

棉花产量要素预测模型

薛晓萍

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

提 要

引起棉花产量波动的主要产量构成要素是株铃数和单铃重。作者将大田监测与气候统计相结合, 首先预测单株现蕾数、成铃率和铃重, 再对最终产量进行预报, 提高了产量预报准确率。

关键词: 棉花产量 成铃率 铃重 预报

引 言

棉花是我国的主要经济作物, 从世界棉花产销形势看, 其消费量也在不断增加, 因而能及早准确地对当年棉花产量进行预报, 将为我国的纺织业、进出口业等有关领导部门的决策提供可靠信息。

棉花的生长发育及产量形成成为一动态过程, 是其所处环境条件作用于自身演变不可逆转的生物学规律的最终表现。本文通过总结多年试验观测及预报经验, 将传统的农学模型与气候统计有机地结合在一起, 在对棉花生长与气象条件关系分析的基础上, 结合监测资料, 首先对产量的构成因素及有关系数进行预测, 再做产量预测, 有望使预报准确率得到很大提高。

1 试验方法与资料

1988~1993年, 在山东的曹县、惠民、德州、潍坊、聊城和腾州, 选择土壤肥力、管理水平、产量均保持在中高以上水平的棉田, 对不同品种、不同种植方式的棉花主要生育期、产量及经济性状进行监测, 并在每个试验点选具有代表性的植株5~10株, 对蕾、花、絮的出现日挂牌观测、记录, 吐絮后逐个称铃重。

气象资料采用当地气象站观测资料, 积

温是指 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 日平均气温总和, 棉花的历史产量资料取之统计局。

2 影响棉花产量波动的关键要素

棉花产量是由密度(M)、单株籽棉重和衣分($L\%$)构成的, 而单株籽棉重又决定于单株成铃数(N)和单铃重(G)。则公顷产皮棉($\text{kg}/\text{公顷}$) Y 可表示为:

$$Y = M \cdot N \cdot C \cdot L\% / 1000$$

根据全省各棉区物候观测点的观测资料, 将密度、单株成铃数、单铃重、衣分与产量进行相关统计分析, 建立多元回归方程为:

$$Y = -117.16 + 0.01011M + 5.0204N + 8.0334G + 1.4768L\% \quad (1)$$

$$\text{序列 } N = 45, F = 7.36, F_{0.01} = 3.83, F > F_{0.01}$$

由方程(1)分析各要素对产量影响程度, 在4项产量要素中, 若固定3项, 分析其中一项对产量的影响值, 若每公顷增减15株棉花, 每公顷增减皮棉0.15kg; 每株多(少)1个铃, 皮棉增(减)75.3kg; 每铃增(减)1g重量, 皮棉增(减)120.45kg; 衣分每变化1%, 产量相应变化22.2kg。可以看出, 衣分和密度引起产量变化较小。另外, 由于所用资料是由各地提供的, 因品种差异较大, 引起了衣分

差异,从大量的分析研究中已经知道,棉花的衣分取决于品种,同一品种,年度间的变化甚少,对于同一地点,种植方式(密度)及品种在近期内变化不大时,密度和衣分引起的产量变化就会更小。由此看来株铃数与铃重是导致产量波动的关键要素。只要有了比较客观的株铃数及铃重,就能较为准确地预测棉花产量的变化。因而棉花产量预报的关键在于单株成铃数和铃重的预测。

3 单株成铃数预测

棉花单株最终成铃数是由单株现蕾数及蕾铃成铃率决定的,在正常气候条件下,棉株现蕾有其自身的演变规律,而所现蕾最终能否成铃主要受外界条件制约,在常规的农学预报模式中,铃数是根据监测所得的蕾花数和幼铃数,取蕾、花成铃率 0.25,幼铃成铃率为 0.5 作估算。由于棉花的蕾、铃脱落受气候条件影响较大,区域间、年际间均有差异,用一常量代表显然不够恰当。因而单株成铃数的预测主要在于单株可能的有效现蕾数和适宜的成铃率的估测。

3.1 单株现蕾数估测

根据对试验监测所得到的棉田逐果枝、逐果节现蕾出现日的统计分析,单株现蕾数是由现蕾始日、果枝数和打顶日决定的。通常棉株现蕾分布有一定规律,即同一果枝的不同果节、不同果枝的同一果节之间的间隔日都有一定的规律可寻。将逐果枝、逐果节的现蕾日及单株有效现蕾数(每果枝保留 4 个有效现蕾)观测资料进行数值模拟,得到相应数学模型:

$$\begin{cases} y_1 = -6.79 + 1.02T_1 + 0.66T_2 \\ (1 \leq T_1 \leq 40) \\ y_2 = -25.42 + 0.71T_1 (T_1 \geq 41) \end{cases} \quad (2)$$

