

全国棉花产量预报模式

王建林 赵四强

(国家气象局气象科学研究所)

提 要

本文旨在建立应用于业务的全国棉花产量预报模式。其基本思路是,将全国棉花产区分成黄河流域、长江流域、西部内陆三大棉区,应用连续两年的产量差和气象要素差分别建立区域预报模式和全国预报模式。

一、引言

我国棉花生产历史悠久,面积和产量均居世界第二位。建国以后,由于党和政府十分重视棉花生产,采取了一系列鼓励植棉政策,棉花生产取得了很大进展。1949年全国棉花种植面积3920万亩,总产量854.7万担,现在全国棉花种植面积已是建国初期的两倍多,总产量是建国初期的8—10倍,皮棉单产也由建国初期的每亩11kg提高到50kg左右。

棉花是喜温好光的经济作物,在国民经济中占有十分重要的地位。棉花产量的高低除与品种特性、土壤肥力等因素有关外,还与气象条件的利弊有着十分密切的关系。此外,病虫害也是棉花减产的重要原因,而病虫害的发生和蔓延也与气象条件有关。所以,根据棉花生长发育与气象条件的关系,研制棉花产量预报模式是可行的。本文简要介绍我国主要棉区农业气候特点,给出了棉花产量的分区和全国预报模式,并进行了试报和效果检验。

二、棉花主产区农业气候特点

我国棉花产量的98%以上集中在黄河流

域、长江流域和西部内陆地区,其中,黄河流域棉花产量占全国总产量的60%以上,其它两个地区棉花总产量分别占全国总产量的30%和7%左右,是我国棉花的主要产区。这三个地区自然条件不同,各自的植棉发展历史和栽培管理技术也不同,各棉区的农业气候特点概括如下。

1. 黄河流域棉区:①光照条件好,年平均日照时数1600—2300小时, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温4000—4500 $^{\circ}\text{C}$,持续期200—230天,可以满足棉花早、中熟品种需要的活动积温。②棉花生育期间(4—10月,下同)降水量为300—650mm,正常年份可敷需要,但由于降水变率大,季节分配不均,在棉花播种一出苗的4、5月份雨量少,加之春温回升快、大风多,土壤蒸发快,容易出现春旱,甚至延长到夏初,是棉花生长的主要不利因素。③7、8月间降水集中,能够满足棉花需水关键期的需要,但局部低洼地区往往形成涝害,有时也会出现阴雨天气,引起棉花烂铃、落铃,导致减产。

2. 长江流域棉区:①水热条件远比黄河流域棉区优越, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温4500—5500 $^{\circ}\text{C}$,生育期后期降温比较慢,一般在10月20日以后才降至15 $^{\circ}\text{C}$ 以下,对棉铃后期生长和纤维

成熟十分有利；无霜期多在240天以上，霜冻危害不大，霜后花很少，但7月份的高温伏旱往往对棉花开花结铃有一定影响。②棉花生育期间大部分地区降水量为500—1000 mm，多集中在夏季，充沛的降水能满足棉花各阶段生长发育的水分需要。③棉花生育期前期，阴雨日数有时长达一个多月左右，土壤水分过大，会抑制棉花的正常生长，甚至造成大量死苗。④8、9月份秋雨连绵，湿度大，光照不足，影响棉花吐絮，四川盆地尤为严重。

3. 西部内陆棉区：①降水稀少、日照充足，全年降水量200mm以下，非经灌溉不能植棉。年日照时数2600—3300小时，河西走廊地区高达3300小时以上，对棉花裂铃吐絮十分有利，棉花品质优良。②区内热量条件因地而异，北疆马纳斯河流域、河西走廊的金塔、民勤等地热量虽能满足棉花生育的需要，但无霜期短，只适宜种植早熟品种；南疆、东疆吐鲁番至哈密一带以及河西走廊的安西、敦煌等地，热量条件与黄河棉区相似。

