

# 影响水稻产量的气候因子分析及产量预报

李彦彪 (盘锦市气象局 124000)

## 1 引言

盘锦地处辽河下游,整个地域为辽阔的退海平原,属暖温带大陆性半湿润季风气候。其特点是:热量资源丰富、光照充足、降水适中。得天独厚的地理位置和气候资源非常适合水稻生产。盘锦水稻种植面积占全市土地耕种面积的85.1%,盘锦大米以其米质洁白、颗粒整齐、米香浓郁享誉中外,是辽宁省重要的商品粮生产基地。充分利用当地的气候资源,搞好水稻生产,对振兴盘锦经济将起到积极的促进作用。

分析盘锦市20年水稻产量资料序列,呈波动增长趋势(图略)。我们知道,除了人为因素之外,气候要素是影响水稻产量的主要原因。因此,本文从水稻主要生育的气候分析入手,寻找影响水稻产量的气候因子,并在分析的基础上,

给出水稻产量的预报回归方程。

## 2 资料来源与处理

气象资料序列长度为20年(1974~1993),资料来源于盘锦市气象局,水稻产量取自盘锦市统计局。社会实际产量资料采用直线滑动平均进行处理,以滤去时间趋势产量,得到受气象条件影响的气候产量。

## 3 水稻生产与气象条件的关系

首先将影响水稻产量的生育期内积温、降水、光照及各发育期不同时间段的温、光、水等30多个指标因子输入微机进行筛选。筛选结果表明,影响水稻产量的主要因子是各类温度指标,其次是光照。降水对水稻产量影响并不大。表1列出了水稻气候产量与不同发育期主要因子之间的相关系数。

表1 主要因子相关系数

代表因子	中/5平均气温	中/6平均气温	下/6极端最低气温	下/7平均气温	上/8平均气温	8月平均气温	9月平均气温
相关系数	0.5531	0.6370*	0.6951**	0.5576	0.6288*	0.6535**	0.5181
代表因子	9月极端最高气温	9月平均最高气温	生育期内活动积温	生育期内日照时数	6月日照时数	上/8日照时数	生育期内降水
相关系数	0.5461	0.6721**	0.6854**	0.3494	0.4178	0.4073	0.1768

注:表内“中/5”为5月中旬,下同。

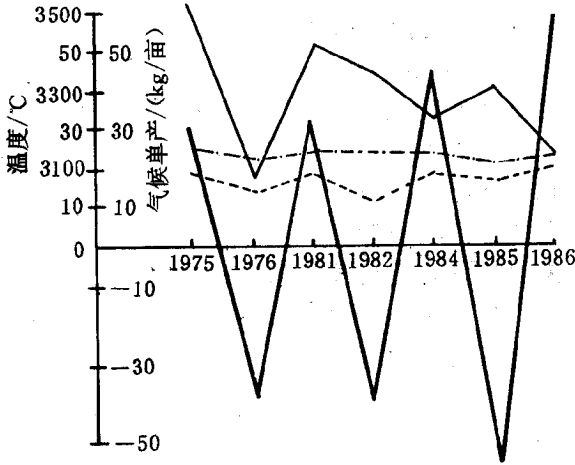
表1中所有温度因子的相关系数均通过显著性检验。从表1可以看出:水稻产量与6月中下旬(分孽期)、8月(抽穗开花期)、9月(灌浆成

熟期)的温度指标和生育期内活动积温密切相关。我们依据社会实际调查和各类温度指标的统计,对上述结论做进一步的分析(表2)。

表2 各类温度指标下的水稻产量

年份	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	多年平均
≥10℃积温(℃)	3213	3523	3083	3325	3387	3124	3182	3448	3369	3446	3232	3314	3130	3176	3300
下/6极端最低气温(℃)	15.3	17.8	13.4	14.0	16.3	16.9	17.2	17.6	10.2	17.9	17.4*	16.6	18.6*	15.1	16.3
8月平均气温(℃)	23.9	24.2	22.3	23.0	23.3	22.7	23.1	23.4	24.5	23.9	24.2	24.0	22.6	23.5	23.7
9月平均最高气温(℃)	23.4	25.1	22.9	23.6	23.8	22.8	23.0	23.9	24.0	25.0	23.6	22.2	22.9	23.4	23.7
实际单产(kg)	350	371	304	352	399	445	457	494	434	494	560	497	601	531	—
趋势单产(kg)	344	341	342	352	399	434	465	462	474	496	517	553	543	552	—
气候单产(kg)	6	30	-38	0	0	11	-8	32	-40	-2	43	-56	58	-21	—

表 2 列出了部分年份不同温度指标下的水稻产量。为了更直观地说明各类温度指标对水稻产量的影响,我们从表 2 中选取几个代表性较突出的年份,点绘出水稻气候产量与温度指标的变化曲线(附图)。



