

娄秀荣 侯英雨

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

通过对晚稻产量和气象资料的处理,划分出全国晚稻主产区的丰歉年型及其主要气象要素的特征等级。在不同区域气候年景特征等级分析的基础上,建立了晚稻气候年景综合评价模型,并在2001年农业气象业务服务中的丰歉年型评价中取得了较好的效果。

关键词: 晚稻 丰歉年 气候年景 综合评价模型

引 言

气象环境对作物生长发育的影响具有综合效应,而单一气象要素超出作物生理的适宜范围时也会造成危害,最终导致产量下降。但这种危害的大小往往以经验评价,得不出定性明确的结论,不能满足农业气象服务的基本要求。目前在农业气象业务服务中对气候年景的定量评价实用的方法很少,在实际工作中需求十分迫切。为此,本文以气象条件对晚稻生长发育的影响为例,选取不同阶段气象要素,建立综合评价模型,应用于农业气象业务服务。

1 主产区的确定和资料处理

根据1995~2000年各省(区、市)晚稻平均总产量占全国晚稻总产量的百分率,确定百分率在2%以上的省份为全国晚稻主产区,即江南、华南地区。

选取江南、华南具有代表性的47个气象站点(表略),利用1971~2000年晚稻全生育期(6月下旬至11月上旬)逐旬气温、降水、日照资料,求出30年江南6月下旬至10月下旬、华南7月上旬至11月上旬,晚稻主产区的各气象要素的平均值即为常年值,表示为:

$$M_i = \sum_{j=1}^n E_{i,j} / n \quad (1)$$

式中 M_i 为某一主产省份的气象要素平均值, $E_{i,j}$ 为某一气象要素值,下标 i 为所用资料年代序号, j 为代表站序号; n 为某一省代表站个数。

2 晚稻气候年景的确定

研究表明:年际间单位面积产量的波动主要是气象因素引起的^[1]。气候年景是指当年晚稻全生育期农业气象条件对晚稻生长发育过程影响的综合状况,在社会因素变化不大的条件下,年景的差异可说明产量的增减百分率。国家统计局在《农业统计年报》中,粮食产量增加的绝对数和增减百分率均是与上一年相比,即为产量的丰歉年。因此,在国家级农业气象决策服务中采用增减百分率表示丰歉年型,用式(2)表示。

$$\Delta y_i = (y_i - y_{i-1}) / y_{i-1} \quad (2)$$

其中, Δy_i 为相对产量, y 为单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$),下标 i 同式(1)。

作物产量的高低取决于农业科技水平、气象环境条件、农业投入等因素。就相邻年份而言,单产的变化主要是由气象条件差异决定的^[2]。利用相邻两年晚稻单产增减百分

率确定为气象产量的丰歉产年型, $\Delta y_i \geq 5\%$ 为丰产年型, $5\% > \Delta y_i \geq -5\%$ 为平产年型, $\Delta y_i < -5\%$ 为歉产年型。按此标准统计, 得出晚稻主产区各省区市产量丰平歉年型, 其

中晚稻的平产年型占 40%~60%, 丰年略高于歉年型(表 1), 其丰平歉年型可确定为气候年景^[3]。

表 1 晚稻主产省市产量年型和频率

	产量年型		年型频率%		
	丰产年		歉产年		歉产
上海	1987 1988 1989 1993 1994 1998	1985 1995 1999	37.5	43.8	18.8
江苏	1988 1990 1992 1993 1995 1998	1987 1989 1991 1994 1997 1999	37.5	25.0	37.5
浙江	1991 1995 1998	1985 1990 1994 1992	18.8	56.3	25.0
江南 安徽	1993 1995 1998	1994 1996 1997 2000	18.8	56.3	25.0
江西	1985 1987 1988 1989 1991 1994	1986 1995 2000	37.5	43.8	18.8
湖北	1985 1988 1992 1994	1987 2000	25.0	62.5	12.5
湖南	1985 1987 1991 1995	1988 1997	25.0	62.5	12.5
福建	1987 1989 1994	1986 1993 1995	18.8	62.5	18.8
华南 广东	1986 1987 1989 1990 1991	1985 1993 2000	31.3	50.0	18.8
广西	1987 1989 1991 1992 1995 1998	1988 1994 1999	37.5	43.8	18.8

