

作物产量预报方法

刘树泽 张宏铭 蓝鸿第

农业出版社

内 容 简 介

本书比较全面系统地阐述了目前产量预报中广为使用的各种方法,同时也介绍了当前国外正在积极探讨的遥感方法与动态模拟方法。书中还详尽地汇总了美国、苏联等几十个国家的各种产量预报模式和研究情况。全书共分六章:第一章,农作物产量预报的意义与作用;第二章,产量预报的基本原理;第三章,农学预报方法;第四章,统计方法;第五章,天气、动态和遥感方法;第六章,国外农作物产量预报方法。本书可供农业部门领导和计划部门的工作人员和从事农学、农业气象学、生物学、土壤学研究的人员以及有关学科的院校师生参考使用。

作物产量预报方法

刘树泽 张宏铭 蓝鸿第 编著

责任编辑 霍总会

• • •

农业出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京市昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本: 787×1092 1/32 印张: 12.25 字数: 268千字

1987年1月第一版 1987年1月第一次印刷

印数: 1—2500

统一书号: 13194·0359 定价: 2.85元

目 录

序 言	(1)
第一章 产量预报的意义与作用	(1)
§ 1 产量波动的主要原因	(1)
§ 2 粮食丰欠与粮价跌涨	(4)
§ 3 气候变化和粮食生产——当今世界的最大问题之一	(5)
§ 4 掌握粮食生产信息的重要性	(6)
参考文献	(9)
第二章 产量预报基本原理	(11)
§ 1 农作物产量形成的基本条件	(11)
§ 2 产量形成中外界条件的不同等重要性及临界期与关键期	(30)
§ 3 产量形成过程中前后条件对产量形成的可调性与不可逆性	(33)
§ 4 不同产量预报方法制定的具体依据和共同依据	(35)
参考文献	(40)
第三章 农学预报方法	(41)
§ 1 抽样调查方法	(42)
§ 2 对比分析方法	(59)
§ 3 多因子分割评分方法	(63)
参考文献	(66)

第四章	统计预报方法	(67)
§ 1	产量资料处理方法	(68)
§ 2	线性模式	(88)
§ 3	非线性模式的线性化方法	(93)
§ 4	正交多项式	(96)
§ 5	逐步回归	(99)
§ 6	积分回归	(109)
§ 7	多重回归	(112)
§ 8	谱分析	(120)
§ 9	产量预报中几个回归问题的讨论	(129)
§10	马尔可夫链	(136)
§11	判别分析	(146)
§12	统计决策	(158)
§13	模糊数学	(165)
	参考文献	(179)
第五章	天气、动态、遥感预报方法	(181)
§ 1	用大气环流特征量预报产量	(181)
§ 2	用海温预报产量	(195)
§ 3	用气候变化对产量进行长期预测	(211)
§ 4	动态模拟预报方法	(218)
§ 5	遥感技术的估产方法	(224)
	参考文献	(241)
第六章	国外农作物产量预报方法	(243)
§ 1	美洲和拉丁美洲	(243)
§ 2	欧洲	(286)
§ 3	亚洲	(326)
§ 4	非洲	(351)

§ 5 联合国粮农组织	(353)
参考文献	(363)
附表	(378)

第一章 产量预报的意义与作用

近10—20年来，农作物产量预报方法的研究及其业务服务，为什么会发展的如此迅速呢？因为粮食是人类赖以生存的基本物质。人类的衣、食、住等无一不与农业生产息息相关。世界上任何一个国家，其农业收成好坏均直接影响到它的国计民生，发展中国家更是如此。当今，绝大多数发展中国家的国民经济基础依然是农业。它是国民收入、外贸出口和人民生活的主要来源。如巴西，就把农业看成驾驶国家命运的关键。阿根廷今天是世界第三大农产品出口国，1981年它的农业部获外汇60亿美元^[1]。

§1 产量波动的主要原因

据统计，过去几十年里大多数国家的谷物总产量均有增长。尤其是发达国家粮食增长的趋势更为明显。同时，按人口平均谷物产量也有所提高。但是，1972年是世界粮食供应的转折点。在这之前，粮食生产过剩；在这以后，粮食供应开始紧张。造成世界谷物产量波动的原因很多，既有人为因素，如政策、耕作制度的变革等，也有自然原因，如天灾、病虫害等等。其中哪些因素起主导作用呢？国内外有关学者和农业生产实践表明，造成谷物产量波动的主要原因是天气气候条件。已故中国科学院副院长竺可桢早在60年代初就指出^[2]：“气候仍为目前粮食生产增减的一个重要因素，吾