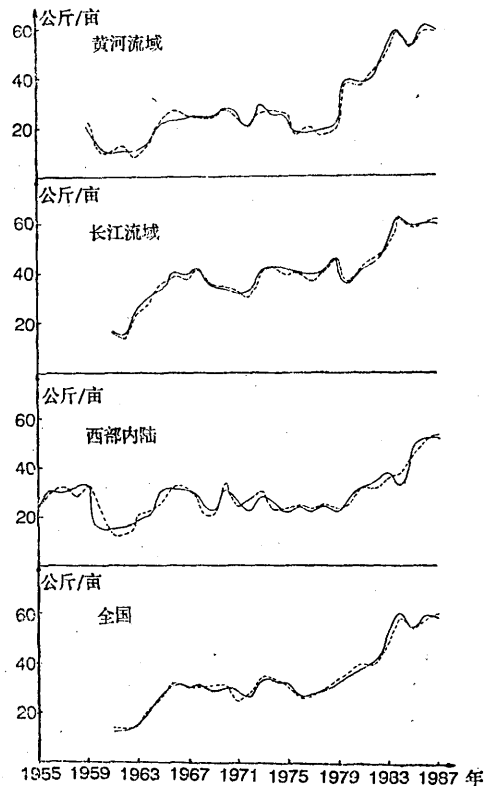
三、资料处理

虽然目前我国棉花单产与棉花单位面积可能达到的最高产量(200—300kg/亩)相差很远，但建国以后，逐年单产的总趋势仍然是不断上升的(见附图)，这反映了我国农业生产水平不断提高，包括农业政策、农田基本建设和生产资料投入量、品种、以及农业技术等非气象因素是不断变化的，但这种变化就局地而言，可能存在突变的可能性，而对较大区域或全国而言，这种变化总的来说是连续的、渐进的，可以认为是相对稳定的，特别是相邻两年，在一般情况下差异很小。基于这种情况，本模式假定相邻两年各棉区生产力水平变化很小，可以忽略不计，即相邻两年棉花的趋势产量不变，相邻两年之所以存在产量差异，主要是由于相

邻两年的气象条件差异引起的。如果产量序列用 $y_i (i=1, \dots, n)$ 表示，气象要素序列用 $x'_i (i=1, \dots, n)$ 表示，则相邻两年的产量差序列 $\Delta y_{i+1, i}$ 和相邻两年的气象要素差序列 $\Delta x'_{i+1, i}$ 分别为：

$$\Delta y_{i+1, i} = y_{i+1} - y_i \quad (1)$$

$$\Delta x'_{i+1, i} = x'_{i+1} - x'_i \quad (2)$$



附图 模式的历史拟合(虚线)与实况(实线)

每个棉区的单产，由各省棉花单产按种植面积加权求出；棉区气象条件主要考虑温度(T)和降水(R)两要素；共选择了24个代表站(表1)。根据(1)式和(2)式，可以得到各棉区*逐年的产量差($\Delta y_{i+1, i}$)和每个代表站逐年4—10月份逐旬(或连续几旬组合)温度差($\Delta T_{i+1, i}$)、降水差($\Delta R_{i+1, i}$)。

$\Delta y_{i+1, i}$ 和 $\Delta T_{i+1, i}$ 、 $\Delta R_{i+1, i}$ 的相关

*黄河流域1959—1987年，长江流域1961—1987年，西部内陆1955—1987年，全国1961—1987年

分析结果表明,我国三大棉区以及全国平均棉花产量与代表站气象要素的周期函数

$$x_{i+1, i} = \sin(\omega_1 x'_{i+1, i}) + \cos(\omega_2 x'_{i+1, i}) \quad (3)$$

相关密切,式中 $\omega_1 = 2\pi$, $\omega_2 = 2\pi/\tau$, τ 的取值范围为1—5,利用(3)式分别计算各代表站气象要素的周期函数 $x_{i+1, i}$,根据 $\Delta y_{i+1, i}$ 与 $x_{i+1, i}$ 的相关普查,在 >0.4 的相关系数中,选择最大的相关系数(r),

表 1 气象要素代表站

棉区	黄河流域	长江流域	西部内陆
代表站	宝鸡、德州、运城、保定、石家庄、邢台、安阳、洛阳、驻马店	上海、南通、徐州、武汉、荆州、常德、阜阳、合肥、南充、内江、绵阳、九江	喀什、和田、吐鲁番

