

全球粮食气象产量及其与降水量变化的关系*

张金艳 李小泉

张 镔

(国家气象中心,北京 100081)

(北京大学地球物理系,北京 100871)

提 要

利用全球 150 个国家和地区 1951~1985 年(部分国家为 1951~1991 年)小麦和水稻的原始产量及降水量资料,分析了小麦和水稻气象产量的特征、全球粮食气象产量与降水量变化的关系。结果表明,气象产量的贡献约占作物产量的 3%~14%,且小麦和水稻气象产量占作物产量比重的分布具有明显的地域性。气象产量大都服从正态分布,其长期变化在地域性分布上有一定的规律,在时间分布上存在准 12 年、准 8 年和准 2 年周期。气象产量同降水量关系密切,欧洲、非洲中南部和南美洲大部的小麦气象产量与年降水量呈反相关,而非洲北部和中东则呈正相关,除非洲西部、孟加拉国和黑海附近等少数地区外,全球大部分国家和地区水稻气象产量与降水量呈明显的正相关。

关键词:气象产量 降水量 周期性

引 言

作物产量和天气气候变化的关系非常密切,我国有不少学者研究了我国作物产量同天气气候变化的关系^[1~3],汪铎和张镔提出了我国“环流-天气-气象产量”系统(CWH)的概念模型。国外也有许多人研究了他们各自国家作物产量同天气气候变化的关系^[4],但是从全球的角度研究作物产量同天气气候变化关系的工作却不是很多。本文就是利用目前获得的全球作物产量资料,研究全球范围内作物产量同降水量的关系,从而为研究全球范围内“环流-天气-气象产量”系统的特征准备条件。

1 作物气象产量的分析

1.1 气象产量的定义及计算

使用联合国粮农组织 FAO Yearbook 中全球 150 个国家和地区的小麦和水稻年产量资料,其中法国、意大利、前苏联、印度、埃及、南非、加拿大、美国、墨西哥、阿根廷、澳大利亚等 11 个国家为 1951~1991 年(加拿大只种植小麦,南非水稻资料代表性差而舍弃),其他国家的资料为 1951~1985 年。

作物产量的时间序列,可以认为是平稳变化项(Y_t)和显著波动项(Y_w)的合成,即:

* 1998-03-20 收到,1998-06-21 收到修改稿。

$Y = Y_w + Y_t$. 对原始作物产量作3次5年滑动平均得到趋势产量, 然后从原始作物产量中扣除趋势产量, 就得到了气象产量. 运用这种方法, 计算历年各国作物产量的气象产量.

1.2 气象产量的统计分析

(1) 气象产量的若干统计特征 表1给出了主要产粮国家小麦和水稻气象产量绝对值的平均值(\bar{Y}_w)、均方差(S_w)以及它们与实际产量平均值(\bar{Y})的比. 由表可见, 上述地区粮食作物气象产量具有以下统计特征: ①世界主要产粮国家作物气象产量的贡献, 一般占该作物实际产量的3%~14%, 个别占17%. ②小麦同水稻比较, 法国、意大利小麦气象产量的贡献小于水稻气象产量, 前苏联、美国、阿根廷以及澳大利亚小麦气象产量的贡献则大于水稻气象产量, 而印度、埃及及墨西哥二者大体相当. ③不同地区小麦气象产量比较, 南非、加拿大、澳大利亚小麦气象产量贡献较大, 其他地区则较小. ④不同地区水稻气象产量比较, 法国、意大利、澳大利亚水稻气象产量贡献较大, 其它地区较小. ⑤按国家而言, 埃及和美国的小麦、水稻气象产量贡献最小, 其次是印度和墨西哥, 最大的是澳大利亚和法国.

这可能主要是不同地区天气气候条件的差异及影响程度的不同所造成. 同时, 不同作物对天气气候的反应和敏感程度也不同.