其中, T_1 为时间序列,从现蕾始日至现蕾最晚界限日的日数; T_2 为果枝数。

由此,在确定了现蕾始日、最晚界限日及平均果枝数后,即可预测棉花现蕾数(y_1 +

y_2)。例如,6月11日为现蕾始日,7月23日为打顶期,16果枝的单株蕾数为 49.7 个。在预报单株现蕾数后,要准确预测产量,必需对最终成铃数有一较准确估算,即选择一较为恰当的蕾铃成铃率。

3.2 成铃率的估测

在实际生产中,棉株果枝和果节数可人为控制,而因光照不足、旱涝、病虫等原因所造成的落蕾、落铃是无法控制的,由于年际间气候条件不同,同一年内棉区间气候也有差异,故蕾、铃成铃率在不同年、不同棉区都有所不同。由于缺乏历史资料,无法对蕾铃成铃率进行气候统计预测,为此,可通过当年大田监测资料对蕾铃成铃率进行估算。假设观测时棉花单株花、蕾数(α)折算成最终铃数的估铃比值为 k_1 ,幼铃数(β)折算为最终成铃数的估铃比值为 k_2 , γ 为观测时已成铃数,最终成铃数为 Z 。则预计最终成铃数应为:

$$Z = k_1\alpha + \beta k_2 + \gamma$$

分析大量观测资料,发现幼铃成铃率比较稳定,大约为 50%,即 $k_2 = 0.5$ 。棉铃生长前期,由于受复杂的环境因素影响, k_1 变化较大。需要通过监测来作推算,具体作法为,在产量预报前对各棉区的所有代表点进行两次观测,则有关系式:

$$Z_1 = \alpha_1 k_1 + \beta_1 k_2 + \gamma_1$$

$$Z_2 = \alpha_2 k_1 + \beta_2 k_2 + \gamma_2$$

由于两次观测的棉株固定,单株最终成铃数一致,即 $Z_1 = Z_2$ 。若固定 $k_2 = 0.5$,则

$$k_1 = \frac{(\gamma_2 - \gamma_1) + (\beta_2 - \beta_1)k_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad (3)$$

表 1 为用曹县 6 站次观测资料对 k_1 的预报值,从表中可以看出,用预测所得值和常规用值(0.25)分别对最终铃数进行预测,两次预报准确率均较高,且误差比常规少得多。

4 铃重的预测

棉花的铃重除了受品种的影响外,受气候的影响也较大,分析大量的监测资料,在

光、温、水等气象因子中,温度与铃重关系最密切。根据对山东不同棉区,不同品种棉花现蕾至开花、开花至吐絮、现蕾至吐絮积温与铃重的相关普查,发现铃重与现蕾至吐絮积温有极好的相关性,可见铃重与现蕾早晚、吐絮迟早有关,由于每个棉铃现蕾日不同,所以同一棉株不同现蕾日的棉铃,铃重也不完全相同,特别是因现蕾较晚、吐絮日接近或晚于日平均 15°C (棉铃停止增重界限温度) 终日的棉铃,其铃重变化较大,分析铃重与现蕾至吐絮的积温 T (15°C 终日前吐絮则按吐絮日计, 15°C 终日后吐絮则按 15°C 终日计) 的关系得到: 当现蕾至吐絮积温大于 2094°C 时,铃重较高,单铃重在 5.0g 以上,当积温为 $1944\sim 2094^{\circ}\text{C}$,单铃重 $4.5\sim 5.0\text{g}$,积温为 $1777\sim 1944^{\circ}\text{C}$,单铃重 $3.5\sim 4.5\text{g}$,积温为 $1659\sim 1777^{\circ}\text{C}$ 时,铃重 $2.5\sim 3.5\text{g}$,积温低于 1659°C 时,棉铃基本没有产量^[1]。

表1 曹县 1992 年前期预测铃数误差比较

站次	估铃 k_1	比值 k_2	8月15日		8月25日	
			常用法	预测法	常用法	预测法
1	0.44	0.5	-4.97	-1.38	-3.07	-1.38
2	0.58	0.5	-7.05	-0.38	-3.25	-0.28
3	0.23	0.5	1.22	1.04	1.12	1.09
4	0.46	0.5	2.95	-0.42	1.60	-0.40
5	0.72	0.5	1.00	2.19	1.30	2.24
6	0.37	0.5	1.02	1.61	1.50	1.62
绝对值总和			18.21	7.02	11.84	7.01
平均			3.04	1.17	1.97	1.17

按以上各级铃重的积温指标,以各棉区日平均气温 15°C 终日 (为铃重停止增重的界限日) 为起点^[2],向前逐日累加统计积温,从中找出积温达到 1659°C 、 1777°C 、 1944°C 、 2094°C 的日期,即为各级铃重最晚现蕾界限日。