注:晚稻产量资料来源于年度《农业统计年报》;各省市晚稻产量资料为 1984~2000 年,其中因海南省仅有 1995 年以来的晚稻产量资料,故略。

3 晚稻不同年型的气候年景特征

3.1 晚稻生育阶段的划分

根据晚稻生长发育的特点,全生育期划分为 4 个阶段,即播种至秧苗期、移栽至分蘖期、孕穗至抽穗期、乳熟至成熟期。表 2 给出了江南和华南主产区晚稻各生育阶段起止时间。

表 2 主产区晚稻各生育阶段日期

	江南	华南
播种至秧苗	6月下旬~7月中旬	7月上旬~7月下旬
移栽至分蘖	7月下旬~8月中旬	8月上旬~8月下旬
孕穗至抽穗	8月下旬~9月中旬	9月上旬~10月上旬
乳熟至成熟	9月下旬~10月下旬	10月中旬~11月上旬

3.2 气象要素特征等级的确定

作物全生育期间不同生育阶段对气象环境的要求有一定的差异,气温、降水、日照对作物生长发育的影响是相互作用、相互制约的结果,每个要素超出适宜的临界值,都会抑制生长发育而导致产量下降^[4]。因此,根据晚稻不同年型,分别计算出晚稻不同生育阶段的气温距平、降水量距平百分率、日照距平百分率,并考虑当地的气候状况对晚稻生长发育的影响,将气象要素分成 6 个特征等

级(表 3)。

表 3 气象要素特征等级

等级	气温距平/℃	降水距平/%	日照距平/%
1	$\Delta T \leq -1$	$\Delta R \leq -30$	$\Delta S \leq -30$
2	$-1 < \Delta T \leq -0.5$	$-30 < \Delta R \leq -10$	$-30 < \Delta S \leq -10$
3	$-0.5 < \Delta T \leq 0.5$	$-10 < \Delta R \leq 10$	$-10 < \Delta S \leq 10$
4	$0.5 < \Delta T \leq 1$	$10 < \Delta R \leq 30$	$10 < \Delta S \leq 30$
5	$1 < \Delta T \leq 3$	$30 < \Delta R \leq 50$	$0 < \Delta S \leq 50$
6	$\Delta T > 3$	$\Delta R > 50$	$\Delta S > 50$

表中: ΔT 为气温距平, ΔR 为降水距平百分率, ΔS 为日照距平百分率。

根据晚稻主产区各省(区、市)产量丰、平、歉年型所对应的当年晚稻各生育阶段主要气象要素,计算出各阶段气温距平、降水距平百分率、日照距平百分率,再根据确定的气象要素特征等级,得到各地晚稻不同年型的气候年景特征等级。表 4 以上海、江苏、福建为例给出气候年景特征等级。

3.3 晚稻不同产量年型的气候年景特征等级分析

从表 4 中不同气候年景特征等级可以看出:晚稻在播种至秧苗期和移栽至分蘖期正值盛夏季节,往往出现高温,当气温稍低或正

常时对禾苗生长发育较为有利,大部地区在某一阶段气温特征等级为2、3,而多雨、寡照对禾苗生长发育不利。晚稻在孕穗至抽穗、乳熟至成熟期热量条件对产量形成十分重要,江苏、浙江、安徽、湖南、广东、广西丰产年气温特征等级为4、5、6,日照特征等级为3、4,光热较为充足。晚稻歉产年在孕穗至抽穗、乳熟至成熟期各地不利气象条件的时空差异较大,大多是由于低温、多雨寡照,产量形成受到较大影响;或因持续高温少雨,晚稻遭受较严重干旱而导致减产。如:湖北、福建

丰产年晚稻孕穗至抽穗期或乳熟至成熟期气温正常或偏低,气候特征等级为2,而降水和日照较为协调,特征等级为2、3、4;歉产年是孕穗至抽穗期光热条件适宜,而乳熟至成熟期则热量有余,气温特征等级为5,其中某一阶段降水量明显偏多或水分严重缺乏,特征等级为6或1;上海和江西丰产年晚稻全生育期间光温水匹配协调,而歉产年是由于乳熟至成熟期高温所致,气候特征等级为5、6。从上述气候特征等级分析可知,各地气候条件的差异是影响晚稻生长发育的主要原因。