附图 温度指标与气候产量变化曲线

—活动积温, ... 下/6 极端最低气温,  
—气候单产, · —9 月份平均最高气温

考虑到 8 月平均气温与 9 月平均最高气温数值比较接近,在点绘图上两条曲线不易区分,故选择了相关系数较大的 9 月平均最高气温和另外两个温度因子进行点绘。

分析附图和表 2 可以看到:水稻气候产量与 6 月下旬极端最低气温呈显著的正相关;与 9 月平均最高气温基本上呈正相关;与积温的关系分两种情形:一种是积温多,且主要发育期温度高,水稻增产,反之减产;另一种是积温虽然较少,但主要发育期温度高,促进了水稻的生长发育,起到热量补偿的作用,水稻呈增产趋势;或积温虽较多,但主要发育期温度低,水稻生长发育受到抑制,结果导致减产。

由此证明,水稻产量除受活动积温的影响外,还与主要发育期的温度指标有很大的关系。

## 4 影响产量的气象因子分析

### 4.1 气温

水稻各发育期对温度的要求有所不同。根

据文献提供的适宜温度及最低温度指标,统计了本市水稻各发育期的平均温度和最低温度状况(表 3)。

表 3 水稻主要发育期温度状况  $^{\circ}\text{C}$

发育期	日期	平均气温	要求最适宜气温	极端最低气温	要求最低气温
分 蘖	中/6	21.2	28~32	10.6	15
	下/6	22.7		10.2	
拔节孕穗	上/7	23.5	25~30	14.3	15~17
	中/7	24.4		15.3	
抽穗开花	下/7	25.0	28~32	15.5	15~17
	上/8	24.8		14.6	
灌 浆 成 熟	中/8	23.6		12.7	
	下/8	22.7		10.8	
	上/9	20.2	23~25	6.9	13
	中/9	18.2		3.7	
	下/9	15.7		2.8	

分析表 3 可知:盘锦地区水稻拔节孕穗和抽穗开花期的平均温度较高,基本上可以满足需要。而分蘖期 6 月中下旬和灌浆成熟的后期即 9 月中下旬的平均气温和最低气温都较低,满足不了需要。

6 月下旬为水稻分蘖盛期,对最低气温敏感,此时最低气温小于等于  $15^{\circ}\text{C}$  时,就会使分蘖受到抑制,有效分蘖茎数明显减少,从而导致减产;7 月下旬到 8 月上旬为水稻抽穗开花期,该时期气温高,天气晴朗,利于开花受粉,减少空瘪粒;8 月中旬至 9 月下旬是水稻灌浆成熟期,这一阶段气温高,日照充足可使籽粒饱满,千粒重增加,从而获得高产。反之,将导致减产。

由此可见,水稻的分蘖期、抽穗开花期和灌浆成熟期是水稻生产的气候关键期。这与前面的统计相关是吻合的。

### 4.2 活动积温

水稻全生育期所需的积温平均为  $3250\sim 3350^{\circ}\text{C}$ 。统计盘锦地区上述 20 年的平均活动积温为  $3300^{\circ}\text{C}$ ,最多的 1975 年为  $3523^{\circ}\text{C}$ ,最少的 1976 年为  $3083^{\circ}\text{C}$ 。在某种意义上讲活动积温多,预示着热量条件好,利于水稻增产。如 1975 年气候单产为  $+30\text{kg}$ ,而活动积温最少的 1976 年气候单产为  $-38\text{kg}$ 。但是,1986 年活动积温

较少,为 3130℃,而气候关键期(分孽期)温度却较高,极端最低气温 18.6℃,为近 20 年中最高的一年,距平值为 +2.3℃,气候单产为 +58kg(表 2)。可见,分孽期的最低气温预示着该阶段热量条件的好坏,对水稻产量的形成有一定的指示意义。

#### 4.3 日照

盘锦地区光资源比较丰富,绝大多数年份可以满足水稻生长的需要。日照时数与产量虽然不呈显著相关,但日照时数过少,阴雨天过多,水稻各发育期受阻,也将直接影响产量。

1985 年大于等于 10℃积温为 3314℃,6 月下旬极端最低气温为 16.6℃,均为正距平。但日照时数却较少,为 1054 小时,且 6~8 月日照时数出现负距平,分别为 -50.5、-33.3 和 -71.6 小时,6 月中下旬(分孽期)和 7 月下旬、8 月上旬(抽穗开花期)均出现 3~4 天的连阴雨天气。再加上 9 月平均气温较低,局部发生洪涝等诸多因素共同影响,造成水稻大幅度减产,气候单产为 -56kg。

