作物气候评价的几种客观方法

于系民　毕伯钧
胡静芝　郭振江
著

0302003

气象出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

P49:S162
2

作物气候评价的几种客观方法

于系民　毕伯钧　胡静芝　郭振江　著

气象出版社

（京）新登字046号

内 容 简 介

本书是作者研究作物气候评价的数学方法的总结。主要内容有随机试验与优化组合动态方法，句法、属性文法以及模糊数学的模式识别技术在作物气候评价中应用的原理、算法与实例，还提出了农业气候评价随机化与自动化的一些新途径。

本书可供农业气象、气候、生态等行业的科技人员及高等院校有关专业师生参考。

作物气候评价的几种客观方法

于系民　毕伯钧　胡静芝　郭振江　著

责任编辑：　王元庆　黄健

气象出版社　出版

（北京西郊白石桥路46号）

北京顺义燕华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行　全国各地新华书店经销

*　*　*

开本：787×1092 1/32　印张：2　字数：41 千字

1993年1月第一版　1993年1月第一次印刷

印数：1—800册　定价：1.60元

ISBN 7-5029-1103-0/S·0171

序

这本小书的骨干部分是前些年（1983—1985）我们以较新数学模型研究气候对农业影响评价方法的小结。1986年4月应邀在全国气候评价大会上讲了一遍，以后又在冀、辽、豫等省的地方气象学会上，在沈阳农大和中科院应用生态所详细报告过。听众含初、中、高级的科研人员、教师、气象台站技术人员，以及从大专至博士生的各层次同学。报告后，曾多方征求意见，几次修改讲稿，形成此稿并交付出版。我们希望：本书能为弥补“农业气候定量评价方法”的不足，贡献微薄之力。

听众或讲稿的读者，参考其中的方法完成多项研究，其论著有些在国际学报、会议录或国内学术刊物发表，部分曾获奖。这标志着书中方法已起了作用。可以预期，本书一经出版，会有更多读者作进一步研究，对方法加以完善补充。有几位有博士或硕士学位的年轻研究者致力于将方法移植于景观生态学，这说明方法的科学交叉渗透能力强，说明小册子的读者不限于气候或农业气象专业。

由于论题较新，我们的水平有限，书中谬误之处在所难免，望读者指正。

作者　　1991年春

目　录

序
引言 …… (1)
第一章　用随机试验方法评价作物气候要素及病虫害 …… (4)
第二章　用动态规划方法评价作物扩种的气候适应性 …… (16)
第三章　用模式识别方法评价作物生育的农业气候条件 …… (30)
第四章　用模糊数学方法评价作物引种的气候相似程度 …… (43)
结束语 …… (57)
参考文献 …… (58)

引　言

1979年由世界气象组织召开的世界气候会议提出了世界气候计划（WCP），这标志着世界性的气候研究进入一个新的阶段。近十多年来，气候学进展的重要标志之一，是人们开始重视气候同国民经济建设的关系，尤其是气候与农业的关系。七十年代气候干旱和低温导致一些大国农业减产，使社会各界进一步重视了气候。众所周知，气候和它所影响的主要对象——农业，两者都是变动着的。为能最有效地利用有利气候，战胜不利气候，必须动态地、平行地观察气候与农业，最终目标是改善气候。然而当今科学发展的程度和技术水平，还完全不能人为地改善大范围的气候，预测气候也没有成熟的方法，这是气象学界公认的。从纯理论的科学研究角度来看，对未知的客观世界规律，包括农业气候预测原理，乃至改善大范围气候的理论，是应当研究的，尽管在几十年甚至百余年内，其研究成果十分渺茫。维也纳大学的布罗依尔在他所著《人工影响天气的前景和问题》一书中，大胆地提出了人类改造气候的设想，人们当然希望有朝一日该设想能成为现实。五十年代科幻小说中所说的人登上月球的设想，不是已经成为现实了吗？归结到我们的论题，在今天能够做到的，也是农业气候研究的一项当务之急，不是改善大气候的方案，也不是预测气候的方法，而应是从现已掌握的农业和气候两方面的在较大范围有代表性的各种数据出发，对气候影响农业的规律给予评价，从而对各个不同时段

的农业气候有客观的认识。有了这样的客观认识，就能比较好地总结农业生产安排、农业技术措施等是否适应了自然气候为农业提供的条件。有了这样的评价结果，便为以后自觉地使农业生产活动符合气候规律而取得农业的高产稳产奠定了物质基础。

