

作物年景的环流模式方法

——作物气象产量探讨(四)

汪 铎

(浙江师范大学地理系)

张 鐸

(北京大学地球物理系)

提 要

本文以作物年景的天气类型为线索,运用近百年月平均海平面气压场和近30年500百帕高空环流资料,分析了华北小麦、长江下游早稻和晚稻、华南水稻的年景-环流模式。指出不同产粮区和不同季节作物,应考虑不同的年景-环流模式。

一、引 言

在一定时期内,世界范围粮食作物持续增产的幅度难以同人口增长的速度相适应。世界各地出现的异常天气气候又不断地从人类手中夺走粮食;严重的灾荒会直接影响到一个国家或一个地区的人民生活 and 经济发展。世界各国对洪涝、干旱等大范围农业气象灾害导致大面积谷物减产的情景日益关注。因此,预测作物年景以及今后一段时间(如5年、10年)的趋势,已经成为一项重要课题。这项工作具有多学科交叉、高度综合的特点。

系统分析作物气象产量的工作表明^[1,2,3,4],作物的生长发育是同各阶段的天气气候及其变化密切相关的,作物的产量随着天气气候的变异而发生明显波动,也即偏离产量趋势,产量的这种波动或偏差可看作气象产量(在笔者另一些论著中亦称天气产量)。文献[4]指出,大范围作物产量的波动是直接受特定的天气类型支配的。众所周知,这种影响作物产量的天气类型是在特定的大型环流背景下形成和发生的。笔者有关产量与环流系统长期关联的系列分析表明^[5,6,7,8,9],对我国主要产粮区的天气—产量类型有影响的大型环流系统并不限于东亚范围,亚欧环流、太平洋和赤道附近环流、南半球环流和北美地区环流的影响和关联都是值得考虑的。因此,影响我国粮作丰歉的大型环流,规模可能是全球性的。

本文作为气象产量探讨的继续,旨在以气象产量的天气类型为线索,在大型环流形势背景下,着重揭示作物关键生长期的前期环流表现在丰歉年型的主要差异,这种差异具有明显的年际振动。通过丰歉年景前期环流模式的初步描述,可以为作物年景预报提取有用的环流信息。文中丰歉年景的评定是先作滤波处理: $y_w = y - y_t$,将气象产量 y_w 从实际产量 y 中分离出来。 y_t 是由耕作技术等因素引起的产量趋势,一般宜采用分段线性

模拟将 y_t 滤去^[2]。年景分五级,是按 y_w/y 的比值来划分的,丰、歉年的 y_w/y 在 $\pm 8\% - \pm 10\%$ 以上,平年约在 $\pm 4\% - \pm 5\%$ 内,并适当掌握各级年景的样本数比例约为(丰+偏丰):平:(偏歉+歉)=1:1:1。

二、丰歉年景大型气压环流模式

系统研究海平面气压场形势与谷物产量的关系是近几年开始的。1978年 Steyaert^[10] 运用“EOF”方法分析北半球气压环流与小麦产区天气气候异常的关联,提出了小麦产量气压模式。在文献[6,7,8]中,笔者运用近百年海平面气压场资料分析了我国东部几个大范围粮产区的谷物天气产量类型与大型气压环流系统的长期关联。这些工作初步发现,大型气压场形势发生演变会直接影响产粮区的天气(包括雨水、日照、温度和农业气象灾害等因子),从而关系到作物丰歉。另一方面,海平面气压场资料的年序列较长,这一点对于作物产量或年景长期模式的稳定性有重要意义。许多研究指出,环流和气候存在长周期振动,如果我们局限在一二十年资料的基础上建立产量模式,很可能只描述了环流或气候长期振动中某一个阶段的情况,而不是较长过程的全貌;尤其不适合处理阶段转折,这类模式的稳定性较差,是产量分析预报中需要注意的一个问题。大范围长序列资料的分析可以避免这些弊病。但是,到目前为止我国粮作产量资料的时间序列充其量只30来年;其中有些年份的社会因素噪声干扰大,给分析带来一定困难。这是采用年型分析方法的原因之一。本文主要对比分析丰歉年(包括少数偏丰、偏歉年)的环流差异,平年和多数偏丰、偏欠年未参加统计。