它所对应的 $x_{i+1, i}$ 的 τ 值即为气象要素周期函数 τ 的取值。

四、因子的稳定性检验及其生物学意义

在因子相关普查的基础上,对相关系数大于0.4的因子又进行了稳定性检验,检验的标准是:步长为 $N/2$ (N 为样本长度)的平均滑动相关系数 ≥ 0.4 ,方差 ≤ 0.2 ,表2给出通过稳定性检验的部分因子。

从表2可以看出,不仅产量差与这些因子的相关系数比较高,而且平均滑动相关系数和方差也比较理想,充分表明产量差与这些因子的相关是稳定的,可以用于建模;如果产量差与气象要素差是正相关,即第 $i+1$ 年气象要素与第 i 年气象要素差值大,第 $i+1$ 年的产量与第 i 年的产量差值也大,正差值为增产,负差值为减产。所以,产量差与气象要素差的关系和产量与气象要素的关系是一致的。由于不同棉区、不同时段棉花的发育期不同,产量与温度(或降水)的关系也不同,即

表 2 通过稳定性检定的因子

棉区	因子(x)	τ	r	\bar{r}	S	因子(x)	τ	r	\bar{r}	S
黄河流域	$\Delta T_{8下}$ (宝鸡)	2	0.60	0.6	0.06	$\Delta T_{8下-9上}$ (运城)	3	-0.48	-0.6	0.10
	$\Delta T_{6上-6中}$ (驻马店)	5	-0.55	-0.4	0.09	$\Delta T_{7上-7下}$ (石家庄)	3	0.58	0.4	0.16
	$\Delta T_{6下-7下}$ (邢台)	2	0.50	-0.4	0.17	$\Delta T_{5下-6中}$ (德州)	2	-0.48	-0.5	0.10
长江流域	$\Delta T_{7下}$ (徐州)	1	-0.61	-0.6	0.14	$\Delta T_{8下}$ (荆州)	4	-0.45	-0.4	0.14
	$\Delta T_{8下-9中}$ (武汉)	3	-0.47	-0.6	0.14	$\Delta T_{6上-6下}$ (绵阳)	4	0.46	0.4	0.18
	$\Delta R_{9上}$ (内江)	3	0.56	0.5	0.11	$\Delta T_{7中}$ (阜阳)	3	0.49	0.5	0.12
	$\Delta R_{6上-7中}$ (常德)	3	-0.46	-0.6	0.09					
西部内陆	$\Delta T_{5上}$ (喀什)	1	-0.47	-0.5	0.15	$\Delta T_{9中}$ (吐鲁番)	5	0.44	0.4	0.10
	$\Delta R_{8下-9中}$ (和田)	5	-0.46	-0.4	0.09	$\Delta T_{5下}$ (吐鲁番)	3	-0.43	-0.6	0.15
	$\Delta R_{4下-5上}$ (和田)	3	0.46	0.4	0.11	$\Delta T_{4上-4下}$ (吐鲁番)	5	-0.41	-0.4	0.16
全国	$\Delta T_{6中}$ (安阳)	5	0.59	0.5	0.09	$\Delta T_{7上-8中}$ (徐州)	1	-0.65	-0.6	0.10
	$\Delta T_{8下-9中}$ (南充)	1	-0.54	-0.6	0.10	$\Delta T_{7上-8中}$ (运城)	5	0.53	0.5	0.08
	$\Delta T_{6上}$ (喀什)	3	-0.51	-0.5	0.07	$\Delta T_{4下-5上}$ (徐州)	1	0.60	0.6	0.09

注: τ 为气象要素周期函数取值, r 为相关系数, \bar{r} 为平均滑动相关系数, S为方差。

在某一时段,产量与温度(或降水)呈正相关,而在另一时段则可能呈负相关。例1:全国棉花平均单产的逐年产量差与 $\Delta T_{4下-5上}$ (徐州)呈正相关,与 $\Delta T_{7下-8上}$ (徐州)呈负相关。这表明,我国大部分棉区棉花苗期

