

镇江市小麦产量预报方法的研究

——Baier - Robertson模型的一种改进型*

邹永林 胡萌夫 高金成 尹连荣

(江苏省镇江市农业气象研究所)

提 要

本文根据作物产量形成与农艺性状的关系,构造了作物气候参量,籍此对Baier - Robertson模型作了改进。兼顾因子的显著性、稳定性和独立性,建立了镇江市小麦产量预报模式并作了试报。

一、前言

自从Baier-Robertson提出作物产量预报的阶乘型模式〔1〕以来,多元回归模型得到了广泛的应用。在我国,宛公展等〔2〕将上述阶乘型模式应用于华北地区冬小麦产量预报,汤志成等〔3〕将阶乘型改为累加型,并据此建立了江苏省双季早稻的产量预报模式,邹永林等〔4〕以此对镇江丘陵桑树三叶期作预测等,均取得良好的效果。

多重回归模型可根据作物生长发育阶段逐步建立,各子模式农学意义明确,并可逐段作预测,集长、中、短期预报模式于一身,便于实践中应用,是一种有效的作物产量预报方法。但是,多重回归模型的结构尚不尽合理,往往由于其残差(比)收敛很快,使各子模式不能真实地体现出作物生长发育各阶段对产量形成的贡献大小,造成对生育前期的作用估计过大,生育后期的影响估计过小。为此,我们在研究镇江市冬小麦产量预报方法时,对Baier-Robertson模型作了改进,力求消除上述缺陷。

二、模式的结构

通常, Baier-Robertson模型表为:

$$\hat{Y} = \prod \hat{Y}_i \quad (1)$$

本文中以下式表示:

$$\hat{Y} = \hat{Y}_T \cdot \prod \hat{Y}_{wi} \quad (2)$$

式中 \hat{Y} 、 \hat{Y}_T 和 \hat{Y}_w 分别表示预报产量、趋势

产量和气象产量,下标*i*为各生育阶段序号。对于禾谷类作物,全生育期一般可分为亩穗数形成期、粒数形成期和粒重增长期三个阶段。

由(2)式可知,当趋势产量 \hat{Y}_T 确定后,作物产量的变化可通过各气象产量子模式来估算。由于该模式采用逐级残比形式,因而气象产量受第一阶段子模式精确度的影响很大,如果第一阶段子模式的回归效果很好(假定其决定系数 R_1^2 达到0.80或更高),则其后各阶段子模式对产量形成的总贡献充其量只能决定整个气象产量的20%,这显然与作物生长发育的实际状况有出入。鉴此,本文对Baier-Robertson模型作如下修正。

收集历年作物农艺性状资料,与历年气象产量序列作同步相关分析,找出各农艺性状对气象产量的决定系数(r_i^2),然后,以下式计算各生育阶段对气象产量影响的权重 λ_i' :

$$\lambda_i' = r_i^2 / [\prod r_i^2]^{1/3} \quad (i = 1, 2, 3)$$

随后,在Baier-Robertson模型中引入作物气候参量 λ_i ,分别按下式确定:

$$\begin{cases} \lambda_1 = \lambda_1' \\ \lambda_2 = \lambda_2' / [\lambda_2' \cdot \lambda_3']^{1/2} \\ \lambda_3 = 1 \end{cases} \quad (3)$$

* 本文承江苏省气象科学研究所汤志成审阅和热情指导,谨此致谢。

式中作物各气候参量 λ_i 的意义为： λ_1 表示第一阶段的气象条件所决定的相应气象产量部分， λ_2 表示第二阶段的气象条件对扣除 \hat{Y}_{w1} 后剩余气象产量的贡献， λ_3 表示第三阶段的气象条件完全决定了该时段的气象产量。由此，Baier-Robertson模型修正为：