气候影响农业的评价早已有之，说明它历来是引起人们重视的。毫不夸张地说，自有文字记载以来，就有气候对农业影响的评价。我国古代农书典籍、地方志和碑文等的记载，完全可以说明这个问题。有了温度、雨量等气象仪器以后，气候记录逐渐完整起来，气候对农业影响的评价也就有了些数字的说明。在气象台做某年的气候展望时，常常把当年的展望同其前一年的情况做对比，例如1963年初发布天气展望之前，对1962年作个评价："本地区1962年是个旱年，春季和伏天的降水均在历年平均值之下，造成玉米减产。"象这样的气候评价，我国自1958年以来，几乎县县都做了，并一直持续到现在。

真正有组织的农业气候影响评价工作，国际上大约开始于七十年代中期，我国则开始于1982年，国家气象局自那一年开始即布置了各省的气候评价工作，纳入业务，构成业务评定和考核的一部分。之后，地方气象局也下达了相应任务，这使我国以农业为主体的气候评价工作全面展开。但在工作初期，由于方法有限，评价以定性为主，不易抓住"气候影响农业"的本质。看到这种情况，我们从方法上做了些研究，形成了本书中将要介绍的方法。在我们之前，以经典概率统计为主的评价方法，美国、英国等国家的农业气象工作者研究得较多，本书就不予重复了，这个小册子只提新方法，并只限于定量方法。

农业气候评价这门分支学科可以被认为是农业气候学这一学科的一部分。以前，农业气象学界按照苏联农业气象学分类体系将农业气候学研究范围只限于农业气候资源与区划，这是不全面的。其实，农业气候学应是把气候对农业影响的全部问题都包括在内。按照今天学科发展的水平，它应包括：农业气候资源与区划；农业小气候学和农业气候评价学三个部分。我们将要论述的是农业气候学的第三个部分。这一部分，作为一个分支学科，是较新的，但它诞生于20世纪末期，这个时代的应用数学和计算技术已经很发达，在我国已普及到县，所以这门分支学科一开始就应当采用与其他学科结合得好的定量研究方法。读了本书后，希望读者不只是能利用其中方法做好评价工作，而且在工作中，在实践中总结出理性的认识。让处于摇篮中的农业气候评价学迅速成长壮大！

第一章　用随机试验方法评价作物气候要素及病虫害

一、气候对作物影响的随机评价

我国农民历来有谈论年成的惯例，在雨养农业中，年成很大程度上取决于气候。从现代科学观点看，农民说的年成就是气候对作物的保证率地位。在农业气候评价业务中，有必要总结当年安排的各种作物的气候保障性地位。为此，须同历史上的客观气候保证率作比较。但是，气候的变化性，使有限年份观察到的气象要素所左右的那部分产量的保证率，不能代表历史时期的真实情况。依气候数据算出的保证率只不过是有限年份气候记录所反映的主观概率的累计。因而，从主观概率密度出发，构造客观概率模型，是使作物的气候保证率评价从主观走向客观的途径之一，现举例说明。

喀左县玉米气象产量形成的方程是

$$y=34.1+0.21x_1+0.36x_2-0.73x_3+2.9x_4 \quad (1-1)$$

这里：

y为玉米的气象产量；

x_1为玉米生育期总降水量；

x_2为6月1日至7月10日降水量之和；

x_3为6月日照时数；

x_4为播种期降水量。

该县谷子气象产量形成的方程是

$$y'=0.08-1.46x_1'+16.0x_2'+0.86x_3'+0.04x_4' \quad (1-2)$$

这里：

y'为谷子的气象产量；

x_1'为5月下旬和6月上旬极端最高气温；

x_2'为7月下旬极端最低气温；

x_3'为4月至9月的有效降水日数；

x_4'为8月中下旬降水量之和。

为用随机试验方法评价作物产量的客观气候保证率，须先算出现已掌握的观测数据反映出来的自变量的实测结果，将它们转化为指标值，进而计算主观概率。现将由指标自变量引出的主观概率结果分别制成如表1-1所示的表，本研究中共制出8个这样的表。有了这样一套主观概率值，即可着手模拟计算工作。

1．基本原理、计算步骤和机上实现的途径

在随机模拟试验过程中，须先产生随机变量的一系列样本值，即通常所说的随机数。我们这里所用的随机数是在快速计算机上附加一种物理设备——随机数发生器而产生的，所得结果打印成表，应用时只要将随机数表中的随机数按一定规律输入计算机，就能完成具体数值的模拟任务。