表4 上海、江苏、福建、广东晚稻气候年景特征等级

省区市	年型	播种至秧苗			移栽至分蘖			孕穗至抽穗			乳熟至成熟		
		气温	降水	日照	气温	降水	日照	气温	降水	日照	气温	降水	日照
上海	丰	3	2	4	2	5	2	3	3	4	3	3	3
	平	5	3	2	5	3	3	5	3	3	5	3	3
	歉	6	5	2	6	3	3	6	4	3	6	4	2
	2001年	6	5	3	5	6	3	6	1	3	6	1	5
江苏	丰	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3	2	4
	平	2	4	2	5	2	3	3	2	3	4	5	2
	歉	2	3	3	2	4	2	5	3	3	5	2	3
	2001年	5	2	3	3	6	3	6	2	3	6	1	3
福建	丰	4	2	4	4	1	2	2	3	2	2	2	3
	平	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	2	3
	歉	2	4	1	3	3	4	5	1	4	5	3	3
	2001年	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	4
广东	丰	3	3	3	5	2	4	5	2	4	5	1	3
	平	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	2	4
	歉	4	2	3	3	4	3	2	4	3	5	5	2
	2001年	3	6	2	5	5	3	5	3	3	6	2	4

4 影响晚稻产量的主要气象因子特征等级和丰歉年型的气象指标

表5给出影响江南和华南晚稻产量主要气象因子的相关系数及丰歉指标。表中的指标是按历年晚稻不同生育阶段的气象因子与气象产量相关显著的标准确定的。但值得注意的是作物生长发育所需气象条件是要在适宜条件下,才能获得有效的生物量。因此,本文气象因子特征等级指标是在一定的范围内适用。

5 晚稻气候年景综合评价模型

晚稻生长发育过程是受多种气象因素的

综合制约,既有时间的连续性,又有关键阶段和关键气象因子的影响。从表5可见,晚稻全生育期不同时段由于气象要素对产量的影响差异较大,如:在晚稻全生育期中同一时段有不同的关键气象因子,或在同一个生育期,有多个气象因子。因此,需要考虑晚稻在整个生育期内受各种气象因子的综合影响,在确定主要相关因子的基础上,采用多元回归模型 $\Delta \hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i$, 建立气象产量与晚稻全生育期中不同时段关键因子的综合关系,得到气候年景综合评价模型(表6)。

表 5 影响晚稻产量的主要气象因子相关系数及气候年景特征等级丰歉指标

省市	因子	播种-秧苗		移栽-分蘖		孕穗-抽穗		乳熟-成熟	
		相关系数	丰/歉指标	相关系数	丰/歉指标	相关系数	丰/歉指标	相关系数	丰/歉指标
上海	气温	0.6243	2/6	-0.8375	2/6	-0.8244	3/6	-0.8988	3/6
	降水								
	日照					0.5644	4/3		
江苏	气温							-0.5382	3/5
	降水								
	日照					-0.4829	4/3		
湖北	气温	-0.5379	2/5					-0.5379	3/5
	降水	0.4921	3/1					-0.6064	2/6
	日照			0.6023	4/2			0.4841	3/2
福建	气温							-0.5977	2/5
	降水	-0.6344	2/4	-0.5908	1/3				
	日照	0.5971	4/1						
广东	气温			0.5826	5/3				
	降水					-0.5442	2/4	-0.4787	1/5
	日照			0.6205	4/3				

注: $r_{0.05} = 0.4821$

表 6 不同区域晚稻气候年景综合评价模型

省市区	b_0	$b_1 X_1$	$b_2 X_2$	$b_3 X_3$	F	准确率(%)
上海	6.9936	$0.0010T_2$	$-0.0150T_4$	$0.0023S_3$	22.9454	94
江苏	26.5421	$-0.0004T_4$	$-0.0085S_3$		21.4802	88
浙江	-35.1306	$-0.0159T_1$	$+0.0361T_3$	$-0.0030S_1$	22.3145	88
安徽	49.1799	$-0.0398T_1$	$-0.00709R_1$	$-0.0047S_4$	19.9418	82
江西	33.3814	$-0.0363T_4$	$-0.0025R_3$	$+0.0011S_1$	22.4088	71
湖北	5.7643	$-0.0096T_1$	$+0.0004R_1$	$+0.0014S_4$	20.1354	77
湖南	-75.0498	$+0.1294T_3$	$-0.0025R_3$	$0.0035S_4$	21.0311	88
福建	32.2580	$-0.0397T_4$	$-0.0028R_1$	$-0.0014S_1$	21.8949	88
广东	-77.7680	$+0.1181T_2$	$-0.0021R_3$	$-0.0078S_2$	22.6433	82
广西	-25.5897	$-0.0008T_3$	$-0.0326R_2$	$+0.0059S_3$	21.3152	77

注: T_n 为不同发育阶段积温气温, R_n 为不同发育阶段降水量, S_n 为不同发育阶段日照时数; $n = 1, 2, 3, 4$, 分别为播种至秧苗期、移栽至分蘖期、孕穗至抽穗期、乳熟至成熟期。 $F_{0.01(3,12)} = 5.95$

