

研究论文

中国粮食总产量结构分析 与丰歉评估^①

王建林 太华杰

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

对中国粮食总产量的结构分析表明:① 粮食作物平均单产的变化在粮食总产量的变化中约占 2/3 以上,起着决定性的作用;② 50 年代以来,小麦、玉米产量在粮食总产量中的份额呈增加之势,而水稻所占份额相对稳定,大豆等其它作物的份额则有下降趋势;③ 就主要粮食作物单产而言,一季稻的产量为最高,小麦产量的增长为最快。通过分析中国粮食作物平均单产的丰歉与气象条件的关系发现:西北和东北地区的降水量、华北地区的积温与产量丰歉关系密切,依此建立的产量丰歉评估模型的准确率可达 85% 以上。

关键词: 中国 粮食总产量 结构分析 丰歉评估

引 言

我国地域辽阔,气候迥异,粮食作物种类较多,粮食总产量构成复杂。为了较准确地做好全国粮食总产量的预测,更好地为国家有关部门服务,首先必须了解全国粮食总产量

的构成以及各成分所占的份额。本文拟从各类粮食作物不同时期的单、总产入手,对中国粮食总产量进行结构分析,在此基础上,利用与中国粮食总产量关系较为密切的气象因子,建立一种粮食产量丰歉评估模型。

1 粮食总产量结构分析

1.1 总产量时间变化特征

从1949~1995年,我国粮食总产量大体经历了三个阶段:逐步恢复阶段(1949~1958年)、急剧下降阶段(1959~1961)和稳定增长阶段(1962~1995年)。第一阶段平均每年以8.5%的速度增长,第二阶段则以年平均10.4%的速度急速下降,第三阶段的个别时段尽管有小幅回调,但总体上以年均6.8%的速度稳步增长。详见图1。

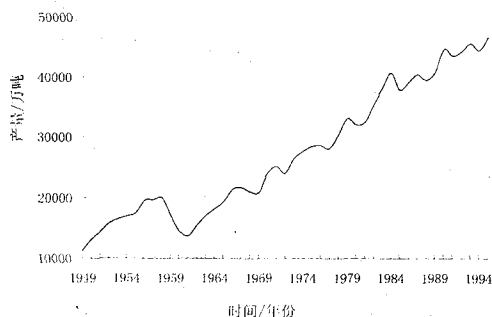


图1 1949~1995年中国粮食总产量变化

粮食总产量是由各类粮食作物的播种总面积及其平均单产共同决定的,即:

$$TY(i) = Y(i) \cdot S(i) \quad (1)$$

式中 $TY(i)$ 为第 i 年粮食总产量, $Y(i)$ 和 $S(i)$ 分别为该年粮食作物的平均单产和播种总面积。若以 $\Delta TY(i)$ 、 $\Delta S(i)$ 、 $\Delta Y(i)$ 分别表示第 i 年与第 $(i-1)$ 年总产量、播种总面积和平均单产的年际变化,则有

$$\Delta TY(i) = TY(i) - TY(i-1) \quad (2)$$

$$\Delta Y(i) = Y(i) - Y(i-1) \quad (3)$$

$$\Delta S(i) = S(i) - S(i-1) \quad (4)$$

根据以上关系, $\Delta TY(i)$ 可以表示为

$$\Delta TY(i) = \Delta Y(i) \cdot S(i-1) + \Delta S(i) \cdot Y(i-1) + \Delta Y(i) \cdot \Delta S(i) \quad (5)$$

即粮食作物总产量的年际变化是由平均单产的年际变化(面积不变)、总面积的年际

变化(单产不变)和二者的交互作用共同影响的。为了分析总面积和平均单产对总产量的平均影响程度,本文利用下列方法^[1]计算式(5)中各项绝对平均值所占的比例:

$$A = \sum_{i=1950}^{1995} |\Delta Y(i) \cdot S(i-1)| + \sum_{i=1950}^{1995} |\Delta S(i) \cdot Y(i-1)| + \sum_{i=1950}^{1995} |\Delta Y(i) \cdot \Delta S(i)| \quad (6)$$

$$AY = \left(\sum_{i=1950}^{1995} |\Delta Y(i) \cdot S(i-1)| / A \right) \cdot 100\% \quad (7)$$

$$AS = \left(\sum_{i=1950}^{1995} |\Delta S(i) \cdot Y(i-1)| / A \right) \cdot 100\% \quad (8)$$

$$AYS = \left(\sum_{i=1950}^{1995} |\Delta Y(i) \cdot \Delta S(i)| / A \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

