统计资料采用常德行署农业局 1949—1979 年全区早稻和晚稻平均亩产资料 和常德地区气象台 1951—1979 年气象资料。

### 2. 统计分析方法

影响一个地区作物产量的因素,可以归结为两大类:一类是农业技术措施,包括栽培管理水平、土肥条件、品种更新等人为因素;另一类是气候因素。研究作物产量和气候条件的关系,必须从产量变化中消除第一类因素的影响。我们以  $t$ (年序)为自变量,利用实际产量三年滑动平均值作回归分析,模拟受第一类因素影响的趋势产量,获得指数方程:

$$\text{早稻 } \hat{y}_t = 264.92 e^{0.025t} \quad (1)$$

$$\text{晚稻 } \hat{y}_t = 142.78 e^{0.0316t} \quad (2)$$

式中,  $\hat{y}_t$ ——时间趋势产量,  $t$ ——年序 ( $t=1, 2, \dots, n$ 。本文取  $n=29$ ),  $e$ ——自然对数的底。

早稻和晚稻时间趋势产量如图所示(图 1 和图 2)。在时间趋势产量背景上出现的年际波动,主要是由于天气气候因素造成的。因此,实际产量减时间趋势产量,其差值就是

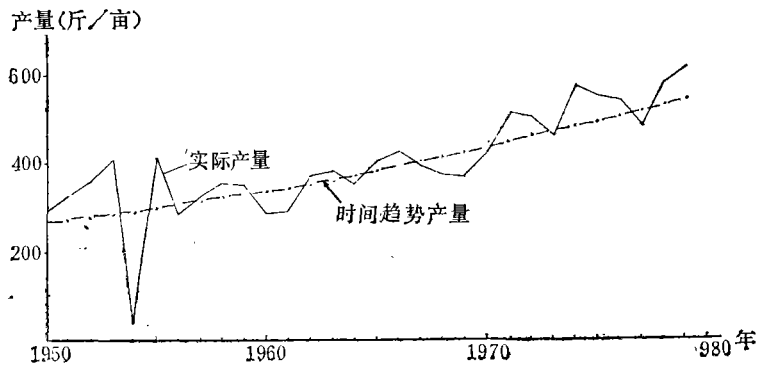


图 1 早稻实际产量和时间趋势产量曲线

(图中 980 年应为 1980 年)

产量的气候变量部分,或称气候产量,即

$$\Delta y_t = y_t - \hat{y}_t \quad (3)$$

式中,  $y_t$ ——实际产量,  $\hat{y}_t$ ——时间趋势产量,  $\Delta y_t$ ——气候产量。

利用逐年气候产量和生育期气象资料进行相关分析<sup>[7]</sup>。分析晚稻气候产量与秋季低温的关系时,采用 Spearman 等级相关法<sup>[8]</sup>。根据相关系数绝对值的大小,判断某气象因子能否满足作物生长发育的需要。相关系数很小或趋近于零,说明某气象因子适宜;相关显著,反映供求矛盾突出,说明某气象因子对作物产量形成影响很大。正相关显著,表明某气象因子不能满足作物生育的需要,负相关显著,则表明某气象因子超过一定的界限值后,对产量起负作用。