表1 主要产粮国家作物气象产量的统计特征(kg/hm²)

	作物	\bar{Y}_w	S_w	\bar{Y}_w/\bar{Y}	S_w/\bar{Y}		作物	\bar{Y}_w	S_w	\bar{Y}_w/\bar{Y}	S_w/\bar{Y}
法国	小麦	252.92	305.81	0.07	0.08	澳大利亚	小麦	166.76	211.23	0.13	0.17
	水稻	424.03	548.53	0.11	0.14		水稻	450.37	557.34	0.07	0.09
意大利	小麦	109.18	141.29	0.05	0.06	印度	小麦	56.18	70.57	0.05	0.06
	水稻	341.55	445.52	0.07	0.09		水稻	89.79	107.73	0.05	0.06
前苏联	小麦	118.08	155.86	0.09	0.12	埃及	小麦	102.42	147.29	0.03	0.05
	水稻	88.24	114.95	0.03	0.04		水稻	161.74	199.30	0.03	0.04
美国	小麦	78.08	103.66	0.04	0.05	墨西哥	小麦	140.05	180.42	0.05	0.07
	水稻	128.53	155.29	0.03	0.03		水稻	140.84	196.68	0.05	0.07
阿根廷	小麦	133.39	171.09	0.09	0.12	南非	小麦	97.42	124.71	0.10	0.13
	水稻	166.84	204.33	0.05	0.06		加拿大	小麦	187.08	235.35	0.11

(2) 作物气象产量的总体分布特征 长时间大范围平均的温度、降水量等气象变量, 多数遵从或近似遵从正态分布^[5]. 那么, 作为年度气象条件影响结果的气象产量是否也近似地遵从正态分布呢? 同时, 对气象产量进行统计分析时, 采用的各种统计方法常需要对变量作正态分布的假设. 为此, 对计算所得的作物气象产量, 用峰度系数和偏度系数检验法^[6]进行正态分布检验. 检验结果表明, 气象产量的总体分布, 大都可以看作是遵从正态分布的.

(3) 作物气象产量的周期 用功率谱方法^[5]分析作物气象产量长期变化的周期分布特征并进行显著性检验. 结果表明, 作物气象产量存在3种主要周期, 即12年、8年和2年左右.

作物气象产量的振动主要是由天气气候的变化所引起的, 它们的周期变化, 应与天气气候变化的规律一致. 从年际和10年际时间尺度来说, 导致气候变化的因素可能有3类, 即天文因子、海气关系和大气内部因子. 众所周知, 太阳活动有明显的准11年周期, 厄尔

尼诺有 5~6 年的周期,大气环流和气候要素的准两年周期(QBO)^[6]也是很明显的.作物气象产量的周期与上述 3 种周期大体相当.

(4)两种作物气象产量的相关性 计算全球主要产粮国小麦和水稻气象产量的相关系数.在欧洲,除前苏联、阿尔巴尼亚、罗马尼亚外,小麦气象产量和水稻气象产量大多以反相关为主.在亚洲,除土耳其、伊拉克和韩国外,小麦气象产量和水稻气象产量大多数以正相关为主.在非洲的大西洋东岸临赤道附近为反相关,其它为正相关.南美洲阿根廷、巴西、厄瓜多尔小麦气象产量和水稻气象产量为反相关,巴拉圭、乌拉圭小麦气象产量和水稻气象产量为正相关.北美、澳大利亚为弱的反相关.

2 作物气象产量与降水量的相关分析

从全球粮食产量的资料中,选出主要粮产区资料年代比较长、有代表性的 54 个国家的资料,统计它们的作物气象产量与降水量的关系.考虑到各个国家作物的生长季节各不相同,且受所用资料的限制,首先用年降水量来研究作物气象产量与降水量的关系,即从各国的主要产粮区中选出 3~4 个代表站,将它们的年降水量资料与该国的粮食的气象产量作相关分析,并对相关系数作显著性检验,结果如图 1 和图 2 所示.

