

宿县冬小麦产量与气象条件的统计学分析

唐 守 顺*

(安徽省宿县地区气象局)

本文采用了费希尔 (Fisher, R. A) 提出的积分回归模式 [1][2]，同时运用一些常用的统计学手段，对宿县冬小麦产量和全生育期间的气象条件进行了相关计算和回归分析，定量地探讨了冬小麦产量与当地光、热、水等农业气象条件的基本关系，研究了在农业生产水平不断提高的条件下引起冬小麦产量波动的气象原因以及气象因子的波动对冬小麦生产影响的程度，试图从农业气象的角度为合理评价宿县冬小麦的农业气候资源，采取高产稳产栽培措施以及进行产量预测等提供依据。

一、资料来源与处理、分析方法

宿县冬小麦逐年平均产量取自宿县地区统计局，气象资料取自宿县地区气象局。

将历年冬小麦产量中存在的明显的时间趋势 y_t 从实际产量 y 中分离出去，剩下的 $y_w = y - y_t$ 便可理解为不受生产水平制约的气象因素引起的产量波动，叫气象产量。

趋势产量采用分段模拟方法（见图 1），1949—1959 年生产水平基本稳定，每年的 y_t 均取为 80 斤/亩。1960—1964 年冬小麦产量是解放以来最低的，由于当时受一些特殊因素的影响，这期间资料舍弃不用。1965—1979 年的趋势产量用正交多项式模拟。

考虑到资料年代较长，生产水平变化较大，所以气象条件的适宜与否所引起的产量波动幅度也就有较大差异。为消除这一差异的影响，我们采用气象产量相对增产率 y'_w 来进行研究：

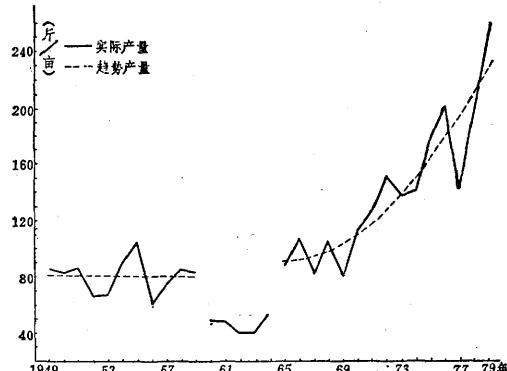


图 1 宿县历年冬小麦实际产量和趋势产量

$$y'_{w} = \frac{y_w}{y_t} \times 100\% \quad (1)$$

各年 y'_w 的波动情况如图 2。从实际计算可知， y'_w

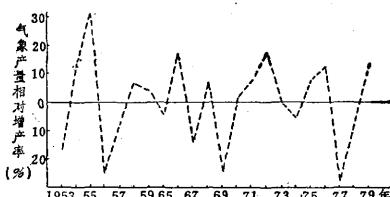


图 2 宿县小麦气象产量的相对增产率

* 本局戚尚恩同志参加部分计算工作。

与气象因子间的关系较 y_w 为好。

现将宿县冬小麦从播种至成熟全生育期(10月上旬至翌年5月下旬)分为24个时段(即每旬为一个时段)。各时段的气象要素对小麦产量的影响程度可以用积分回归模式 $\hat{y}'_w = C + \int_0^{\tau} a(t)x(t)dt$ 中的偏回归系数 $a(t)$ 来表示。另外,还对各旬或更长时段以至某一生育期间的气象要素与产量进行了相关分析,以相关系数的大小变化来研究作物生长与气象条件间的供求关系。图3—1、3—2、3—3分别给出了平均温度、降水量、日照时数的 $a(t)$ 曲线以及相应的相关系数变化情况。由于计算条件的限制,我们选取了相关系数较大的一些因子进行逐步回归分析。