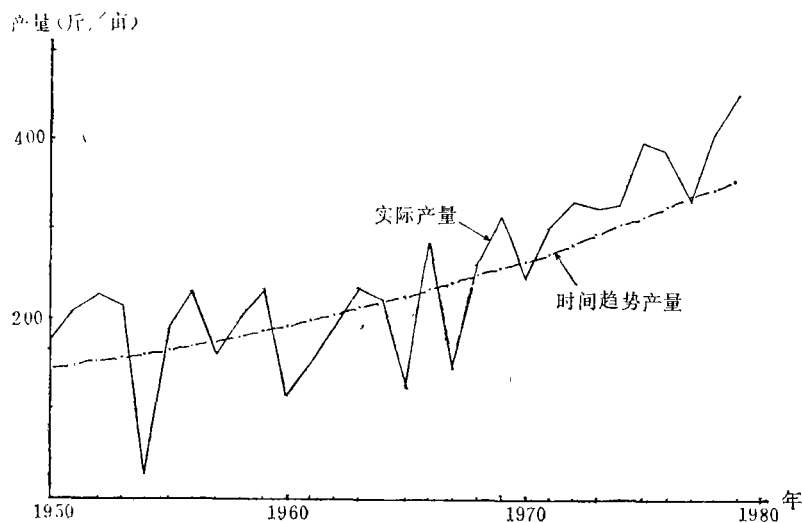


图 2 晚稻实际产量和时间趋势产量曲线

### 三、统计结果分析

#### 1. 早稻产量和气候条件的关系

##### 1) 降水量是影响早稻产量的主要气候因子

本区位于北亚热带南缘季风气候区,光、温资源充足,雨水丰沛,各种气象条件基本适于水稻生长发育,但由于季风气候的特点,气候要素的年际变化较大,各种气象因子在水稻产量形成过程中的作用和影响不尽相同。表 1 为早稻气候产量和全生育期降水量(mm)、活动积温( $^{\circ}\text{C}$ )和日照(小时)的相关分析结果。由表列资料可以看出,产量和生育期降水量负相关极显著,产量与其它气象因子相关不显著。气候产量对降水量,分别剔除活动积温和日照以及同时剔除活动积温和日照( $r_{y1,2,3} = -0.787^{1)}$ )的偏相关仍为负相关极显著。这一点与[9]文对太湖平原(浙江北部)的统计结果是基本一致的。

表 1 早稻气候产量与生育期气象条件的关系

相关系数	气象因子		
	降水量 ( $x_1$ )	活动积温 ( $x_2$ )	日照 ( $x_3$ )
简单相关	$-0.724^{1)}$	0.328	0.165
偏相关	$r_{y1,2} = -0.691^{1)}$	$r_{y2,1} = 0.139$	$r_{y3,1} = -0.326$
	$r_{y1,3} = -0.942^{1)}$	$r_{y2,3} = 0.304$	$r_{y3,2} = -0.102$

我们从生育期降水量序列中,抽出 850 毫米以上的年份,对应的气候产量列在表 2 上。早稻全生育期降水量超过 850 毫米的年份共 7 年,其中有 6 年气候产量为负值,概率 85.7%。全生育期降水量超过 1000 毫米的年份,气候产量均为负值。

1) 相关极显著,  $\alpha = 0.01$ 。

表 2 早稻生育期多水年的气候产量(斤/亩)

降水量	1541	905	938	878	975	997	1019
气候产量	-256	35	-24	-9	-54	-15	-34
出现年份	1954	1958	1964	1967	1969	1970	1977

滨湖地区流传有“天旱增产,大水减产”的说法。本区地处洞庭湖西岸,沅江和澧水两条大河横贯全区,水利灌溉条件很好,不怕干旱。相反地,雨水过多,由于大部分稻田位于滨湖平原,地势低平,海拔高度一般都在 50 米以下,容易酿成洪涝灾害。降水过多,自然也会波及其它气象要素,引起一系列不利的连锁反应。由于多水,地下水位高,稻田土壤次生潜育化严重,不利于水稻生长发育。鉴于生育期雨水过多是早稻减产的主要气候因子,今后一段时间内,滨湖平原农田水利基本建设,重点应放在提高农田抗洪排涝的能力上。

## 2) 不同气候年型的早稻年成

我们将早稻气候产量距平和全生育期降水量的关系拟合为一条二次曲线(详见图 3)。为了判断所配曲线的拟合效果,分别计算了一次和二次曲线的相关指数,一次  $R^2 = 0.4668$ ,二次  $R^2 = 0.6253$ 。显然,二次曲线拟合程度较好,相应的回归方程有意义,且