众所周知，从生物学意义来说，促成玉米、谷子产量形成的各种气象要素，在历年的不确定性，是很容易理解的。事实上，气候本身的变化、变迁与振动的周期性规律，尚没有被人公认的结论。而且，作物本身的品种、遗传特性以及它对环境的适应程度，也是在不断变化着的。所以，作物产量形成的气候保证率和其中各有关要素的变化，完全可以看成是随机的。用目前既得数据的抽样年份（1959—1984年）

的观测结果，给出x_1的离散形式的主观概率，示于表1-1，其

表 1-1 玉米生育期总降水量（x_1）及其累计主观概率（p_1）的计算

x_1	频 数	累计频数	P_1(%)	$1000P_1$
299.1	3	3	12.0	120
320.0	2	5	20.0	200
330.4	3	8	32.0	320
350.8	2	10	40.0	400
439.0	3	13	52.0	520
460.1	3	16	64.0	640
494.6	3	19	76.0	760
559.1	3	22	88.0	880
663.9	3	25	100.0	1000

余各自变量也可列成类似的表。上表中的主观概P_1即是变量小于或等于所列变量（最左边的一列）数值的累计概率。我们按照随机的规律，从随机数表中取出随机数，同表1-1中$1000P_1$栏目下的数字依次对照，随机数便落入适当的行内，沿所落入的行向左推移观察，便找出x_1的一个值；再用同样方式在相应的表中找出x_2，x_3和x_4的值。将找出的这一组自变量值（包括4个数字），经由方程(1—1)赋值给y，运行结果按一定格式打印，便得出一个y值。

整个过程是用作为伪自变量的随机数代入方程（1—1）或（1—2），进行重复计算的。因为数字完全是随机的，又是拿它同主观累计概率值作对照才得到y值，所以此过程经多次反复后，各个不确定的自变量的数值（即产量形成的主要气象条件）出现的频率，就可以越来越接近这些不确定变量所特有的概率分布。

经模拟计算后，得出各种不同组合的气象要素所形成的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

气象产量值y_i（下标i为随机数的序号）。让我们讲一下“不同组合的气象要素”的意义：比如说对于玉米〔.见方程（1-1)〕，x_1，x_2，x_3，x_4各要素均取最小值为一种组合气象要素，而x_1取最小值，x_2，x_3，x_4分别取其他值又是一种组合气象要素，这样就有很多气象组合，它们代表着历史上千年以上可能出现的模拟的玉米气象条件。然后，将y_i分入相应的增量范围Δy内。用直方图程序打印出y_i落入各个Δy中的频数，接着算出累计概率P_1的客观值，制成直方图和分布函数图。因为气象要素本身的变化规律是渐变的，连续的，所以我们可以把用离散形式表达的直方图纵坐标视为分布的密度函数试验值，把累计概率图的纵坐标视为分布函数的试验值。

2．**气候条件对喀左县作物产量的保障程度的特征**

①两种作物模拟气象产量的概率分布形式极不相同：玉米分布较均匀，正的产量与负的产量分布的面积相差不多；而谷子的分布形式很不均匀，正值产量覆盖的面积显著大于负值产量。定量地说，玉米直方图的偏度系数仅为1.8671，谷子却为－44.3079，可见两者差异很大。

②标准差：玉米为34.6637，谷子为22.2421，说明气象条件所影响的玉米产量分布的离差超过谷子。

③极差：玉米为166.932，谷子为119.532，说明玉米在气象条件影响下的产量高低的变动幅度大于谷子，前者大约为后者的1.4倍。

④峰度：玉米为－6.6205，而谷子高达59.4365，说明谷子产量的集中趋势十分显著。

3．**从保证率曲线图评价界限产量的保证率**

①先人为地给出一个保证率值，如80％，在图1-1中，从

纵坐标找到$F=80\%$的位置，并由此绘出与x轴平行的线AB，再绘出BC（见图1-1），C点位置的横坐标即说明：按80%的保证率，喀左县玉米的气象产量不低于−12.0公斤/亩；同样，由图1-2查出，在该县的气候条件下，按80%的保证率，谷子的气象产量不低于22.2公斤/亩。两者的绝对差值竟达34.2公斤/亩。这一结果表明：在喀左县的具体气候条件下，按同样的80%保证率，谷子的气象产量远高于玉米，且恒为正值，即获得丰收的气候保障性是相当可靠的，而玉米歉收的可能性很大。