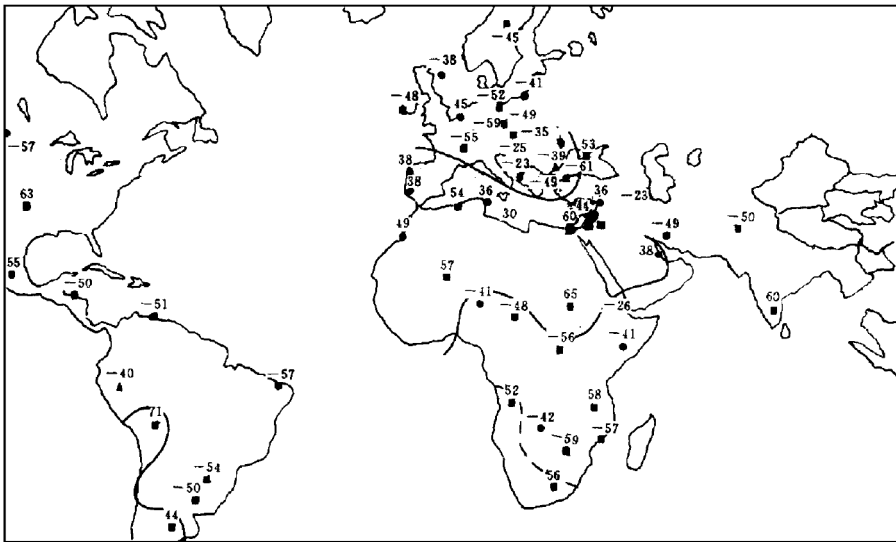


图 1 全球小麦气象产量和降水量的相关图

(图中数字为相关系数,已扩大 100 倍. ■信度>1%, ●信度为 1%~5%, ▲信度为 5%~10%,下同)

2.1 小麦气象产量与降水量的关系

崔读昌^[7]指出,世界各地小麦生长状况表明,光照条件对小麦不是限制因子,如中国的四川盆地小麦生育期日照时数很少,太阳总辐射量也少,但仍能满足小麦生育需要,而温度、降水量则成为制约小麦生育和产量形成的关键气象因子.

从图 1 可以看出,全球小麦气象产量和降水量的关系大致可以分为 4 个区:①欧洲地

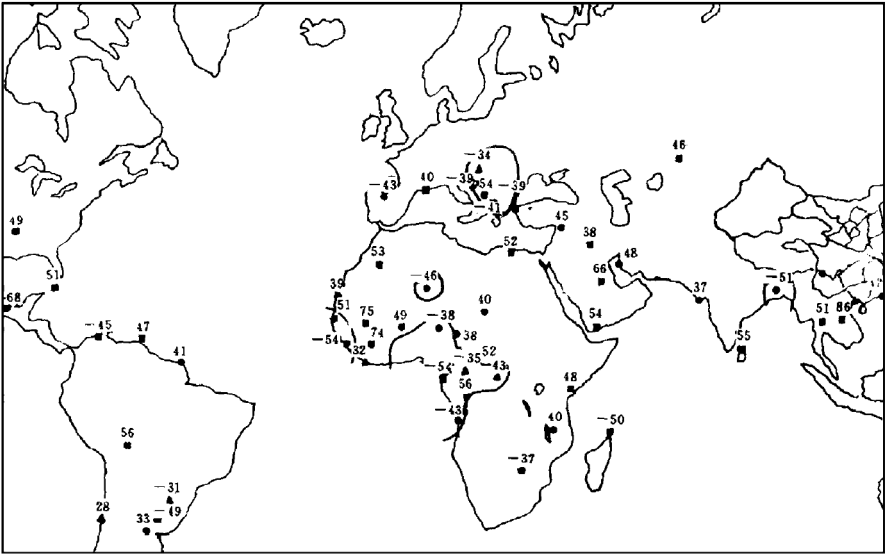


图2 全球水稻气象产量和降水量的相关图(说明同图1)

