

我国粮食产量气象分量的周期波动初探

王馥棠 王石立

(气象科学研究院)

提 要

本文应用功率谱、周期图和方差分析等方法探讨了全国及部分代表省(区)粮食单产中气象分量的中短周期波动。发现各地气象分量的谱分布基本相似,普遍存在4—6年及其倍数的周期波动。同时,各地表现又略有不同,由南往北周期逐渐变长。通过与农业气象热量因子以及粮食产量增减产年历史演变的周期波动的比较,似可初步推理为,热量因子的周期波动影响了气象产量的周期波动,从而导致作物产量的周期演变。这一初步推理为我国粮食产量的气象预测预报的基础研究和实践应用提供了参考依据。

气象产量的预测是粮食产量气象统计预测预报中的重要组成部分^[1,2]。近年来,作物产量的气象预测预报作为气象为农业生产服务的一种途径,近年来在我国取得了迅速的发展。因此,分析探讨气象产量的历史演变特征及其可能机制,有着重要的理论意义和实用价值。

本文以全国及部分代表省(区)的粮食单位面积产量* (以下简称单产)为例(1949—1985),应用功率谱、周期图和方差分析等方法探讨了粮食单产中气象分量(即气象产量)的中短周期波动,并将其与早先有关农业气象热量因子和粮食生产(增减产变化)准周期波动的研究结果相比较^[3,4],以期显示出可能存在的周期波动关联机制,为我国粮食产量的气象预测预报的基础研究和实践应用提供一些参考依据。

一、方法思路

在天气-产量的分析模拟中,环境气象因子对作物产量的影响,在时间序列上是一个由次数有限的离散值构成的随机过程,通

称气象产量 Y_w 。一般,可按式求得^[1]:

$$Y_w = Y - Y_t - \Delta Y \quad (1)$$

式中, Y 为单产; Y_t 为趋势产量; ΔY 为随机“噪音”,在具体计算中,由于变化微小,常忽略不计。

为了获得功率谱等分析所需要的近于平稳的时间序列输入量 Y_w ,经试验比较,笔者以直线滑动平均处理^[5]求取了 Y_t ,即:

$$Y_i(t) = a_j + bt \quad i=1,2,3,\dots,n-k+1(2)$$

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q Y_i(t)$$

$$j=1,2,3,\dots,q \quad (3)$$

式中, n 为序列样本个数, k 为滑动步长, i 为方程个数, t 为时间序号, q 为每个 t 点上的函数值个数。当 $k < \frac{n}{2}$, q 分别为1, 2, ..., k , ..., k , ..., 2, 1; 当 $k \geq \frac{n}{2}$, q 分别为1, 2, ..., $n-k+1$, $n-k$, ..., 2, 1。 $Y_i(t)$ 为第 i 方程 t 时刻

* 单产资料取自于“中国农业年鉴”和各省(区)的农业统计年报(鉴)。

的 Y_t 值, $\bar{Y}_t(t)$ 为第 t 时刻 Y_t 的平均值。结合作物产量的历史演变特征[4], 本文取步长 $k=7$ 。

鉴于影响粮食产量的因素和机制的地区差异, 为避免其对波动共性的干扰, 参照文献[4], 将各气象产量序列按丰(5)、偏丰(4)、平(3)、偏歉(2)和歉(1)五级转换为气象产量等级时间序列。

本文以功率谱为主, 引证周期图和方差分析的结果探讨其可能的定量特征。各具体计算公式和步骤请参见文献[3, 2, 6]。在谱分析之前, 还对 Y_w 序列进行了3年滑动平均处理, 使之能更好地显示出主要的周期波动特征。上述各项分析均进行了显著性检验; 其最大后延均取为 $n/3$ 。

二. 结果特征

1. 从图1中可以看出, 经过上述趋势处理后所获得的 Y_w 序列已经可视为近于平稳的时间序列输入量, 进行功率谱分析(图1a), 但 Y_w 3年平滑预处理仍有一定的改进效果, 使序列变得更平稳, 谱峰更明显(图1b)。图