1. 华北小麦年景气压模式

分析发现华北小麦丰歉年景与前期海平面气压场^D中亚欧大陆冷高压活动区域(40—60°N, 40—120°E)、南印度洋副热带地区(20—30°S, 30—120°E)的气压场变化有一定关联。表1给出五十年代初期至七十年代后期上述区域4月气压场与华北小麦年景的对应情况。华北小麦年景的评定是在文献[11]中北京冬小麦年景系数与天津小麦气象产量综合比较的基础上,取两者趋势一致的先初步评定。考虑京津地区灌溉条件较好,而西部麦区的雨水效应更为突出,因此再取山西运城、陕西岐山两地的小麦气象产量与初评情况比较,将趋势相反的个例排除不计。

表1 华北小麦丰歉年景与4月大型气压场表征值 $\bar{p}$ (hPa) 的对应分析

年 份	1954	1955	1965	1967	1974	1975	1978	优势	拟合率	1957	1966	1968	1970	1973	1977	1980	优势	拟合率
小麦年景	丰	丰	偏丰	丰	丰	丰	丰	丰		歉	歉	歉	偏歉	偏歉	歉	歉	歉	
亚欧大陆 $\bar{p}$	17.7	19.3	16.3	17.8	13.9	17.4	13.8	<17.8	5/7	17.8	19.3	17.9	18.1	16.7	18.0	19.0	≥17.8	6/7
南印度洋 $\bar{p}$	18.1	16.2	17.7	16.7	16.8	16.8	16.8	>16.6	6/7	16.6	15.4	14.5	15.5	15.2	16.4	16.7	≤16.6	6/7
SNO 系统 $\Delta \bar{p}$	-0.3	3.1	-1.4	1.1	-2.9	0.6	-3.0	<1.2	6/7	1.2	3.9	3.4	2.6	1.5	1.6	2.3	≥1.2	7/7

1) 1871—1980年海平面气压资料由北京大学地球物理系气象教研室长期组提供。

由表 1 分析可对华北小麦丰歉年景模式作这样描述: 小麦丰年型对应前期 4 月亚欧大陆中高纬地区气压场优势偏低, 南印度洋中低纬地区气压场优势偏高; 这种气压形势关联小麦生长期的水热条件较好, 有利于小麦丰产。小麦歉年型则相反, 4 月亚欧大陆中高纬气压场优势偏高, 南印度洋中低纬气压场优势偏低; 对应小麦生长期的水热条件较差。

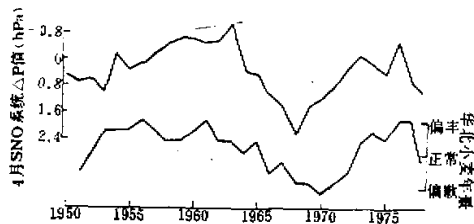


图 1 近三十年华北小麦年景五年滑动平均曲线与 4 月 SNO 系统 Δp 五年滑动平均曲线

上述南北半球气压场在一定配置形势下大范围天气和谷物年景相应地发生振动, 在文献 [7] 中称为“南北涛动”(由上述亚欧大陆气压场 $\bar{p}$ 减南印度洋气压场 $\bar{p}$, 记作 SNO 系统), 并指出: 从长期趋势看, 4 月 SNO 低值(高值)期对应华北多雨(少雨)期, 而年雨量的多寡会影响华北小麦收成。从表 1 年际对比表明, 4 月 SNO 偏低(偏高)时, 对应小麦丰年(歉年)型, 历史拟合达 13/14。可见, 按丰歉两类年型统计大型气压系统的差异是十分显著的。此外, 丰歉年型的气压环流特征还具有明显的阶段性变化。图 1 是最近三十年华北小麦年景 5 年滑动平均曲线与 4 月 SNO 系统 Δp 值 5 年滑动平均曲线, 两者变化趋势呈明显负相关, 即五十年代中期至 60 年代中期的小麦年景偏丰阶段对应 4 月 SNO 系统低值占优势; 六十年代后期至七十年代前期的小麦年景偏歉阶段对应 4 月 SNO 系统高值占优势。根据这种阶段性趋势, 可以估计 80 年代后期和 90 年代中期 4 月 SNO 系统将处在偏低期, 华北小麦将是丰年占优势。