#### 4.4 降水

统计分析表明,盘锦地区水稻返青—分孽期和拔节—抽穗期的自然降水可以满足需要,其他发育期则严重缺水。故水稻生产主要靠灌溉,产量的高低与自然降水一般关系不大。但连年少雨水库缺水时,水稻产量也将受到影响。盘锦地区 1980~1982 年连续 3 年均为少雨年,导致 1982 年水库缺水,水稻分孽期水分供应不足,再加上低温,造成水稻减产;1983 年热量条件较好,但水稻增产幅度不大,也是水库缺水所致。另外,个别年份受外洪影响,自然降水排放受阻形成内涝,将导致水稻减产,1985 年的水稻产量就受这种因素的影响。

### 5 水稻丰平年和平歉年的温、热指标

在表 2 中已列出了各年温度指标与气温产量,分析发现当积温多时,水稻增产,如 1975 年和 1981 年;积温虽较少,但关键期温度较高的 1984 年和 1986 年,水稻同样增产。积温少关键期温度也低的 1976 年和 1987 年,水稻减产;积温虽较多,但关键期温度明显偏低时,水稻也减

产,如 1982 年。

综合上述分析,我们得出水稻丰平年及平歉年的温、热指标:丰平年的温、热指标为大于等于 10℃积温达到 3380℃,或 6 月下旬极端最低气温大于等于 17.0℃。按此指标评价历史资料丰年占 57%;平年占 43%。平歉年的温、热指标为大于等于 10℃积温小于 3380℃,同时 6 月下旬极端最低气温小于 17.0℃。按此指标评价历史资料平年占 43%;歉年占 57%。

按上述两个温、热指标评价表 2 所列 14 年的历史资料,丰平年为 7 年,平歉年为 7 年,各占 50%。可见。这种分析方法还是比较客观合理的。

水稻丰、平、歉年的确定标准是:气候单产大于等于 +20kg/亩为丰年;小于等于 -20kg/亩为歉年;-20kg/亩~+20kg/亩为平年。

### 6 水稻产量预报

根据气象条件及早做出粮食产量预报,对做好粮食调运、贮藏及出口的准备工具有现实的指导意义。采用逐步回归的方法,从表 1 所列的相关密切的温度因子中精选出 3 个因子,建立预报回归方程:

$$\hat{Y} = -684 + 8.04 X_1 + 0.065 X_2 + 14.6 X_3$$

式中, $\hat{Y}$  为气候单产(kg), $X_1$  为 6 月下旬极端最低气温, $X_2$  为生育期内大于等于 10℃活动积温, $X_3$  为 9 月平均最高气温。复相关系数  $R = 0.9407$ , $F = 41.04$ 。置信度取  $\alpha = 0.05$  时, $F_{\alpha} = 3.24$ 。可见  $F \gg F_{\alpha}$ ,相关极显著。经历史资料验证,产量预报误差小于等于 8%的拟合率为 84%;小于等于 10%的拟合率为 95%。

1993 年方程试报,预产 636kg,实产 620kg,误差 2.6%。达到省局产量预报一级标准,方程有较好使用价值。

为了在水稻脱粒前估算出水稻产量,可将上述 3 个温度指标代入方程,计算出气候单产,然后加到上年度的趋势单产上,即得当年实际单产的预报值。

### 7 合理安排水稻生产的几点建议

7.1 盘锦地区多数年份春季降水较少,水稻育秧和泡田用水主要来源于水库。在水库蓄水不

足的年份,该时段用水显得十分紧缺。为了解决这一难题,应大力推广旱育秧和塑料软盘育秧新技术。同时,气象部门应搞好人工增雨,开发云水资源,以缓解水田泡田插秧期间水资源短缺问题。

7.2 对水稻产量影响较大的是有效分蘖期的低温。为了弥补这一气候条件的不足,建议大面积推广水稻抛秧移栽新技术。抛秧移栽近似于散播,单穴株数减少,自身分蘖能力提高,单位面积株数增多。植株根系发达,茎秆挺拔,利于通风透光,能减轻低温时分蘖的影响程度,是抗低温的一项有效措施。

7.3 影响水稻产量的另一温度因子是灌浆成熟后期的低温,为了避免灌浆后期的低温,提高

水稻千粒重,获得高产,应使安全齐穗期提前。故日平均气温稳定通过 $15^{\circ}\text{C}$ 、天气晴好时,要适时移栽。

7.4 盘锦地区光资源丰富,要提高光能利用率,设法培育壮秧,并要合理密植,合理施肥。尤其在水稻拔节期,如遇阴雨天气,更不能急于追肥,否则茎节延长,易造成倒伏。后期要注意排水,降低地下水位,供给根部充足的氧气,促使根部活力增强,以保证叶片正常生长,有利于光合作用的进行。