区,小麦气象产量和降水量呈反相关,即降水量偏多(处于多水时期)时,小麦气象产量偏低,降水量偏少时,小麦气象产量偏高。②非洲北部和中东地区,小麦气象产量和降水量呈正相关。③非洲中南部的大部分地区,小麦气象产量和降水量呈反相关。④南美洲大部,小麦气象产量和降水量呈反相关。此外,北美洲的主要国家美国以及印度小麦气象产量和降水量呈正相关,中亚和东北亚是反相关。

小麦是喜干燥气候的植物。整个欧洲地区,在小麦生长季节,往往不乏水分供应,降水过多,反而不利小麦的生长、成熟。崔读昌^[7]指出,法国的降水对小麦总体来说是降水过多型。以1972年(少水年)和1977年(多水年)两个具体年份,分析少水年、多水年降水的分布对小麦气象产量的影响。

图3给出了法国多水年与少水年的降水量(R)分布。从图中可以看出,多水年的1977年在1~4月和9月降水偏多,而5~8月和10月则降水偏少;少水年的1972年降水分布较均匀,大部分月份降水偏少,其中在2~4月、9~10月处于降水谷值时段,仅5月、8月、11月降水接近正常或偏多。法国小麦生长的物候期^[7]为11月上旬至下旬播种,7月上旬至下旬进入成熟期,生育期日数为260日左右。对比不同生育时期北京的小麦需水量分布

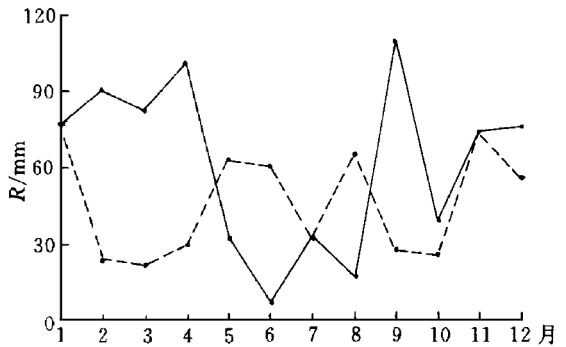


图3 法国典型多水年(实线:1977年)和典型少水年(虚线:1972年)降水量月际分布曲线(单位:0.1 mm)

图^[8](图略)可知,法国的小麦物候期大致比北京晚一个月,约在 11 月至次年 4 月出苗、分蘖、休眠、返青,处于需水少期,而 5 月中旬至 7 月上旬或下旬处于拔节—抽穗、抽穗—成熟期,需水量较大.从图 3 中可以看出,在需水量较少的时期,多水年的降水量很多,在需水量较多的时期,多水年的降水反而偏少,显然不利于小麦的生长、发育、成熟.而少水的年份,在小麦需水不多的生长季节降水不多,相应光照、温度条件可能较好,而需水较多的时期,降水增加,能够满足需要,从而造成法国的小麦气象产量和降水量的变化呈相反的变化趋势.我们对其它国家和地区小麦气象产量和降水量的关系也进行了分析,在此从略.

2.2 水稻气象产量与降水量的关系

从图 2 的全球水稻气象产量和降水量相关分布可以看到,大部分国家和地区水稻气象产量与降水量呈明显的正相关关系,这可能是由于水稻是喜温喜水作物,一般来说,降水量多的年份,水分供应充足,有利水稻增产.降水量少的年份,水分供应不足,容易发生干旱,导致水稻减产.这种情况,在降水较少、气候干旱的地区,如中东、近东、北非等地的阿尔及利亚、土耳其、叙利亚表现最为明显,沙特阿拉伯水稻气象产量与降水量的相关系数达到 0.66,信度超过 0.01.

从图 2 还可以看到,有 3 个地区水稻的气象产量和降水量呈反相关,即非洲西部、孟加拉国及黑海附近地区.