(4—5月)气温高、热量条件好时,棉花生育良好;而盛夏(7—8月)是我国各地气温最高的时段,温度太高,超过了适宜的界限,会造成顶芽生长过快,加之降水集中,湿度大,可能诱发病虫害的发生,影响

棉花产量。例2：西部内陆棉区棉花单产的逐年产量差与 $\Delta R_{4下-5上}$ （和田）呈正相关，与 $\Delta R_{8下-9中}$ （和田）呈负相关，这与西部内陆的干旱少雨是一致的。4—5月份的降水对棉花苗期生长有利，但棉花吐絮期需充足的日照，过多的降水影响棉花纤维的成熟度。

五、模式的建立与检验

本文利用棉区相邻两年棉花产量差和气象要素差序列建立分区棉花产量预报模式和全国棉花产量预报模式（表3），模式输出的预报量（ $\hat{\Delta y}$ ）为预报年（ $i+1$ ）与其相邻的上一年（ i ）产量差，预报年的棉花产量（ \hat{y}_{i+1} ）用下式计算。

$$\hat{y}_{i+1} = y_i + \hat{\Delta y}_{i+1, i} \quad (4)$$

表3中分区和全国模式的因子顺序与表

表3 分区模式和全国模式

棉区	模 式	复相 关系 数	剩余 标准 差	平均拟 合误差 (kg/亩)
黄河 流域	$\Delta y = -0.39 + 4.56x_1 - 2.18x_2$ $- 3.52x_3 - 4.54x_4$ $+ 3.7x_5 - 1.49x_6$	0.96	4.1	1.4
长江 流域	$\Delta y = 1.91 - 1.98x_1 - 1.35x_2$ $+ 4.69x_3 - 1.51x_4$ $+ 1.44x_5 - 2.65x_6$ $+ 1.27x_7$	0.94	3.9	1.3
西部 内陆	$\Delta y = 5.25 - 3.09x_1 - 3.41x_2$ $+ 2.57x_3 + 2.07x_4$ $- 1.76x_5 + 1.60x_6$	0.89	6.1	2.1
全 国	$\Delta y = 0.98 + 2.46x_1 - 1.2x_2$ $- 2.41x_3 - 1.75x_4$ $+ 1.06x_5 + 1.09x_6$	0.92	3.9	1.4

2一致。附图给出了分区模式和全国模式的历史拟合结果与实况。模式试报1988年黄河流域、长江流域、西部内陆和全国棉花单产分别为44、57、57、54kg/亩，与实况的误差分别为3.8、3.9、4.6、4.7kg/亩；用三个分区模式集成预报全国棉花单产为48.7kg/亩，与实况的误差为0.9kg/亩。

六、结 束 语

棉花产量低且不稳定，因而增加了预报的难度。本文给出的建模方法特点是：①直接用连续两年的产量差和气象要素差的时间序列建模，输出的预报量为预报年与上一年的产量差，不用将实际产量分解为趋势产量和气象产量，也不用外推趋势产量，克服了盲目性，减少了工作量。②气象要素采用周期函数处理，可以全面考虑产量与气象要素之间的复杂关系，避免了只考虑产量与气象要素之间线性关系的局限性，提高了模式的预报能力。历史拟合和初步试报效果良好，可以在产量预报业务中试用和检验，③如果影响产量的非气象因素发生突变，可以通过社会调查、田间试验、历史资料分析等综合分析研究，确定这种突变可能产生的产量效应，并对预报值进行修正。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地理研究所经济地理研究室，中国农业地理总论，192—209，科学出版社，1980。
- [2] 程纯枢等，中国农业百科全书农业气象卷，141—144，农业出版社，1986。
- [3] 崔读昌等，中国主要农作物农业气候资源图集，气象出版社，1984。

A cotton yield prediction model of China

Wang Jianlin Zhao Siqiang

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

This paper gives a routine prediction model for cotton prediction of China. The main idea here is that the whole cotton production area of China would be divided into three sub-region, the Yellow River cotton production region, the Yangtze River cotton production region and the western China cotton production region. The regional prediction model for each region and the state prediction model are established with the cotton yield difference and the meteorological elements difference between the neighbouring years.