2. 长江下游水稻年景气压模式

取上海、昆山、嘉兴三地的产量资料经趋势处理^[2]然后综合评定, 当三地趋势基本一致时可确定年景等级(下文早、晚稻年景评定亦相同)。与长江下游水稻丰歉年景有关联的前期气压环流系统是由冬季亚欧大陆中高纬地区(40—60°N, 40—120°E)气压场 $\bar{p}$ 减澳大利亚北部附近(10—20°S, 110—150°E)气压场 $\bar{p}$ 组合成“南北涛动”(1 月 SNO 系统), 以及春季赤道附近地区(10°N—10°S, 90°E—180°)气压场(以 4 月 $\bar{p}$ 指标表征)。表 2 是 50 年代初至 70 年代末长江下游水稻年景与 1 月 SNO 系统 Δp 值和 4 月赤道 $\bar{p}$ 指标的对应情况。6 至 9 月是长江下游双季稻生长关键期, 这时期雨水丰枯代表一定的天气类型, 按丰歉两类年型统计的水稻年景模式描述为, 丰年型对应 1 月 SNO 系统优势正常略偏高(拟合达 7/10)和 4 月赤道 $\bar{p}$ 指标优势偏在 10.0 百帕附近(拟合达 9/10); 歉年型对应 1 月 SNO 系统 Δp 值 < -1.5

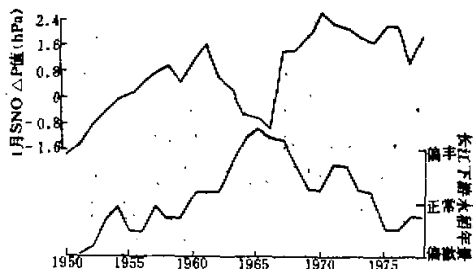


图 2 近三十年长江下游水稻年景五年滑动平均曲线与 1 月 SNO 系统 Δp 值五年滑动平均曲线

气压力场 $\bar{p}$ 组合成“南北涛动”(1 月 SNO 系统), 以及春季赤道附近地区(10°N—10°S, 90°E—180°)气压场(以 4 月 $\bar{p}$ 指标表征)。表 2 是 50 年代初至 70 年代末长江下游水稻年景与 1 月 SNO 系统 Δp 值和 4 月赤道 $\bar{p}$ 指标的对应情况。6 至 9 月是长江下游双季稻生长关键期, 这时期雨水丰枯代表一定的天气类型, 按丰歉两类年型统计的水稻年景模式描述为, 丰年型对应 1 月 SNO 系统优势正常略偏高(拟合达 7/10)和 4 月赤道 $\bar{p}$ 指标优势偏在 10.0 百帕附近(拟合达 9/10); 歉年型对应 1 月 SNO 系统 Δp 值 < -1.5

表 2 长江下游水稻年景与降水 (mm)、大型气压力场特征值 (hPa) 的对应分析¹⁾

年份	1953	1955	1959	1963	1965	1966	1967	1973	1974	1979	优势	拟合率	1950	1952	1954	1956	1957	1975	1977	1980	优势	拟合率
水稻年景	丰	丰	丰	偏丰	丰	丰	丰	丰	偏丰	丰	丰											
6—9月降水	-195	-39	-154	138	-130	35	-420	18	-100	-217	<100	9/10	233	110	128	224	306	130	185	308	>100	8/8
水量距平																						
1月SNO	-1.4	0.0	1.2	2.5	-0.4	-1.9	1.0	-1.7	7.7	2.1	2.5	7/10	-2.5	-4.4	-0.3	4.1	-1.6	-1.6	6.6	2.8	>2.5 <-1.5	7/8
Δp																						
4月赤道p指标	9.4	8.4	11.0	9.2	9.5	9.3	10.4	9.8	9.2	10.3	11.0	9/10	7.7	12.2	8.9	7.6	8.8	8.9	10.0	10.2	>11.0 <9.0	6/8