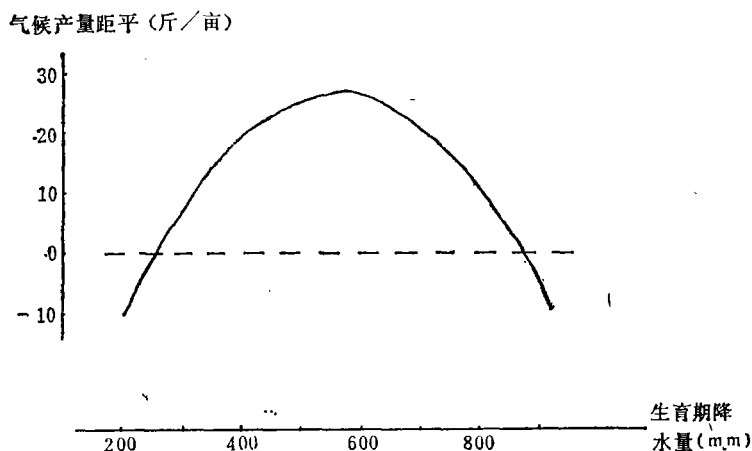


图 3 早稻气候产量距平和生育期降水量的关系

优于一次。二次曲线回归方程为

$$\Delta y = -61.964 + 0.322 x_1 - 0.00029 x_1^2$$

式中,  $\Delta y$ ——气候产量距平,  $x_1$ ——全生育期降水量。

由图 3 可以看出,影响早稻产量的降水量界限值在 250—850 毫米之间,600 毫米以下,随着降水量的增大,产量增加;850 毫米以上,降水量起负作用。

现以生育期降水量作为划分早稻气候年型的标准,降水量 < 450 毫米为少水年,450—700 毫米为常年, > 700 毫米为多水年;以当年实际产量与上年比较,增减幅度在 6% 左右作为划分年成的标准,增产 6% 以上为丰年,减产 6% 以上为欠年,增减幅度在 6% 以内为平年。

不同气候年型的早稻年成详见图 4。图示表明,丰年的点子绝大部分落在 450—700 毫米的区间内,450 毫米以下或 1000 毫米以上没有丰年点子,欠年的点子全部落在 700 毫米附近或大于 700 毫米的区间。多水年欠收概率为 63.6%,气候概率 24%。1955 年的点子突出偏高是由于上年大水减产失收的缘故。

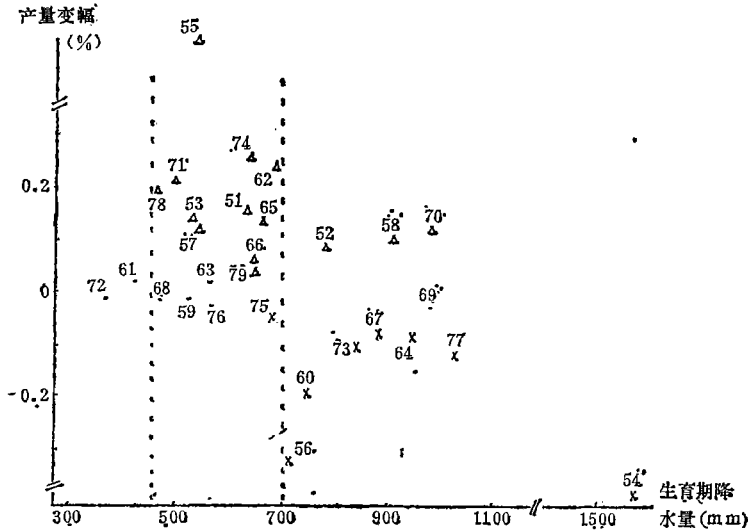


图 4 不同气候年型的早稻年成  
(x—欠年,·—平年,Δ—丰年,点子上的数字为年份)

## 2. 晚稻产量与气候条件的关系

### 1) 秋季低温是影响晚稻产量的主要气候因子

晚稻气候产量与全生育期降水量、活动积温、日照和秋季低温<sup>1)</sup>的相关关系列于表 3。从统计资料可以看出,气候产量与秋季低温出现日期达到极显著正相关,其它气象因子相关不显著。气候产量对秋季低温,分别剔除其它气象因子影响后的偏相关变化不大,仍为正相关极显著。偏相关表明,秋季低温是影响晚稻产量的主要气候因子。

常德地区历年秋季低温出现的平均期为 9 月 27 日,秋季低温出现偏早年份的气候产量列在表 4 上。秋季低温出现偏早的年份共 13 年,其中气候产量为零或负值的有 8 年,概率 61.5%。秋季低温出现最早的日期为 9 月 10 日,气候产量均为负值。表中数据清楚说明,晚稻产量除受秋季低温影响外,还与生育期雨水多寡有关。秋季低温偏早,降水正距平的年份共 8 年,其中气候产量为负值的达 7 年,概率为 87.5%。秋季低温偏早降水负距平的年份共 5 年,气候产量为正值(一年为零)。由此可见,秋季低温偏早而生育期雨水偏多是导致晚稻减产的重要气候原因。