式中 A 为中间变量, AY 、 AS 、 AYS 分别为平均单产、总面积及其交互作用对总产量变化的影响程度。计算结果为: $AY = 72.80\%$, $AS = 25.84\%$, $AYS = 1.36\%$ 。用同样的方法计算90年代(1991~1995年)三者的影响,结果为: $AY_{90} = 77.32\%$, $AS_{90} = 22.12\%$, $AYS_{90} = 0.56\%$ 。显然,平均单产的变化在粮食总产量的变化中起着决定性的作用。进入90年代以来,这一作用更加明显,而总面积的影响则有减弱之势。

1.2 总产量结构变化特征

中国粮食总产量由双季早稻、一季稻(含中稻)、双季晚稻、小麦(冬、春)、玉米(春、夏)、大豆和其它作物(杂豆、薯类等)产量构成。即

$$TY(i) = \sum_{j=1}^7 (DY(i, j) \cdot DS(i, j)) \quad (10)$$

式中 $DY(i, j)$ 、 $DS(i, j)$ 分别为第 j 类作物的单产和播种面积, j 为表1所列的7类作物, i 为年代。

表1 不同时段主要作物产量占粮食总产量的百分比/%

年 代	双季	一季	双季	小麦	玉米	大豆	其它
	早稻	稻	晚稻				
1951~1960	8.52	26.59	7.08	12.53	—	5.26	—
1961~1970	12.41	22.53	8.76	11.94	—	3.89	—
1971~1980	17.19	15.12	12.66	15.80	16.48	2.66	20.08
1981~1990	12.89	19.21	11.78	21.37	18.65	2.70	13.40
1991~1995	9.69	18.42	12.51	22.50	22.61	2.88	11.39

注:资料来源于国家统计局年报 —:为缺值

从表1可以看出:不同时期各类作物产量在粮食总产量中的百分比是不同的。50、60年代,一季稻所占的比例相对较高;70年代,其它作物占的比例较高,除大豆外的五大作物大体相当;80年代以后,小麦、玉米和一季稻产量的比重处于领先地位。50年代以来,尽管双季早稻、一季稻和双季晚稻所占的比例互有高低,但水稻总体上始终占粮食总产量的40%~45%;小麦和玉米呈逐步增加的趋势;大豆50至70年代快速下降,80年代以后相对稳定;其它粮食产量的比重在逐步减少。

若以 $\Delta DY(i,j)$ 、 $\Delta DS(i,j)$ 分别表示第 j 类作物第 i 年与 $(i-1)$ 年的单产变化和播种面积变化,则 $\Delta TY(i)$ 又可写成

$$\Delta TY(i) = \sum_{j=1}^7 [\Delta DS(i-1,j) \cdot \Delta DY(i,j) + DY(i-1,j) \cdot \Delta DS(i,j) + \Delta DS(i,j) \cdot \Delta DY(i,j)] \quad (11)$$

同样利用式(6)~(9),计算不同时期 $\Delta DS(i,j)$ 、 $\Delta DY(i,j)$ 及其交互作用对粮食总产量变化的影响。结果见表2。

表2 各类作物面积调整和单产波动对粮食总产量变化的影响/%

年 代	面积调整	单产波动	交互作用
1971~1980	22.29	75.27	2.45
1981~1990	24.86	73.76	1.38
1991~1995	35.81	62.48	1.71
平均	27.65	70.50	1.85

由表2可知,各类作物单产的波动是影响粮食总产量变化的主要原因。虽然粮食作物内部种植结构的调整对其总产量变化的影响总体上与总面积的变化对总产量的影响比较接近(不足1/3),但进入90年代后有明显增大的趋势,致使各类单项作物单产波动的总影响有所下降。