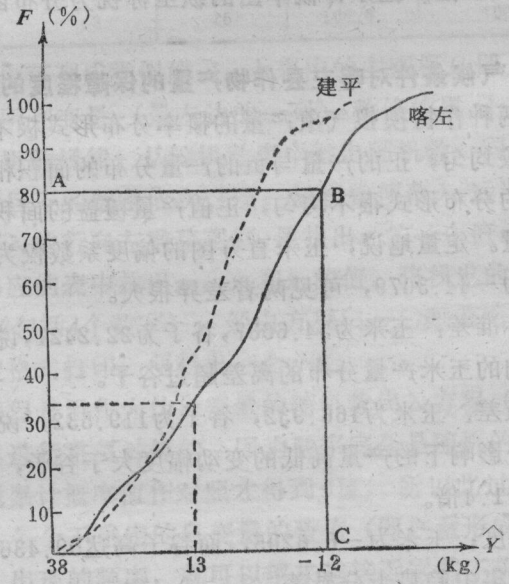


图 1-1 模拟的玉米气象产量不低于 $\hat{y}$ 值的保证率

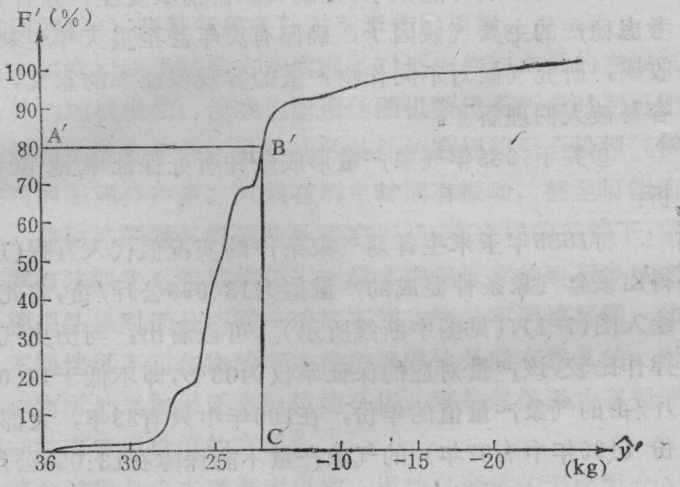


图 1-2　模拟出的谷子气象产量不低于界限值$\hat{y}'$的保证率

②取同样的气象产量反查保证率，查找过程与前相仿，如令气象产量不低于20公斤/亩，谷子的保证率为92%，而玉米的保证率仅为21%，前者为后者的4倍多。

以上数字结果告诉我们，在喀左县这样的辽西半干旱半湿润地区，谷子稳产的保障程度比玉米大得多，如果只从气候条件考虑问题，种谷子取得丰收的把握性比玉米大得多。但作物的实产与气象产量的量级有所不同，玉米的实际产量，按生物学特征，一般总是高于谷子的。所以，为了取得农业生产的总体经济效益，在当地一般年份都要种植一定面积的玉米，尽管冒着“旱年减产”的风险，遇到气象条件适宜年份（一般为多雨年），多种玉米更可取得较高经济效益。将来，随着农业技术水平的提高，农田灌溉条件的改善，自然

气候条件的影响可能减小。但就我国目前农业生产条件而言，考虑稳产的主要气候因子，确保有灾年甚至重灾年也获一定收成，研究气候对不同作物产量的客观保证率的意义，就更容易被人们理解了。

③关于1985年气象产量形成条件所处保证率地位的分析：

将1985年玉米生育期气象条件的实况值代入方程(1-1)，得出该年气象条件促成的产量值为13.099公斤/亩，将此结果绘入图(1-1)，(见图中断线所示)，可以看出：与历史气候规律作比较，该产量对应的保证率仅为33%，即不低于13.099公斤/亩的气象产量值的年份，在100年中只有33年，大部分年份（100年中有67年）的气象产量不能保障在13.099公斤/亩以上。这一结果指出：1985年喀左县的气象条件对玉米的生长发育是比较有利的，但从整个历史时期的气候条件来看，1985年不算是最有益的年份，大约还有三分之一的年份比1985年更适于玉米的生育，会获得更高的产量。