### 2) 不同气候年型的晚稻年成

我们以秋季低温出现迟早结合生育期降水距平作为划分晚稻气候年型的标准,秋季

1) 自 9 月份开始,凡冷空气入侵后,造成日平均气温低于 20°C 的天数在 3 天或以上,过程降温 5°C 以上,即为秋季低温(或寒露风)。

表 3 晚稻气候产量与气象条件的关系

气象因子 相关系数	降水量 ( $x_1$ )	活动积温 ( $x_2$ )	日照 ( $x_3$ )	秋季低温 ( $x_4$ )
简单相关	-0.323	0.334	0.114	0.546**
偏相关	$r_{y1,2}=0.253$ $r_{y1,3}=-0.323$ $r_{y1,4}=-0.210$	$r_{y2,1}=0.268$ $r_{y2,3}=0.337$ $r_{y2,4}=-0.018$	$r_{y3,1}=-0.115$ $r_{y3,2}=-0.124$ $r_{y3,4}=-0.235$	$r_{y4,1}=0.501^{**}$ $r_{y4,2}=0.458^{**}$ $r_{y4,3}=0.573^{**}$

\*\* 表相关系数信度为  $\alpha=0.01$ 。

表 4 秋季低温偏早年的气候产量

出现日期 (日/月)	10/9	10/9	13/9	13/9	16/9	17/9	21/9	22/9	23/9	25/9	25/9	25/9	25/9
气候产量	-103	-100	27	-2	14	24	0	95	45	-140	-14	-15	-21
降水距平	+59	+253	-321	+180	+115	-228	-1	-129	-236	+494	+15	+177	+213
出现年份	1965	1967	1971	1977	1958	1974	1964	1979	1972	1954	1957	1962	1970

低温出现于 9 月 25 日或以前为秋冷偏早，出现于 9 月 25 日以后为秋冷正常偏迟，再根据生育期降水量距平，又将秋冷偏早分为秋冷偏早多水年(降水正距平)和秋冷偏早少水年(降水负距平)。丰、欠年的标准与早稻相同。从图 5 可以看出，欠年的点子绝大部分落在秋冷偏早多水年的区间内，其次收概率为 70%，气候概率 24%。

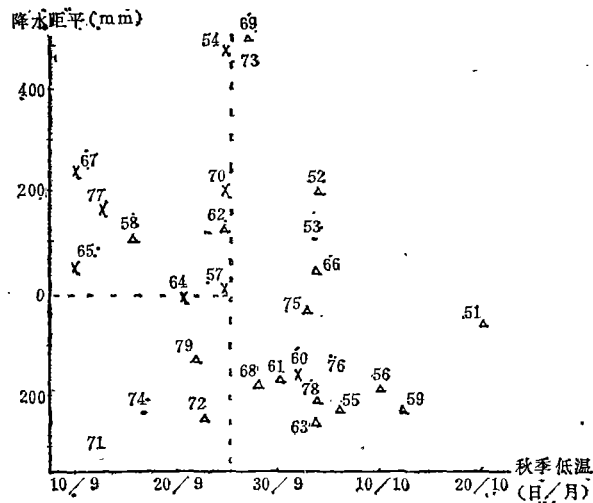


图 5 不同气候年型的晚稻年成

(×—欠年, ·—平年, Δ—丰年, 点子上的数字为年份)

### 3. 气候要素波动对水稻产量的影响

在农业生产上,不仅期望作物高产,而且力求稳产。变异系数  $C_v$  的大小可以反映序列相对变化的情况。1949—1979 年早稻产量变异系数为 29.7%,晚稻则高达 39.5%,说明晚稻产量不稳。这种不稳定性除受人为因素和其它自然因素影响外,也与气候因素有关。表 5 的数据说明,早、晚稻生育期气候条件比较,晚稻生育期降水量波动最大,秋季低

温的波动也很大,这种波动性必然影响晚稻产量。

表 5 早晚稻生育期气候条件比较

项 目	早 稻			晚 稻			
	降 水 量	活 动 积 温	日 照	降 水 量	活 动 积 温	日 照	秋 季 低 温
平 均 值	700.2	2810.1	673.1	583.2	3536.1	962.4	9月27日
极 差	1185	302	474	828	285	537	40(天)
均 方 差	243.7	72.2	109	231.8	77.7	122.8	9.78
变 异 系 数 (%)	34.8	2.5	16.1	39.7	2.1	12.7	35.6