人急应分析气候如何影响粮食生产，并进一步探讨如何利用一个地方气候的有利因素而减少或免除一个地方气候的不利因素”。国际水稻研究所主持入 N.C. Brady 在分析粮食生产波动的原因时也指出^[1]，“1963—1966 年和 70 年代初期，两次粮食危机都是由于苏联、印度、撒哈拉的严重干旱所引起的”。从表 1.1、表 1.2 和图 1 便可清楚看出气候变化对粮食生产的影响^{[1]~[6]}。特别是 1972 年以来的这次气候异常，不仅出现的地区多，范围广，而且持续时间长，因而给世界各国农业生产带来了严重灾害^[1]。

表 1.1 天气条件影响的世界 25 个主要产粮区谷物产量变化^[4]

作物	无协方差*	有协方差**	偏差 (%)
小麦	11.59	13.28	+15
水稻	4.58	4.81	+5
玉米	5.68	6.24	+10
大麦	5.13	5.42	+6
燕麦	1.95	2.23	+16
高粱	2.06	2.23	+8
黑麦	0.91	1.03	+13
粗粮 (包括黑麦)	8.22	10.04	+22
总谷物 (包括水稻)	14.79	21.08	+43

注： * 产量波动之间无影响； ** 产量波动之间有影响

表1.2 水稻和其他作物产量的年际变动(5)

国	家	作	物	变动系数(%) *	总产(百万吨) **
苏	联	小	麦	12.4	85.9
		水	稻	3.6	1.6
美	国	小	麦	7.3	42.0
		水	稻	3.7	3.9
菲	律	水	稻	6.9	4.9
		玉	米	6.4	2.0
印	度	水	稻	4.5	16.1
		玉	米	4.1	2.7
泰	国	水	稻	5.1	11.8
		玉	米	18.1	1.7
印	度	水	稻	7.1	60.5
		小	麦	5.4	26.5
		大	麦	8.8	2.5
		玉	米	7.0	5.3
		粟		7.7	8.3

注: * 60年代期间的变动; ** 1970, 1971或1972年

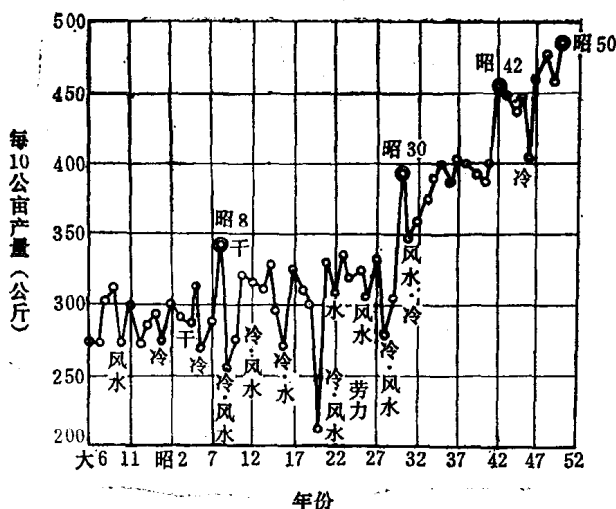


图1.1 日本每10公亩水稻产量的逐年变化

§2 粮食丰欠与粮价涨跌

为了应付70年代初期这次气候异常造成的欠收，苏联和一些东欧国家随即将净谷物进口量从正常年景的 400 万吨猛增至2700万吨。但是，这次美国已经提供不出像60年代那么多的粮食储备了，从而使世界常年储备从9200万吨降至5800万吨，成为20年来的最低水平，致使世界粮食价格直线上升，两年之内，小麦价格增至1972年价格的 3.5 倍，水稻增至近 4 倍。随之，化肥价格也同样迅速增长，肉类价格也相应增加，结果使发达国家也受到冲击。然而，受影响最大的是亚、非两洲，有近50万人死于饥饿。粮食终于成为全球性的问题^[8]。进口国家，亚洲、苏联和东欧一些国家的农业收成好坏，极大地左右着世界市场谷物的动向。拉美对外贸易的模式对世界农业生产的形势，也有着较大的影响，拉美的

农产品三分之二被发达国家，特别是美国和欧洲共同体购买，而它所进口的粮食中，60%来自工业化国家^[1]。如1981年7月21日南极高压前缘掠过世界上咖啡最大出产国——巴西咖啡产区。一夜之间，一批批绿莹莹的咖啡树就成光秃秃的了。这是巴西60年罕见的霜冻，使巴西1982年咖啡收成损失45%，从而使世界市场咖啡价格提高了30%，达1.25美元一磅。欠收，粮价猛升，进口国蒙受巨大经济损失。相反，粮食丰收，粮价下跌，大农场主为之哀叹。据粮农组织报导^{[8]、[9]}，1981年世界谷物总产量达到16.5亿吨，创历史最高记录，比上一年度增长5.8%。增产幅度较大的主要粮食出口国：美国增长23.6%，加拿大22.6%，澳大利亚34.8%。由于粮食主要出口国大幅度增产，出口供应量相应增加，国际市场竞争剧烈，促使世界贸易粮价自1981年初以来开始下跌，直到同年10月份才逐步回升。但到12月又继续下跌。1982年10月美国小麦离岸价格每吨140多美元，比1980年下跌17%，比上年度同期的下跌14.2%，已处于生产成本的水平；美国玉米每吨90多美元，比1980年下跌37%，比上年度下跌20%，已低于生产成本；泰国大米离岸价每吨254美元，比1980年下跌47%，比上年度下跌45%，接近生产成本水平。