1) 表中降水量资料取上海 1873—1980 年出版资料。

表 3 华南水稻年景与 4 月中太平洋赤道低压带活动区域 $\bar{p}$ (hPa) 对应分析

年型	丰					年					歉					年					歉				
年份	1958	1965	1966	1967	1970	1977	1980	优势	拟合率	1960	1961	1962	1975	1976	1978	优势	拟合率								
4 月中太平洋赤道 $\bar{p}$	10.3	10.1	10.3	9.8	9.9	10.9	10.1	<11.0	7/7	12.2	11.3	11.7	11.5	11.6	10.8	>11.0	5/6								

说明：1960、1961、1962 三年中已扣除由社会因素引起的减产成份。

或 >2.5 百帕(拟合达 $7/8$), 4月赤道 P 指标 <9.0 或 >11.0 百帕(拟合达 $6/8$)。这一对比差异是显著的。

图2是长江下游水稻四级年景近30年的变化趋势(5年滑动平均)与1月SNO系统5年滑动平均曲线对应的情况。图中两条曲线的长期演变趋势(见文献[6])呈正相关, 但阶段性对应不一样, 60年代中期至70年代初一段两者呈负相关。因此, 对10年以上长期趋势而言, 1月SNO系统高值期(低值期)对应长江下游水稻丰年(歉年)占优势。由此推测, 80年代至九十年代前期水稻处于多水低产期。对于短于10年的阶段性年景优势, 应注意不同阶段对应的气压环流演变是复杂的, 不限于一种模式。

3. 华南水稻年景气压模式

表3对比分析了广东水稻年产量(代表华南)7个丰年和6个歉年的大型气压场特征, 表明春季中太平洋赤道附近(10°N — 10°S , 170° — 140°W)海平面上低压带的活动在丰歉年型有明显差异。华南水稻年景气压模式可描述为: 4月中太平洋上赤道低压带偏强对应水稻丰年年景; 反之, 4月中太平洋上赤道低压带偏弱对应水稻歉年年景。历史拟合达 $12/13$ 。

三、丰歉年景高空环流模式

高空环流资料时间不长, 但是内容丰富, 近三十多年基本上同作物产量资料在时间序列上相配置。因而产量的环流模式中普遍采用500百帕高空环流资料。赵四强运用亚欧大气环流分析了全国范围粮食产量的丰歉年型^[12], 主要特征有丰年(歉年)是纬向环流高指数(低指数), 副高位置偏南偏西(偏北)。辽宁水稻产量模式的研究指出^[13], 晚冬(1、2月)极涡位置偏北, 夏半年东亚纬向环流占优势, 副高势力偏弱时, 水稻产量较高; 反之, 水稻产量偏低。文献[11]运用前期高空环流因子提出了北京冬小麦产量的长期预报模式。笔者继文献[14]后, 结合天气类型模式方法运用500百帕环流特征量¹⁾, 针对南方水稻分析了高空环流模式。

1. 长江下游早稻年景环流模式

长江下游早稻全生育期一般在4至7月。近30年中分别取7年和6年为早稻气象产量丰、歉年型。分析发现, 冬季500百帕上北半球极涡位置偏心情况、亚洲地区环流形势和西太平洋副高强度等环流特征在早稻丰歉两类年景上有显著差异。由表4中两类年景环流特征差异的对比分析, 长江下游早稻年景的高空环流模式可描述为: 冬季(12、1、2三个月)极涡中心位置稳定偏向东半球, 晚冬(1、2月)亚洲地区纬向环流为高指数和副高面积指数偏高, 这种形势对应长江下游早稻生长期光热条件较好、雨水偏少, 是丰年年景; 反之, 冬季极涡中心偏向西半球, 晚冬亚洲纬向环流为低指数和副高面积指数偏低, 这种形势对应早稻生长期雨水偏多、光热条件较差, 是歉年年景。历史拟合达80%左右。