#### 4. 产量对气候因子的多元线性回归方程

为了开展水稻产量的农业气象预报,我们分别建立早、晚稻产量对气候因子的多元线性回归方程。早稻气候产量与  $x_1, x_2$  的复相关系数  $R_{y,12}=0.8108$ 。晚稻气候产量与  $x_1, x_3$  的复相关系数  $R_{y,13}=0.9093$ 。早稻气候产量线性回归方程为

$$\hat{y} = 137.15 - 0.2031 x_1 + 0.0029 x_2 \quad (6)$$

晚稻气候产量线性回归方程为

$$\hat{y} = -135.0 - 0.0032 x_1 + 5.4430 x_3 \quad (7)$$

式中,  $\hat{y}$ ——气候产量的线性回归值,  $x_1$ ——生育期降水量,  $x_2$ ——生育期活动积温,  $x_3$ ——秋季低温日期(自9月1日开始,按日序排列)。

由(1)和(6)式以及(2)和(7)式分别得到早、晚稻产量预报数学模式。早稻为

$$y = \hat{y} + 264.92 e^{0.025t} \quad (8)$$

晚稻为

$$y = \hat{y} + 142.78 e^{0.0316t} \quad (9)$$

#### 四、结 语

(1) 影响早稻产量的主要气候因子是降水量,气候产量与生育期降水量负相关极显著。早稻生育期降水量 850 毫米以上,气候产量为负值的概率 85.7%,1000 毫米以上,均为负值。生育期降水量过多是造成某些年份减产的重要气候原因。因此,滨湖平原农田水利基本建设重点应放在提高农田抗洪排涝的能力上。

(2) 以生育期降水量作为划分早稻气候年型的标准,<450 毫米为少水年,>700 毫米为多水年,450—700 毫米为常年。多水年欠收概率 63.6%,气候概率 24%左右。

(3) 秋季低温出现迟是影响晚稻产量的主要气候因子,晚稻气候产量与秋季低温呈极显著正相关。秋季低温偏早,气候产量为负值的概率 61.5%,最早日期的气候产量均为负值。秋季低温偏早生育期降水负距平,气候产量为正值(一年为零值),秋季低温偏早降水正距平,气候产量为负值的概率 87.5%。秋季低温偏早而生育期雨水偏多是晚稻减产的重要气候原因。

(4) 以秋季低温出现日期结合生育期降水距平作为划分标准,将晚稻气候年型分为秋冷正常偏迟年、秋冷偏早多水年和秋冷偏早少水年。秋冷偏早多水年欠收概率 70%,气候概率 24%。

## 参 考 文 献

- [1] 竺可桢,论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系,地理学报第1期,1964。
- [2] 羽生寿郎,内岛立郎,北日本における水稻気候生产性についての考察, *Journal of Agricultural Meteorology*, 30,241—246,1970。
- [3] Thompson, L. M, Climatic variability and world grain production, «23 rd annual farm seed conf., kansas city», P 64—72,1977。
- [4] 贝尔, W., 等著,王馥棠译,作物-天气模式及其在产量预测中的应用,科学出版社,1980。
- [5] 王世着,曹永华,蔡泳慈,北京地区冬小麦产量和气象要素的统计学分析,中国农业科学,第1期10—18,1979。
- [6] 魏淑秋,桑城冬小麦产量与气候条件的统计学分析,作物学报,Vol. 6, No.3,161—169,1980。
- [7] 中国科学院数学研究所数理统计组编,回归分析方法,科学出版社,1974。
- [8] 上海第一医学院卫生统计学教研组,医学统计方法,169—170,上海科学技术出版社,1979。
- [9] 汪铎,太湖平原(浙江省北部)粮食作物产量波动的长期天气分析,气象学报 Vol. 39, No. 3,349—359,1981。

## EFFECT OF CLIMATIC ON THE RICE YIELD IN CHANGDE DISTRICT

Chen Bailin

(Changde Agricultural School, Hunan Province)

### Abstract

This paper was studied statistically, using data of rice yield and meteorology near 30 years. Effect of climate on the rice yield in Changde District is discussed and, moreover go in quest of leading climatic factor effecting the rice yield.