综上所述,中国粮食总产量的波动取决于粮食作物平均单产波动及其内部种植结构的调整。粮食总产量丰歉评估的关键是在充分考虑种植结构调整的前提下,对粮食作物平均单产的评估。

2 粮食作物平均单产变化

2.1 粮食作物平均单产时间变化特征

粮食作物平均单产是由各项作物的单产及其播种面积共同决定的。各项作物单产的高低取决于当时的农业技术水平、农业投入和环境因子等因素,就相邻两年而言,单产的变化主要是由相邻两年的气象条件差异决定的^[2]。图2给出了1971~1995年全国粮食作物平均单产 $Y(i)$ 和同期上述六大主要作物平均单产 $Y_6(i)$ 的变化曲线(1949~1970年玉米资料不完整)。

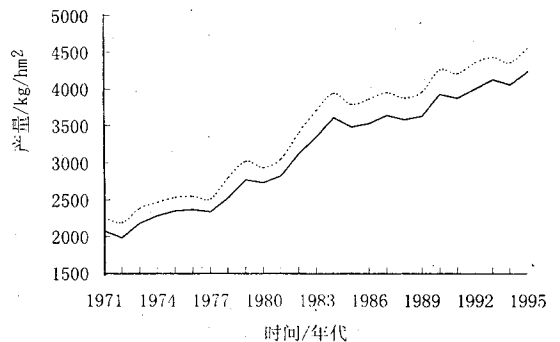


图2 1971~1995年中国粮食作物平均单产与主要粮食作物平均单产对比
实线: $Y(i)$ 虚线: $Y_6(i)$

从图2可以看出: $Y(i)$ 与 $Y_6(i)$ 均呈显著的上升趋势,并始终保持同步变化,1995年与1971年相比,二者分别增加了104.04%和101.89%,平均每年增加4.33%和4.25%,二者的变化特征基本一致。为了便于分析各项作物单产对 $Y(i)$ 的影响(考虑到薯类、杂豆等杂粮资料无法统计),本文用 $Y_6(i)$ 替代 $Y(i)$ 。根据以上关系, $Y_6(i)$ 可用式(12)表示。

$$Y_6(i) = \frac{TY_6(i-1) + \sum_{j=1}^6 [DY(i-1, j) \cdot \Delta DS(i, j)]}{\sum_{j=1}^6 DS(i, j)} + \frac{\sum_{j=1}^6 [DS(i-1, j) \cdot \Delta DY(i, j)]}{\sum_{j=1}^6 DS(i, j)} + \frac{\sum_{j=1}^6 [DS(i, j) \cdot \Delta DY(i, j)]}{\sum_{j=1}^6 DS(i, j)} \quad (i2)$$

式(12)中第一项为第 $(i-1)$ 年六大主要作物的总产量及其第 i 年较 $(i-1)$ 年各单项作物面积的变化对 $Y_6(i)$ 的影响,在产量评估时可以看作常数;第二项为第 i 年与 $(i-1)$ 年相比,各单项作物单位面积产量的变化对 $Y_6(i)$ 的影响,基本上取决于相邻两年气象条件的差异;第三项为各单项作物面积和单产都发生变化时的交互作用对 $Y_6(i)$ 的影响,根据上述分析,该项的影响力较小,可以忽略不计。因此,式(12)可简写成:

$$Y_6(i) = C + \Delta Y_6(i) \quad \text{即} \quad \Delta Y_6(i) = Y_6(i) - C \quad (13)$$

式中 C 为常数,由式(12)第一项求得: $\Delta Y_6(i)$ 为第 i 年与第 $(i-1)$ 年的产量差异,由气象条件的差异评估。

2.2 主要粮食作物单产变化特征

由于各类粮食作物单位面积产量的不同,种植结构的调整,直接影响到全国粮食平均单产的高低。表3给出了70年代以来我国主要粮食作物单位面积的产量。

从表3可以看出:在主要粮食作物当中,水稻的单产普遍较高,其中以一季稻(含中稻)的产量为最高;玉米次之;大豆的单产为最低。从增长情况看,自70年代至90年代前期,各种粮食作物单产均呈稳步增长之势,其中,小麦的增产幅度最大,达108.5%;玉米、晚稻次之,在85%以上;早稻最低,仅30.9%。