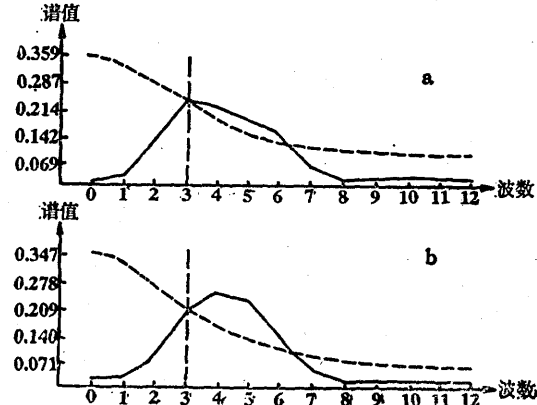


图1 气象产量(Y_w)的未平滑(a)及经3年平滑(b)的谱分布
实线为谱分布, 虚线为95%置信限的标准谱上界

1a和图1b的主要波动周期均为4.8、6.0和4.0年; 仅8.0年周期的谱值略有波动; 由图1a的略大于变为图1b的略小于标准谱的上界值,

而8.0年周期是4.0周期的倍数周期, 故实际影响不大。

表1 全国和部分省(区)粮食产量气象产量的谱分析周期

地 区	最大后延	主要周期(年)	对应波数
全 国	12	4.8 6.0 4.0	5 4 6
黑 龙 江	12	4.8 4.0 6.0	5 6 4
吉 林	12	4.8 4.0	5 6
辽 宁	12	4.0 4.8	6 5
山 东	10	6.7 5.0	3 4
山 西	12	6.0 4.8	4 5
河 南	12	8.0 6.0	3 4
湖 北	12	8.0 6.0 4.8	3 4 5
湖 南	12	6.0 4.8	4 5
江 西	12	4.8 4.0	5 6
四 川	12	8.0 6.0	3 4
广 西	12	6.0 8.0	4 3
浙 江	12	6.0 4.8 8.0	4 5 3

2. 表1列出了经3年平滑处理后的谱分析结果, 各主要周期均通过了95%置信限的红噪声或白噪声检验。从中可以明显地看出:

(1) 无论是全国还是各省(区)的粮食单产, 其气象产量的谱分布基本相似, 呈单峰型(图略), 谱峰集中在4.0—8.0年周期, 即3—6波的区间内, 尤以4.0—6.0年的周期波动为主。

(2) 各地区的谱分布略有不同: 东北区以4.0与4.8年周期波动为主; 华北以4.8与6.0年周期波动为主; 华中和西南又以6.0与8.0年周期为主; 地处华东沿海的浙江, 其周期波动颇类似于华北; 而位于华中与华东交界处的江西, 其主波却与东北类同。可见, 我国气象产量的谱分布具有由北往南峰态左移, 向低频波区偏移的特征, 即由高频短中周期波动逐步变为低频中长周期波动, 也就是说, 由北往南周期逐渐变长(图2 a、b、c)。

(3) 就全国单产而言, 主要的周期波动为4.8与6.0年, 4.0年周期次之, 这种分布与各省(区)的周期分布是完全一致的。

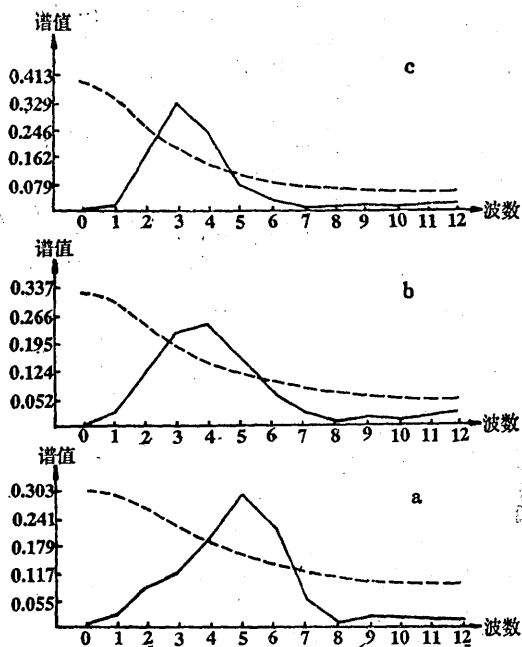


图2 吉林(a)、山西(b)和湖北(c)气象产量等级的谱分布

3. 等级化时间序列的谱分析结果基本与上述结果相一致(表2)。只是在全国单

表2 全国和部分省(区)粮食单产气象产量等级序列的波动周期(年)