1) 采用《气象》杂志上公布的资料。

表 4 长江下游旱稻丰歉年最高空 500hPa 环流特征差异对比分析

年型	丰 年								歉 年								
	1958	1965	1966	1973	1979	1981	1982	优势	拟合率	1954	1957	1971	1975	1977	1980	优势	拟合率
年份																	
冬季被雨偏向 (E: 东半球 W: 西半球)	W	W	E	W	E	E	E	E	4/7	W	W	W	W	W	W	W	6/6
1—2月纬向环流指数 距平%	7	-3	103	32	102	-72	24	>-5	6/7	22	-13	-18	-7	-66	-47	<-5	5/6
副高面积指数1—2月 距平	18.5	-9.5	13.5	17.5	10.5	8.5	-2.5	>-5	6/7	-9.5	-11.5	-11.5	-7.5	10.5	1.5	<-5	4/6
早稻气象产量(斤/亩)	57	58	55	56	76	83	70	>50	7/7	-42	-57	-52	-50	-105	-110	<-40	6/6

表 5 长江下游晚稻丰歉年最高空 500hPa 环流特征差异对比分析

年型	丰年										歉年							
	1959	1964	1966	1967	1969	1978	1979	1982	优势	拟合率	1957	1974	1975	1976	1980	1981	优势	拟合率
年份																		
2-3月南向环流指数距平(%)	45	-22	82	3	3	9	53	1	>0	7/8	-45	-35	4	-11	-44	-17	<0	5/6
6月副高脊线位置距平	-2	0	-2	-1	-3	0	-1	-1	<0	6/8	0	2	2	2	3	0	≥0	6/6
1-5月副高面积指数距平和	18	-7	14	-32	33	38	33	6	>0	6/8	-28	-38	-29	-31	29	40	<0	4/6
晚稻气象产量(斤/亩)	83	84	62	85	47	75	113	70	>50	7/8	-62	-59	-67	-38	-150	-157	<-50	6/6

2. 长江下游晚稻年景环流模式

长江下游晚稻的主要生长期在 7—10 月。最近三十年中丰歉两类年型的高空环流特征差异在表 5 中作了对比分析。图 3 还描写了春夏季节极涡中心强度连续演变在晚稻两类年型的差异。概括起来,晚稻年景的高空环流模式是:冬春之际(2、3 月)亚洲地区纬向环流指数偏高,初夏(6 月)副高位置偏南且前五个月(1—5 月)副高偏强,北半球极涡强度由 3 月偏强演变为 8 月偏弱,这种形势对应长江下游晚稻后期光热条件有利,是丰年年景;反之,冬春之际亚洲地区纬向环流指数偏低,初夏副高位置偏北且前五个月副高偏弱,极涡强度由 3 月偏弱演变为 8 月偏强,这种形势对应晚稻后期光热条件较差,是歉年年景。历史拟合达 85%。上述分析中还可以看出大型环流的“季节振动”^[19]有显著表现。

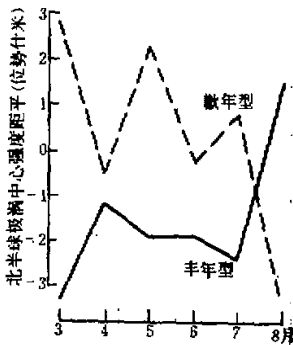


图 3: 长江下游晚稻年景前期 3—8 月北半球极涡中心强度演变差异对比
实线: 丰年平均, 虚线: 歉年平均

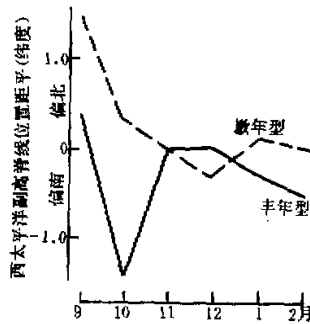


图 4 华南水稻年景前期 9—2 月副高脊线位置演变差异对比
说明同图 3

另外,图 4 还描述了华南水稻两类年景对应的前期秋冬季节西太平洋副高脊线位置连续演变的差异。可见自上年 10 月至当年 2 月副高位置演变由大幅度偏南(10 月)转为正常或稍偏南(12—2 月)占优势时,对应丰年年景;反之,由大幅度偏北(9 月)转为正常附近(12—2 月)占优势时,对应歉年年景。这一高空环流模式可以同上述气压模式配合使用。