表3 不同年代全国粮食平均单产和各单项作物单产/kg·hm⁻²

年代	粮食平均	早稻	一季稻(中稻)	晚稻	小麦	玉米	大豆
1971~1980	2362.2	3943.6	4011.0	3024.8	1623.0	2531.7	1041.0
1981~1990	3470.4	5071.5	5838.0	4572.0	2856.0	3749.0	1323.0
1991~1995	4063.5	5160.9	6486.0	5603.7	3384.0	4737.3	1566.0
增长幅度/%	72.0	30.9	61.7	85.3	108.5	87.1	50.4

注:资料来源于国家统计局年报

3 粮食作物产量丰歉与气象条件

3.1 影响粮食作物产量丰歉的气象因子

气象条件对作物产量的影响是复杂多样的。同一因子,不同地区,其作用不同;同一地区,不同因子,其作用亦不同。就全国粮食产

量而言,气象因子的影响更是多种多样。为了综合、准确、简单地阐述气象条件对全国产量的影响,本文将全国划分为东北、西北、华北、西南、江南、华南六大区域,分别选取5、10、8、3、9、5共40个代表站,分析相邻两年1961

~1995年六大区域1~11月份大于0℃的积温差异和降水总量差异 D_i ($D_i = M_i - M_{i-1}$)与相邻两年产量丰歉($\Delta Y_6(i)$)的关系发现:东北地区的降水、西北地区的降水量和积温、华北地区的积温与全国粮食产量(平均单产)丰歉关系密切。其相关系数见表4。

表4 $\Delta Y_6(i)$ 与相邻两年1~11月 D_i 的相关系数

要素	东北	西北	华北	西南	江南	华南
积温	-0.0530	-0.3032 *	-0.3031 *	0.0483	0.1208	-0.0849
降水	-0.2375 *	0.4630 *	0.1373	-0.0949	-0.0151	0.1515

*:通过 $\alpha=0.2$ 的信度检验 ** :通过 $\alpha=0.1$ 的信度检验

从表4可以看出:南方(西南、江南、华南)的气候条件对全国粮食产量丰歉的影响较小;影响全国粮食产量丰歉的主要天气条件在北方(东北、西北、华北),北方的降水量多少是影响全国粮食产量丰歉的主要因子(尽管华北、西北的积温与全国粮食产量丰歉的关系较大,但其为负相关,即积温越多,单位面积的产量反而下降。这是因为上述地区是干旱多发地区,积温偏多的年份,往往伴随有干旱的发生)。

3.2 粮食作物产量丰歉的气象评估

根据以上分析,选取1~11月东北地区 and 西北地区的降水量、华北地区大于0℃的积温作为影响全国产量丰歉的主要因子。利用^[3]

$$CI_i = Re \cdot PE_i / pe + Rw \cdot PW_i / pw + Rn \cdot TN_i / tn \quad (14)$$

计算1972~1995年三因子对全国粮食产量丰歉的综合影响。式中 PE_i 、 PW_i 、 TN_i 分别为第 i 年与第 $(i-1)$ 年东北地区和西北地区的降水量差异、华北地区大于0℃的积温差异, Re 、 Rw 、 Rn 分别为 PE_i 、 PW_i 、 TN_i 与 $\Delta Y_6(i)$ 的相关系数, CI_i 为第 i 年三因子对全国粮食产量丰歉的综合影响, pe 、 pw 、 tn 分别为东北地区和西北地区1961~1990年30年