$$\hat{Y} = \hat{Y}_T \cdot \prod \lambda_i \cdot \hat{Y}_{w1} \quad (4)$$

(4) 式亦即本文冬小麦产量预报总模式。

三、模式的建立

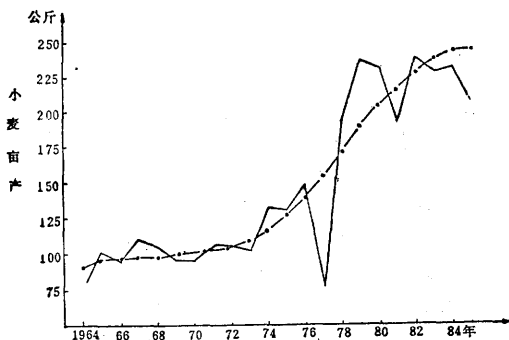
1. 资料来源及因子处理方法

本文产量资料抄自镇江市统计局，包括镇江市四县一区 1964—1985 年历年小麦单产和种植面积，并以面积加权平均法得出镇江市历年小麦产量序列；作物农艺性状资料抄自镇江市农业局，包括 1977—1986 年历年亩穗数、每穗粒数和千粒重三个产量结构要素序列；气象资料抄自镇江市气象局。

预报因子的处理方法〔3〕分四步：膨化处理，扩大因子信息量；采用多种曲线相关形式并进行因子组合，初选出通过一定显著水平的因子及其组合；采用滑动相关系数法进行因子稳定性检验；通过逐步回归分析保证入选因子的独立性，避免因子间的共线性问题。

2. 模式的建立

1) 趋势产量模式采用谐波权重法〔5〕



附图 镇江市历年小麦实际产量与趋势产量的关系
实线为实际产量 点划线为趋势产量

建立，得出历年实际产量与趋势产量的关系如附图。

2) 作物气候参量 λ_i 的确定。以分蘖盛期和抽穗开花期为界限将小麦全生育期大致划分为亩穗数形成期(播种—2月底)、粒数形成期(3月初—4月底)和粒重增长期(5月初—收获)三个生育阶段，对穗数、粒数和粒重三个农艺性状与气象产量进行相关分析，分别求出 r_1^2 和 λ_1 ，见表 1。

表 1 镇江市小麦生长发育各阶段的 r_i^2 和 λ_i

亩穗数形成期	粒数形成期	粒重增长期
r_1^2	r_2^2	r_3^2
0.3925	0.3206	0.8181
λ_1	λ_2	λ_3
0.8375	0.6260	1

由表 1 可知，粒重增长期的决定系数最大，说明本地由于气象条件造成小麦产量的波动以粒重表现最为敏感。

一般认为，小麦产量形成与农艺性状的关系以穗数为最大，粒重次之，粒数最小〔6〕〔7〕。本文以小麦实际产量和农艺性状作相关分析的结果(决定系数分别为：穗数，0.8174；粒数，0.4674；粒重，0.6376)也证实了这一点。表 1 的结果与上述结论并不矛盾。因为尽管亩穗数对小麦实际产量的提高作用较大，但它在生产中通过强调适时适量播种和其它农技措施加以调节，一般得以维持在较为理想的群体状态，并且这种作用在趋势产量处理中已有体现；而粒重的增长，难以通过农技措施来控制，受气象条件左右较大，即表现在粒重增长期对气象产量的决定系数最大。这也正说明了对 Baier-Robertson 模型进行改进的必要性和合理性。

3) 气象产量模式的建立。以相对气象产量，按 (4) 式分别建立如下：

$$\begin{cases} \hat{Y}_{w1} = 110.65 - 3.7174X_1 - 4.5287X_2 + 1.0822X_3, & F = 27.3^{**} \quad R = 0.9053 \\ \hat{Y}_{w2} = 116.35 - 1.4008X_4 + 3.3418X_5, & F = 15.2^{**} \quad R = 0.7822 \\ \hat{Y}_{w3} = 155.39 + 2.5656X_6 + 2.1580X_7, & F = 8.6^{**} \quad R = 0.6902 \end{cases}$$

式中: X_1 为上一年 11 月平均气温 (x_1^2), X_2 为当年 1 月上旬日照时数 (e^{-x_2}), X_3 为 1 月 0cm 平均地温 (x_3^3), X_4 为 4 月上旬平均气温 (e^{x_4}), X_5 为 4 月中、下旬日照时数 (e^{x_5}), X_6 为 5 月上旬平均最高气温 (e^{-x_6}), X_7 为 5 月中旬温湿指数 (平均最高气温 \times 平均相对湿度 $\times 10^{-4}$, x_7^{-2})。