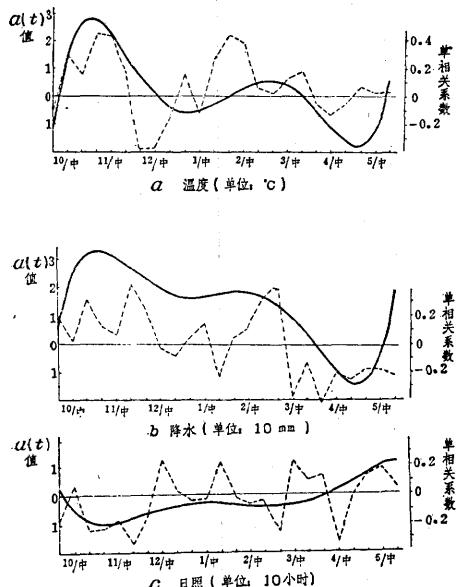


图3 冬小麦产量与气象要素积分回归 $a(t)$ 曲线及相关系数

—— $a(t)$ 曲线, -·-·- 相关系数

附表 宿县冬小麦产量与气象要素间的关系式

气象要素	关 系 式	R	F
产量与平均气温	$\hat{y}'_w = -11.64 + 0.1587\phi_0$ $-0.0517\phi_1 + 0.0003\phi_2 + 0.0003\phi_3$ $-0.0019\phi_4 + 0.0003\phi_5$	0.95	21.03
产量与降水量	$\hat{y}'_w = -21.22 + 0.1349\phi_0$ $-0.0071\phi_1 - 0.0002\phi_2 + 0.0001\phi_3$ $+ 0.0002\phi_4 + 0.00003\phi_5$	0.97	33.63
产量与日照时数	$\hat{y}'_w = 22.09 - 0.0195\phi_0 +$ $0.0031\phi_1 + 0.0002\phi_2 + 0.000003\phi_3$ $+ 0.00014\phi_4 - 0.000006\phi_5$	0.95	21.28

二、统计结果分析

1. 气象因素在很大程度上影响着小麦的产量。由积分回归给出的小麦产量与各因子间单相关关系式(附表)以及积分回归的理论产量与实际产量之比较(图4a、4b、4c)可知,其积分回归方程的复相关系数都大于或等于0.95,经F检验信度水平均在0.01以上,理论产量与实际产量的拟合程度一般年分皆较好。故可以说,建国以来生产水平虽不断提高,但产量的波动仍与气象条件有关。

在逐步回归过程中,首先引进方程的两个因子都是气温,结果引入方程的6个因子中,温度和水

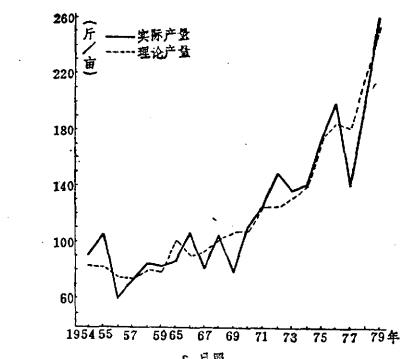
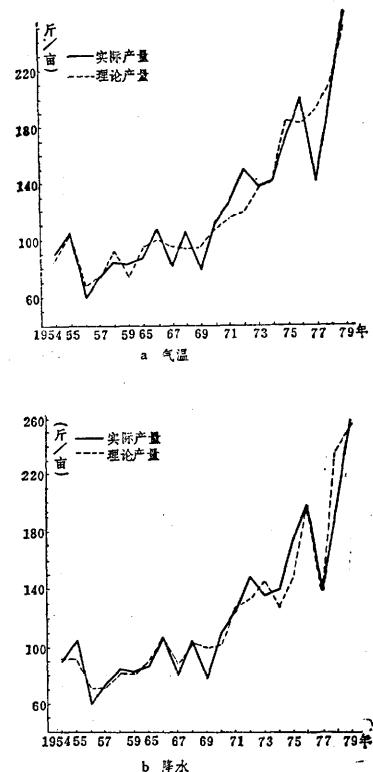


图4 宿县小麦积分回归理论产量与实际产量

分各占3个，日照因子未被选入。可见在宿县冬小麦产量形成中，温度和水分条件的影响是很重要的，光照条件不是主要的限制因子。

我们还注意到，冬小麦全生育期中各气象要素的累积值与产量的关系均不显著，除温度累积值与产量相关系数为0.2435外，总日照时数、降水总量与产量的相关系数均在0.1以下。这说明宿县冬小麦生长所需要的热量、水分和光照条件，就总量而言基本上能够满足。而引起冬小麦产量波动的是各要素的时间分配适宜与否。

2. 温度条件对冬小麦产量的影响，由图3a的 $a(t)$ 曲线明显看出，有四个绝对值较大的时段，亦即影响较大的四个时期。（1）上年10月下旬—11月上旬的 $a(t)$ 值为2.6—2.7，表示在此期间旬平均气温每增高1°C，每亩相对增产率为2.6—2.7%，即在50年代生产水平上每亩增收小麦2斤左右，在80年代初将增收6.5斤/亩上下。（2）1月上旬 $a(t)$ 值为-0.6，表示此期间平均气温升高1°C，冬小麦将减产0.5（50年代）—1.5斤/亩（80年代）上下，为负效应。（3）2月下旬—3月上旬，旬平均气温升高1°C，则冬小麦相对增产率为0.5%左右，为正效应。（4）4月下旬—5月上旬 $a(t)$ 值为负，此期气温呈负效应，旬平均气温增高1°C，冬小麦减产1.5（50年代）—4.5斤/亩上下（80年代）。这几个时段，也正是决定冬小麦穗数、粒数和粒重的重要时段。