地 区	功率谱	周期图	方差分析
全国	6.0 8.0	8 6	7 9
黑龙江	4.8 4.0 6.0	4 5 7	4 5 9 7 6
吉林	4.8 4.0 6.0	5 4 9 6	5 4 9 6
辽宁	4.0 4.8	9 4 6 5	9 4 5 6
山东	6.7 (5.0)*	9 7	9 13 2
山西	6.0 4.8 8.0	6 9 5 4	8 10 4 17
河南	8.0 6.0	8 4 6 12	1 13
湖北	8.0 6.0	9 7 5 6	5 7
湖南	4.8 6.0	5 6 4	16 13
江西	4.8 6.0	8 5	9 6 4
四川	8.0 6.0	9 7 12 4 6	12 9 7 17
广西	6.0 8.0 4.8	7 6 12 5	7 6 10 4 11
浙江	6.0 4.8(8.0)	7 5 9	5 7

* 括弧内的值为十分接近标准谱上界的周期值

产气象产量序列中, 8.0年周期显得更显著, 成为仅次于6.0年的第二主要周期; 而江西序列的变化也显得更为合理, 更符合

生产实践, 即与地处华中南部的湖南相一致。这说明等级化序列的分析在一定程度上可以减弱(甚或消除)诸多地区因素对波动共性的干扰, 取得更为真实的可资比较的效果。

4. 就全国单产 Y_w 的波动周期看, 各种分析结果似略有差异, 实际上还是相当一致的, 周期图分析只是更突出了8.0年周期, 而方差分析的结果均较谱分析周期约长1年。这表明全国单产的 Y_w 波动较各省(区)的波动稳定和集中; 在一定程度上, 能反映出各省(区) Y_w 波动的共性。

5. 从表2中还可以看到, 尽管各种周期分析技术处理有所不同, 各序列的样本数也不完全等同, 但4—6年及其倍数的周期波动却普遍存在, 只是各地区的表现略有不同: 东北, 4—5年周期最为典型; 华中以5—6年或4年的倍数周期为主; 西南却表现为6—7年或6年倍数的周期波动。这些结果基本上例证了上述谱分析结果的客观存在。

三、分析讨论

结合笔者早先有关“农业气象热量因子具有7—8年和2—3年的周期波动, 尤以8年周期最为显著”〔3〕, “我国粮食生产的历史演变具有较明显的准4年及其倍数周期波动”以及“积温距平等级与气象产量等级…两者大致有相对应的周期性”〔4,7〕等研究结果, 似可初步假定推理如下: 我国粮食生产的年际波动与气象产量的周期波动有关, 后者在众多的影响因素中, 主要受制于作物生长发育主要环境气象条件之一的热量因子的周期波动, 即热量因子的周期波动影响气象产量的周期波动, 导致作物产量的周期演变。这一相关链的内在和具体联系机制尚待进一步研究阐明。在目前尚难以确切地定量阐明作物产量周期波动与品种特性及农技措施年际变化相关联的时候, 上述的假定推理在某程度上正说明, 在当前社会和

科技发展的历史阶段中,气象条件是影响粮食生产波动众多因素中最活跃的一个环境因素;而就影响作物生长发育的三个主要气象因素——光、温、水来说,由于目前大田作物群体生产的光能利用率尚很低(仅占总光能的1—3%),而大气降水又十分多变,因此作物产量的周期波动很有可能是由环境热量条件的周期变化所致。本文的结果作为一个新的具体的例证,其意义是不言而喻的。

参考文献

(1) 王馥棠,我国小麦产量农业气象预测模式的初

- 步研究,科学通报,28(1983)9,564—567.
(2) 王馥棠,产量预报方法研究(2)—气象产量,农业气象预报文集,气象出版社,1973,1—5.
(3) 王馥棠,10°C积温及其持续期的中短期分析,气象学报,39(1981)3,341—348.
(4) 王馥棠,近百年我国积温的变化与作物产量,地理学报,37(1982)3,272—280.
(5) Полевая А. Н., Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, Метеорология и гидрология, 1981, No. 2.
(6) 屠其璞等,气象应用概率统计学,气象出版社,1984.
(7) 王馥棠、王石立,近40年我国粮食产量历史演变特征的初步分析(将发表)。

A preliminary study on the periodicity of meteorological components related to crop yield

Wang Futang Wang Shili

(Academy of meteorological Science)

Abstract

In this paper the midium and short periodic fluctuations of meteorological components related to crop yield in China are discussed by means of spectrum analysis, periodogram and variance analysis. It is shown that the spectral distributions in different parts of the country are basically similar and particularly occur in a period of about 4—6 years and even twice of the period. It could be deduced that the fluctuations of agrometeorological thermal factors influence the periodic fluctuations of the meteorological components related to crop yield and hence result in periodic variations of crop yield.