3. 模式的评价

1) 历史回代拟合程度较好。根据模式回代, 其拟合程度见下表:

表 2 历史回代拟合程度

年份	Y	\hat{Y}	D	年份	Y	\hat{Y}	D
1964	76.5	80	5	1975	130	131	1
1965	101	104	3	1976	147.5	143.5	-3
1966	95	95.5	1	1977	77	79	3
1967	109.5	103	-6	1978	194.5	194	0
1968	105	105	0	1979	237.5	233.5	-2
1969	96.5	99.5	3	1980	231	233.5	1
1970	95.5	97	2	1981	192	190.5	-1
1971	104.5	107.5	3	1982	238	239	0
1972	104.5	101	-3	1983	228	228	0
1973	102	101.5	0	1984	213.5	229.5	7
1974	131.5	130.5	-1	1985	205	211	3

注: Y 和 \hat{Y} 分别为实际产量和模式回代产量, 单位公斤/亩, D 为相对误差, 单位%。

2) 试报效果达到一定精度。通常模式建立之后, 其预报能力和精度如何, 不能仅以历史回代的拟合程度来作评价, 因为这些模式本身多半是建立在相应的历史资料基础上的, 只要模式达到了一定的显著水平, 并相对稳定, 则其历史拟合程度一般来说总是好的。且即使拟合程度很好, 一经投入实际应用, 也往往会出现较大的预报误差。因此, 重要的是将模式进行试报应用, 以此作为评价的主要标准。据此, 我们将上述改进型模式对 1986 年作试报, 结果见表 3。

表 3 1986 年实际产量、预报产量及其误差 (单位: 公斤/亩)

实 产	第一次预报		第二次预报		第三次预报	
259	269	3.86%	266	2.70%	263	1.54%

上述结果表明, 本文预报模式基本达到了目前作物产量预测的精度要求。1987 年我们将其投入业务应用, 三次预报结果分别为 259、256、253 公斤/亩, 较去年减产。

四、讨论

本文针对 Baier-Robertson 模型的缺陷, 构造出作物生长发育各阶段的作物气候参量, 并据此对 Baier-Robertson 模型作了改进。结果表明, 采用作物农艺性状资料来客观定量描述作物生长发育各阶段气象条件对产量波动的影响大小是可行的。并发现, 对本地而言, 小麦粒重增长期的气象条件与产量年际波动的关系最为密切。

由于资料所限, 本文亩穗数、粒数和粒重资料样本长度较短, 构造出的作物气候参量在数值上仍较粗糙, 有待于资料积累再作订正。

参考文献

- [1] W. 贝尔等著, 王毓荣译, 作物—天气模式及其在产量预测中的应用, P. 73—95, 科学出版社, 1980。
- [2] 宛公展、王宝成、蓝鸿弟, 华北地区冬小麦产量预报方法的初步研究, 气象学报, Vol. 42, No. 3, 1984。
- [3] 汤志成、邹永林, 江苏省双季早稻产量预报的累加型模式, 江苏农业学报, Vol. 2, No. 3, 1986。
- [4] 邹永林、胡萌夫, 镇江丘陵桑树萌发三叶期及春桑产量预测模式, 农业气象, Vol. 8, No. 2, 1987。
- [5] A. H. Полевой, 作物产量的动力统计预报方法,

黑龙江气象科技 (特刊), No. 2, 1982.

〔6〕姜文候、吴兆苏, 长江中下游地区小麦品种产量稳定性初步探讨, 作物学报, Vol. 9, No. 4, 1983.

〔7〕岳大华、曹旻等, 18个国外弱冬性小麦品种生态适应性的研究, 作物学报, Vol. 13, No. 1, 1987.

Study on wheat yield prediction model in Zhenjiang City—a revision to the Baier-Robertson's model

Zhou Yonglin Hu Mengfu Gao Jincheng
and Yin Lianrong

(Zhenjiang Agrometeorological Institute)

Abstract

According to the relationships between crop yield formation and agronomic characteristics, the crop-climate parameters were constructed, with which, the Baier-Robertson's Model was revised in this paper. Wheat yield prediction model in Zhenjiang City was then developed, basing on the significance, stability and independence of the predictors and wheat yield in 1987 was estimated.