但是，宿县的气候条件是否与上述要求相适应呢？由相关计算可知，11月上、中旬，12月上、中旬以及2月上、中旬的相关系数较大，达显著水平。这说明，就宿县历年冬小麦的生产状况看，小麦生育后期的温度条件基本适宜。出苗至分蘖期若气温偏低，不利于壮苗早蘖；越冬前（12月上、中旬）若气温偏高，不利于低温锻炼。另外，初春返青起身期和分蘖阶段若气温偏低，对于小麦的生育也有影响。进一步探讨冬小麦不同品种的适宜播种期以及搞好秋冬管理是生产上的重要问题。

3. 降水因子对冬小麦产量的影响，由图3b可以看出，在冬小麦生长期，相当长的时段（3月底以前）降水对产量的影响都是正效应。如11月上、中旬，旬降水量若增加10毫米，则小麦亩产将增加3（50年代）—8斤（80年代）左右。4月以后降水对小麦产量为负效应。从相关系数的变化看，10月下旬—12月上旬相关系数为正，与 $a(t)$ 值同位向，可见宿县冬小麦生产中，冬前降水量往往小于小麦生长的需要量，供求矛盾较为突出，因此冬前灌溉尤为重要。12月中旬—2月中旬，虽 $a(t)$ 值亦为正，但这一时段中，相关系数较小，而且于1月下旬出现负相关。这就是说，小麦越冬期间的降水量基本上可以满足。2月下旬—3月上旬相关系数较大，看来宿县冬小麦返青水也往往是供不应求的。3月中旬以后，小麦产量与降水量的相关系数为负值，3月下旬小麦进入拔节期，降水较多，供过于求，产生的负效应是值得注意的。4月份，特别是4月上旬雨水过多的不良影响更为突出， $a(t)$ 的负极值出现于

此期，相关系数的负极值亦出现于此期。此时多雨寡照，对壮秆大穗十分不利。

4. 关于日照问题，由图3c可见，日照对小麦产量的影响不大， $a(t)$ 的绝对值均较小。相关分析中，24旬的相关系数都不显著。5月份 $a(t)$ 有一正极值，籽粒形成期充足的日照对后期干物质积累十分有利，但此时相关系数不显著，说明小麦生育后期对光照条件的要求也是可以满足的。

5. 由上述分析可初步认为，宿县小麦生产中，影响较大的气象因子是温度和降水，而影响最明显的时段主要是冬前及小麦越冬期和返青起身期，其次是拔节孕穗期。

6. 由逐步回归建立的冬小麦产量方程是：

$$\hat{Y}_w = -26.54 + 3.16x_1 - 2.21x_2 + 1.07x_3 + 0.1104x_4 + 0.1037x_5 - 0.0924x_6 \quad (2)$$

上式中， x_1 为上年11月上、中旬平均气温， x_2 为上年12月上、中旬平均气温， x_3 为当年2月上、中旬平均气温， x_4 为上年10月下旬—12月上旬降水量， x_5 为当年2月下旬—3月上旬降水量， x_6 为当年4月份降水量。用宿县历年最佳气象条件代入（2）式，可推算得该县最佳气象产量相对增产率可达47.6%。若按近年来生产水平提高的速度，预计1982年后趋势产量将达300斤/亩以上，那么若气象条件处于最佳状况的话，近年冬小麦产量将在450斤/亩上下。

三、讨论

1. 研究表明[3]，小麦生产在一般情况下，有效穗数变异系数>穗粒数变异系数>千粒重变异系数，产量的高低与有效穗数之间存在着极其密切的关系。因此，首要的问题是解决穗数的不足问题。本文分析结果，逐步回归筛选出的6个因子中，有4个因子都是与冬前小麦分蘖、越冬和有效分蘖及早春分蘖成穗有关的。所以，解决穗数不足问题是小麦生产中首先要注意的问题。这4个因子中又有3个是温度因子，故适时早播显得十分重要。当然，冬前灌溉也是值得注意的有效增产措施。

2. 注意适灌返青水，使之穗大、粒多。据研究[3]，在达到合理穗数的情况下，提高产量的重点应是提高单穗生产力（穗粒重），而在穗粒重中，穗粒数的作用比重大77.4%，千粒重则占22.6%。

3. 在热量和水分之间，水分是气候因素当中较活跃的因素，在调节水分状况中，人的主观能动作用也较大。研究小麦肥水规律，建立排灌系统是十分重要的。

参考资料

[1] Fisher R.A. The influence of rainfall on the yield of wheat at Rothamsted, Roy. Soc. Phil. Trans. Ser. 1924.

[2] 王世普等：北京地区冬小麦产量和气象要素的统计分析，《中国农业科学》1979年第1期。

[3] 黄佩民：我国小麦栽培研究的进展，《中国农业科学》1982年第2期。