(1)非洲西部,包括几内亚、加蓬、喀麦隆、尼日利亚、利比利亚等国,水稻播种期一般在 5~6 月,成熟期在 9~10 月,生育期为 120~140 日.这里是非洲热带季风气候区,年平均降水量 1000~3000 mm,正常情况下,即使降水偏少,也能满足水稻生长的需要,而在降水量特多的年份,由于降水量过多,造成稻田长期淹水,根系发育不良导致减产.

(2)孟加拉国位于南亚次大陆的恒河三角洲,是世界主要水稻产区之一,年雨量 2000~3000 mm,东部达卡附近可达 3500~5000 mm,是世界上雨量最多的地区之一.该国雨季(5~10 月)和旱季(10 月到次年 4 月)分明,雨季降雨集中,也正是水稻生长的季节^[9].因此,在雨季明显的年份,特别是遇到飓风袭击,降水集中,常导致洪水泛滥,水稻减产.

(3)黑海附近地区,包括罗马尼亚、南斯拉夫、匈牙利等国,水稻气象产量和降水量的关系也呈反相关.

3 结 论

(1)气象产量反映出年和几年时间尺度上天气气候因子对作物产量的影响,一般为作物产量的 3%~14%,且小麦和水稻气象产量占作物产量比重的分布具有地域性,大都遵从正态分布.气象产量的长期变化在地域上有一定的规律性,时间变化存在 12 年、8 年和准 2 年周期.这可能与太阳活动的 11 年周期、厄尔尼诺现象和大气环流的准两年周期振动有关.小麦气象产量与水稻气象产量的相关关系有明显的地域性:欧洲、非洲的大西洋东岸附近和南美洲多为反相关,而亚洲、前苏联、中近东地区多为正相关.

(2)全球小麦气象产量与降水量的关系大致可分为 4 个区域:欧洲地区,小麦气象产量与降水量呈反相关;非洲北部和中东地区,小麦气象产量与降水量呈正相关;非洲中南

部大部分地区,小麦气象产量与降水量呈反相关;南美洲大部,小麦气象产量与降水量呈反相关。

(3)全球水稻气象产量与降水量的关系除在非洲西部、孟加拉国及黑海附近外,大部分国家和地区水稻气象产量与降水量呈明显的正相关关系。

参 考 文 献

- 1 王馥棠. 农业气象产量预报概述. 气象科技, 1983, (2): 36~41.
- 2 蓝鸿第. 我国产量预报工作近况. 农业气象, 1984, 5(4): 20~25.
- 3 张鐸, 汪铎. 气候振动对作物产量影响的分析研究. 见: 邓根云主编. 气候变化对中国农业的影响. 北京: 北京科学技术出版社, 1993. 419~466.
- 4 Steyaert L T, et al. Atmospheric pressure and wheat yield modeling. *Agri. Meteor.*, 1978, **19**: 23~34.
- 5 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社, 1989. 28~34, 312~317.
- 6 王绍武, 赵宗慈. 长期天气预报基础. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 42~49.
- 7 崔读昌. 世界农业气候与作物气候. 浙江: 浙江科学技术出版社, 1994. 62~93.
- 8 龚绍先. 粮食作物与气象. 北京: 北京农业大学出版社, 1988. 68.
- 9 最新世界地图集. 北京: 中国地图出版社, 1995. 23~24.

THE CHARACTERISTICS OF WEATHER YIELD FOR GLOBAL CROP AND ITS RELATIONSHIP WITH PRECIPITATION

Zhang Jinyan Li Xiaoquan

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Zhang Tan

(Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract

Using the original crop yield (wheat and rice) data and the precipitation data of 150 countries from 1951 to 1991, the characteristics of weather yield for wheat and rice and its relationship with precipitation are analysed. The results show that the weather yield contributes to 3% ~ 14% of total crop yield, and the distributions of proportion between them have obvious regional features. The weather yield obeys normal distribution. There exists the certain law for the long-term of weather yield in regional distribution. The weather yield is in close association with precipitation.

Key words: Weather yield Precipitation Periodicity