由不同区域晚稻气候年景综合评价模型(表 6)可知,历史检验拟合准确率为 71%~94%,不同生育期气象要素对产量的影响的复相关因子较为客观。如:浙江、安徽、湖北播种至秧苗期气温与产量为反相关,这一阶段往往出现 34~38℃ 高温天气,致使秧苗窜高拔长、素质差,直接导致移栽后禾苗恢复生长缓慢,影响有效分蘖和幼穗分化;而其它地区在这一阶段没有出现复相关因子。上海、江苏、江西、福建乳熟至成熟期气温与产量为反相关,仅江苏为正相关。在不同区域晚稻

生育过程中同一生育期有不同的关键因子,这是由于各地气候条件差异所致。一般而言,晚稻在进入孕穗期以后需要较充足的光热条件;虽然不少地区为复相关因子,但在丰产年景中气温或日照是在适宜范围内。而在较严重的减产年份大部地区是由于出现明显的“寒露风”天气或是持续高温少雨。特别是水源条件差的地区,气候严重干旱,稻田无水灌溉,对产量造成的影响更为突出。1985 年上海、浙江、广东、1986 年江西、福建、1988 年湖南、广西均是由于出现较严重的“寒露风”

天气而减产^[5];2001年湖北、安徽、江苏则是由于持续高温少雨,大部地区旱情严重,水源缺乏,造成晚稻产量下降^[3]。可见某一生育阶段气候年景特征指标不能独立使用,要综合考虑晚稻生育期全过程的气象条件和地理环境及农业生产水平等,才能客观地综合评价气候年景。

6 应用结果分析

以2001年为例(表5),各地晚稻年型与评价模型复相关因子的气候年景特征等级指标完全吻合为72%,相差一个等级为28%,丰歉趋势完全正确,从整体分析评价模型效果较好。如:浙江、江西、福建、广东、广西晚稻全生育期光温水匹配较为协调,为平年气候年景;上海、湖南、湖北和安徽晚稻秧苗期至移栽期和孕穗至抽穗期降水量比常年同期偏少7至9成,特征等级为1或2;气温比常年同期偏高2~6℃,特征等级为5、6;日照正常或偏多,特征等级为3、4、5。其中,湖北为歉产气候年景;上海、安徽、湖南稻区由于水源条件较好,加之光热充足,安徽、湖南为丰年气候年景,上海为平年气候年景。江苏晚稻乳熟至成熟期持续高温少雨,气温特征等级为6,降水特征等级为1,为歉年气候年景。以上分析结论与国家统计局2001年《农业统计年报》一致。

7 结 语

(1)本文划分的晚稻气候年景特征等级和建立的晚稻气象综合评价模型,应用结果表明,晚稻气候年景特征等级指标与晚稻丰歉年型基本吻合,但由于水稻生长过程水分条件的满足程度,不仅仅是靠生长季降水量的多少,也取决于当地水源条件。因此,在评价水分条件时,必须考虑这一点。另外,也要考虑到水稻品种的更新、种植结构的调整以及国家宏观政策的影响等。

(2)本文提出的方法和模型计算较为简单,但在农业气象业务服务中应用可行,能够较准确地评价气象条件对晚稻生长发育和产量的综合影响,可满足国家级农业气象信息业务服务之需,为政府决策部门提供较为可靠的信息。

参考文献

- 1 王馥棠,李郁竹,王石立. 农业产量气象模拟与模型引论. 北京:科学出版社,1990.
- 2 王建林,太华杰. 中国粮食总产量结构分析与丰歉评估. 气象,1998,24(12):7~12.
- 3 国家气候中心,全国气候影响评价. 北京:气象出版社,1985~2001.
- 4 彭国照,杨秀容. 四川盆区水稻气候年景及产量模型研究. 中国农业气象,2001.22(4):7~8.
- 5 娄秀荣,杨成钢. 灰色系统模型在寒露风预测中的应用. 气象,1990.16(7):52~53.

Evaluation Method of National Late Rice Climate Year's Harvest

Lou Xiurong Hou Yingyu

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the late rice yields and climate data, the indexes of the rice yield and their climate parameters in the main growing area are analysed. Then, based on the analysis of the characteristics of the late rice climatic year's harvest in different provinces, a regression model to evaluate the climate potential is set up, and the model was used in the operational agrometeorological yield forecast in 2001. The results are very satisfactory.

Key Words: Late rice good/poor harvest year climatic potential evaluation model