四、结 束 语

上述分析表明,分区域(大范围产粮区)的作物年景趋势是在特定的大型环流影响下通过大型天气类型作用而形成的。具有这种影响的大型环流时空背景是广阔的,从秋冬季节延续到春夏季节;从极地、中高纬到低纬、赤道附近乃至南半球;在大陆和大洋上;低空和高空,确实存在着相互有联系的并具有预报意义的前期环流特征信息。在不同产粮区或不同作物和熟制之间,环流特征信息是有差异的。因此,应根据时空分布特征考虑相应的区域和不同作物的年景环流模式;有时还要考虑不同阶段的可能变化情况。

从长期和总体看,研作我国(综合全国主要产粮区)粮食作物年景的环流模式,可以考

虑这样一些重要信息:多数丰年年景,自冬季至春夏发生亚洲大陆高压由偏强转偏弱,高空纬向型环流占优势,西太平洋副高前期势力偏强、位置偏南偏东,后期转为偏弱、偏南偏西;还反映在南半球印度洋上气压偏高,大洋洲至中太平洋一带气压偏低。在这种大型环流形势下,我国多数产粮区雨水调匀适度、光热状况较有利,歉年年景的环流形势正相反,我国往往出现南涝北旱,农业气象灾害频繁。

环流模式收集的信息是运用长期分析方法得出的宏观趋势,这些宏观信息如何引进某季作物的年景预报模式,然后具体制作年景预报和投入应用,还应有一个综合处理和模拟试验的过程,其中一些技术环节需另作研究解决。我们曾根据以上分析,试制了一些年景预报模式,例如采用贝叶斯多级判别方法,输入五个环流因子(x_1 ——2月北极涡500 hPa强度距平, x_2 ——2—3月亚洲地区环流指数距平差 $\Delta I_Z\% - \Delta I_M\%$, x_3 ——6月副高脊线纬度距平, x_4 ——1—5月副高面积指数月距平累计, x_5 ——1—5月副高西伸脊点经度月距平累计)建立嘉兴晚稻四级年景预报模式,1963—1982 20年历史样本的模式回拟拟合达80%(一级不差),差一级拟合达100%。试报1983、1984、1985 3年基本正确,模式效果不错,年景预报的起报时间在7月初(晚稻秧苗期)。

参 考 文 献

- [1] 王积棠,1981,产量预报方法研究(二)——气象产量,农业气象科学,第1期, p.6—9.
- [2] 汪铎,1982,作物气象产量探讨(一)——气象产量的统计学特征,农业气象科学, Vol. 2 No. 2, p. 30—35.
- [3] 汪铎,1985,作物气象产量探讨(二)——气象产量的主要因子分析,农业气象, Vol. 6, No. 4, p. 45—49.
- [4] 汪铎,张镔,作物年景的天气类型分析(即将发表).
- [5] 汪铎,1981,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, p. 349—360.
- [6] 汪铎,张镔,1984,长江下游地区谷物天气产量变化与大型环流准周期振动的分析,气象学报, Vol. 42, No. 1, p. 99—109.
- [7] 汪铎,张镔,1983,我国北方和西南一些地区谷物天气产量变化与大型环流长期振动的分析,气象学报, Vol. 41, No. 4, p. 460—471.
- [8] 汪铎,张镔,1984,我国华南谷物天气产量变化与大型环流准周期振动的分析,热带气象,创刊号, p. 47—57.
- [9] 汪铎,张镔,1986,我国“环流-天气气候-谷物天气产量”体系的长期振动,大气科学, Vol. 10, No. 3, p. 318—326.
- [10] Steyaert, L., T., et al., 1978, Atmospheric pressure and wheat yield modeling, Agric. Meteorol., Vol. 19, p. 23—34.
- [11] 卢志光、张宏名,1983,北京冬小麦产量长期预报方法,农业气象, Vol. 4, No. 3, p. 1—4.
- [12] 赵四强,1983,欧亚大气环流和北太平洋海温与我国粮食产量,农业气象, Vol. 4, No. 3, p. 1—5.
- [13] 吉书琴,1982,水稻产量预报——天气模式,气象,第10期, p. 29—31.
- [14] 汪铎等,1982,试用环流特征因子作丰歉年景预报,气象,第4期, p. 18—19.
- [15] 汪铎,张镔,1984,大型环流“季节振动”的统计分析及其应用,气象,第11期, p. 10—13.