平均降雨量、华北地区大于0℃的积温30年平均值。表5给出了各单项因子及其综合作用对全国粮食产量丰歉的影响。

表5 主要气象因子对全国粮食产量丰歉的影响

年代	产量丰歉	东北降水	西北降水	华北积温	综合CI
1972	-4.32	+	-	-	+2.35
1973	+13.04	-	+	+	+0.22
1974	+5.66	+	-	-	-7.44
1975	+4.49	+	+	-	+2.60
1976	+1.10	-	+	+	+14.69
1977	-2.09	-	-	-	-12.81
1978	+21.34	+	+	-	+13.12
1979	+15.02	+	+	+	+5.65
1980	-6.29	-	-	-	-26.90
1981	+8.52	-	+	-	+4.50
1982	+23.97	+	-	+	+1.44
1983	+19.08	-	+	+	+2.88
1984	+15.34	-	+	+	+1.58
1985	-8.85	-	-	-	-5.21
1986	+5.87	+	-	-	-5.13
1987	+5.91	+	+	-	+14.06
1988	-5.45	+	-	+	-3.86
1989	+5.21	+	-	+	+4.84
1990	+19.33	-	+	+	+1.79
1991	-3.83	-	-	+	-18.83
1992	+10.13	+	+	+	+27.66
1993	+12.27	-	+	+	+2.37
1994	-5.42	-	-	-	-21.23
1995	+9.61	+	+	+	+12.11

+:丰产年或气象因子有利,-:歉收年或气象因子不利;产量丰歉单位:kg/hm²

从上表可以看出:1972~1995年24年中2个以上有利因子的年份有15年,对应的丰收年有14年,对应率为93.33%;2个以上不利因子的年份有9年,对应的歉收年有6年,对应率为66.7%;丰歉共计对应率为83.33%。综合影响有利的年份有16年,对应的产量丰收年有15年,对应率为93.75%;综合影响不利的年份有8年,对应的产量歉收年有6年,对应率为75.00%;二者合计对应率为87.50%。进一步说明气象条件的利

弊与产量丰歉有着非常密切的关系。为此,利用式(14)计算主要气象因子的综合影响即可评估全国粮食产量的丰歉。当综合影响有利时,产量为丰,当综合影响不利时,产量为歉。

4 结语

通过对中国粮食总产量的结构分析发现:各主要粮食作物单位面积的产量变化是影响中国粮食产量波动的主要因素;在总面积不变或变化较小的情况下,各主要粮食作物之间播种面积的调整,是影响粮食总产量波动的另一原因,特别是进入90年代以来,这一特征更加明显。为此,在利用气象条件对粮食总产量进行丰歉预测或评估时,一定要

考虑面积调整的影响。本文在粮食总产量结构分析的基础上,建立了一种粮食产量丰歉评估方法,此方法较为简单、实用,具有一定的业务应用价值。但是,这一方法尚属试验性的,还不能进行定量评估,有待于进一步深入研究。

参考文献

- 1 张宇. 近40年来我国粮食产量变化特征初步分析. 中国农业气象, 1995, 16(3): 1~4.
- 2 王建林, 赵四强. 全国棉花产量预报模式. 气象, 1990, 16(5): 26~29.
- 3 王建林, 太华杰. 影响中国棉花产量丰歉的气象指标. 应用气象学报, 1995, 6(supplement): 96~101.

The Analysis of Composition and Assessment of Bumper or Poor Harvest for Total Grain Yield in China

Wang Jianlin Tai Huajie

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

① The variation of the mean grain yield per unit area amounts to two-thirds of change of the total grain yield, and plays a decisive role. ② Since the 1950s, percentages of wheat and maize yield in the total grain yield have been individually tending to increase, rice to relatively stable, but that of soybean etc. to decrease. ③ So far as the principal grain crop yields per unit area are concerned, the yield of single rice harvest is the highest, the increase of wheat yield is the fastest. The relationships between bumper or poor harvest of the mean grain crops per unit area and weather condition suggests that the connections between precipitation of Northwest and Northeast regions, and accumulated temperature of North China and good or bad harvest of the grain crops are intimate. The accuracy of this model established by these factors for assessing good or bad harvest of the grain crops is over 85 Percent.

Key Words: China total grain yield analysis of composition assessing bumper or poor harvest