在实际工作中,要较准确地做铃重的预测,首先要作当年各级铃重最晚现蕾界限日期的预测,困难较大,即使能做到,误差往往很大,为此,可以常年大于 80% 的保证率的

界限日为标准。表 2 列举了山东省几个代表点不同铃重常年现蕾界限日。

表2 山东各棉区不同铃重(g)的现蕾界限日(日/月)

棉区	铃		重	
	$\geq 2\text{g}$	$\geq 3.5\text{g}$	$\geq 4.5\text{g}$	$\geq 5.0\text{g}$
惠民	18/7	14/7	8/7	3/7
德州	20/7	14/7	10/7	4/7
潍坊	21/7	16/7	10/7	4/7
菏泽	22/7	16/7	10/7	6/7

由表 2 可以查得不同时段所现蕾的铃重,例如:在正常情况下,菏泽地区 7 月 6 日以前现蕾其铃重为 5g ; 7 月 6~10 日现蕾,铃重为 4.5g ; 7 月 10~16 日现蕾的铃重 3.5g ; 7 月 16~22 日现蕾铃重 2g ; 7 月 22 日以后现蕾,基本没有产量。

5 产量预测

通过田间抽样监测,当预测年棉田的现蕾始日、打顶日和平均果枝数确定后,由公式 (2) 和各棉区的各级铃重现蕾界限日,便可预测逐级铃重的可能蕾数,再按 3.2 节中的方法求得蕾、花成铃率 (k 值),即可预报出各级铃重的成铃数,各级铃重的成铃数与其相应的铃重乘积总和,即为棉花单株产量,由于在 8 月中、下旬预测产量时,公顷密度已固定,因而公顷产量便很容易求得。

为进一步验证此模型效果,1993 年对山东的滕州进行了棉花产量预报试验,监测得棉田现蕾始日为 6 月 18 日,7 月 20 日打顶,平均果枝数为 14.2 个。并于 8 月 1 日和 8 月 16 日在各代表点进行了棉株蕾花、幼铃和成铃数的观测,观测结果为:8 月 1 日为 13.3 个、5.0 个、16.0 个,8 月 16 日为 8.0 个、5.4 个、18.1 个,按公式 (2) 计算蕾、花成铃率为 0.43,按常年 15°C 终日 80% 保证率日期向前推算,达 2094°C 、 1944°C 、 1777°C 、 1659°C 日期为 7 月 6 日、7 月 10 日、7 月 16 日和 7 月 22 日。各级铃重的现蕾数、成铃数见表 3。由此预测单株铃重 65.6g ,平均密度为 60000 株/ha,衣分按 0.3 计,预报公顷产皮棉

1180.57kg。腾县1993年棉花实产为1137kg/ha,预测误差仅为3.8%,准确率较高。

表3 1993年预测腾州市各级铃重的现蕾、成铃数

时间/日/月	18/6~6/7	6/7~10/7	10/7~16/7	16/7~20/7
铃重/g	5.0	4.5	3.5	2.0
现蕾数/个	20.9	4.1	6.1	4.1
成铃数/个	8.987	1.763	2.623	1.763

6 小结

本模型是农学模式与气候统计的有机结合,二者互相取长补短,若应用于棉花产量预报业务,可望取得较好的预报效果。应该说明的是:

① 公式(2)是根据目前的生产水平和品

种模拟而得,若品种发生较大的改变,其模拟关系可能发生一定的变化,应及时加以订正。

② 目前, k_1 值是通过观测资料推算而得,在经过多年的实验与预报以后,可得到 k_1 的历史实际值序列,便可对其进行气候统计模拟,从气候角度预测 k_1 值,从而避免观测误差,使 k 值更可观化,进一步提高产量预报准确率。

参考文献

- 1 史可琳,冯建设,薛晓萍. 棉花蕾、花、絮出现日与温度的关系及其在生产中的应用. 中国农业气象,1995,16(2):48~52.
- 2 史可琳,薛晓萍. 棉花不同种植方式和新技术应用对气象技术的要求及播栽期的确定. 棉花学报,1995,7(2):123~125.

Forecasting Model of the Yield Elements for Cotton

Xue Xiaoping

(Shandong Research Institute of Meteorological Science, Jinan 250031)

Abstract

The number and weight of the cotton boll per plant were main elements which causes the yield variation of cotton. Combining the field observations with climatological statistics, the bud numbers per plant, the maturational boll percentage and the boll weight of cotton were predicted first. Then the final cotton yield was forecasted. The accuracy of the yield forecast model was improved.

Key Words: cotton yield maturational boll percentage boll weight yield forecast