这种分析对于了解人为调节、利用气候的宏观效果的研讨，是有实用价值的。同样气候条件下，甲、乙两地气象产量应相同（由气象要素推定的相同），但实际产量往往不同，其中高产者，说明人类活动对气候的宏观管理比较有效。对于同一地点不同年份，也可作类似研究。

④喀左县玉米生育条件同邻县建平的比较：

我们从100%中减去风险率，得出建平县玉米气象产量的客观气候保证率，将其曲线加绘于图1-1之中。按80%的保证率，建平县玉米的气象产量不低于0.0公斤/亩，可见建平县种植的玉米因气象条件不利而歉收的可能性比喀左小，而有25%的年份，两县丰产（气象产量＞17.0公斤/亩）时的气象

条件相差不多。这表明对玉米最为有利的年份（约占历史气候时期的1/4）两县气象条件对玉米作用相似。

本研究用随机试验方法实现了对形成作物产量的主要气候条件的随机模拟，使我们能用伪随机数代表历史时期可能存在的有关气象条件，并由这些条件的有规律组合模拟气候可左右的那部分产量。气候在历史时期有振动，甚至可能有变迁，作物品种对气候适应性也有变迁，在这样的条件下，蒙特卡罗方法似乎是能够模拟出产量客观保证率的可行办法之一。模拟结果对于分析同一地区不同作物、不同地区同一作物，不同地区不同作物的丰产稳产保障性是颇有意义的。对当年作物所处气候保证率地位的分析，更是气候影响客观评价的一种有实用价值的方法。

整个过程是由主观概率出发，用伪自变量的不同组合，达到对保证率作客观模拟的过程，这种逻辑方法犹如在气象上许多研究从定性走向定量。可以预期，这是一种有发展前景的途径，今后必然涌现出比本研究模拟得好的例证。本研究资料有限，使保证率的客观性受到一定影响。

我们这里用定量方法得出的结合农业生产宏观管理实际的结果，从生物学和物理学意义上，都是可以解释通的。在当地，农业生产和气候条件的实际，说明了结果与群众经验的一致性。在处于辽西半干旱半湿润气候区的喀左县，谷子被农民说成是“铁杆庄稼”，它适合干旱条件，容易稳产；当地的玉米，在少数风调雨顺年份可望获丰收，但一般年份雨量短缺，易减产。喀左与邻县建平的对比告诉我们，除气候条件极好年份，两县玉米气象产量基本相同外，喀左丰产保障性不如建平。其实，两县自然气候条件差异并不大，可能是建平对局地气候改善利用较好，致使那里的玉米“享用”

了较好的自然条件。

二、用随机试验法评价害虫发生程度

1. 问题的提出和资料基础

影响害虫发生的环境因子很多，如气候、营养、天敌和人类的生产活动等，与害虫发生有着密切关系，气象因子是影响发生程度的主导因子。随着科学的不断发展，各学科互相渗透，新的方法不断提出并取代旧的方法。随机试验法就是一种新的定量方法。它从主观概率密度出发，构造客观概率模型，是评价保证率从主观走向客观的途径之一。农作物害虫的发生程度是制定防治措施的重要依据，因而科学地、正确地评价害虫发生程度，则是经济而有效控制害虫危害的关键。

本工作所用的气象资料系取自喀左县气象站1967—1987年实际观测资料，几种主要害虫发生程度是作者10年研究的结果，并建立了中、长期预测模式。二代粘虫中期预测模式为：$\hat{y}=0.1186x_1-0.2561x_2-0.3859x_3+0.6986x_4+0.2554x_5-117.6135$；三代粘虫长期预测模式为：$\hat{y}=0.6943x_1-0.0141x_2+1.5720$；高粱蚜虫长期预测模式为：$\hat{y}=1.5601x_1-0.5266x_2+0.3134x_3+0.4808x_4-29.5583$；二代棉铃虫中期预测模式为：$\hat{y}=0.0155x_1+0.0917x_2+0.0294x_3-3.0457$；笨蝗长期预测模式为：$\hat{y}=-0.0025x_1+0.0917x_2+0.4733x_3+0.2439x_4-10.4313$（为简单起见，各模式因子未列）。

将1987年有关因子代入回归方程，计算出喀左县二代粘虫发生程度$\hat{y}=1.4619$，三代粘虫$\hat{y}=0.8169$，二代棉铃虫$\hat{y}=0.9037$，笨蝗$\hat{y}=1.2054$（以上划分为3级，即1为轻，