§3 气候变化和粮食生产—— 当今世界的最大问题之一

正因为气候变化与农业生产的关系如此密切，粮食生产对气候变化的反应如此敏感，气候异常给农业造成如此巨大的损失，所以，世界各国政府，有关国际组织以及普通民众，日益清楚地认识到国计民生对气候的依赖性；认识到制定国家经济发展规划运用气象气候知识的重要性；认识到农

作物产量预测预报对编制国家的进出口计划和采用相应的农业技术措施具有重大的政治和经济意义^{[10]~[12]}。

基于上述认识，不少知名社会活动家和著名学者认为^[13]，近代气候变迁及其对粮食生产的影响已成为当今世界各国的最大问题之一，特别是对南亚、东南亚、东亚各国来说，更是如此。1979年2月12—22日在日内瓦召开的世界气候大会上通过的世界气候宣言^[14]强调指出：“世界上任何一个国家都会受到气候变迁的影响，特别是干旱、半干旱以及多雨地区的发展中国家，更是如此。人类生活的各方面，如粮食生产、水资源、能源、住宅和卫生等都极大地依赖于气候”。1980年世界气象组织提出的“世界气候计划”中^[15]，把研究气候变化对粮食生产等的影响，列为气候应用计划的重点之一。美国在其今后农业研究战略目标中的综合系统研究方面把“有效管理和保持水土资源、继续提高农业生产效率和农业收成的稳定程度，评价和预测农用土壤、水、空气资源的数量和质量的长期变化，改良土地生产力评价和预测技术；改善天气和空气质量影响农业生产率的估算和预测方法列为1984—1990年农业研究课题计划的重点之一”^[16]。

§4 掌握粮食生产信息的重要性

在世界市场粮价不稳定的形势下，及时准确掌握本国以及全球农业生产，特别是粮食生产的信息，对于产粮国和进口国均有重大经济意义。

1977年苏联小麦欠收，可是美国直到小麦销售季节的第五个月，才获悉这一情报。1978年美国销售了60%的大豆之后，才得知巴西大豆减产的消息。当时，仅这两种作物的欠

收，就波及全球的粮食供求关系，致使小麦涨价20%，大豆涨价10%^[17]。这种例证举不胜举。

综上所述，不难得出，农业收成预测预报，特别是谷物产量预报，无论对发达国家，还是对发展中国家，均极为重要，意义重大^{[18]、[19]}。粮食产量因天气气候条件波动很大，各地区和各国之间的波动也不完全一样。在这种情况下，有了农作物产量预报，各生产国就可事先了解农业收成多少以及可能的出口数量，为及时制订出口计划提供产量信息；而粮食进口国，根据产量预报，结合本国的进口能力适当地决定当年度进口的谷物数额。对一个国家的各个地区来说，情况也大体如此。因为，粮食生产不平衡不仅国与国之间存在，一国之内各地区之间也是不平衡的，尤其是幅员辽阔的国家。产量预报对有关国际机构与援助组织，也是很重要的。它们可以预先了解粮食供应的可能性与需求量，便于尽可能合理地协调和组织粮食紧急援助计划。自从1973年以来，联合国粮农组织特别救济行动办事处对撒哈拉地区受旱国家就采取了粮食紧急援助措施。

1981年12月5日中国农村发展研究中心主任杜润生对我国有关单位开展农产品产量预测预报工作批示指出：“此项工作很重要，继续下去会有更好结果，初试成绩已起了作用”。

苏联水文气象与自然环境监测委员会主席 Ю.А.Израэль 1982年在题为“为食品纲要服务中大气科学和地球物理学的作用”一文中指出^[20]，苏联的农作物生长的农业气象条件和放牧场放牧条件，远不如美国和西欧一些国家的好。苏联谷物总产量年际波动达6000—8000万吨。因此，研究天气和气候条件对产量的影响具有重大意义。今后，应进一步

加强农作物产量预报的理论研究，在考虑土壤-植物-大气系统中的能量与质量交换过程的基础上改进《天气-产量》动态模式。而美国，在国家海洋大气管理局、国防部和农业部的倡议下，华盛顿国防大学于1977—1978年邀请24位世界著名气候学者对到2000年气候变化对粮食生产的影响作了初步预测。

总之，产量预测预报工作愈来愈引起人们的极大关注。随着农业科学技术的进步，农作物产量预报工作，必将向纵深发展。

最后，须强调指出，农业生产不同于工业生产。农业在今天，乃至很久的将来仍将是露天作业，受天气气候条件影响极大。国内外研究和先进的农业生产实践证明，农业技术水平愈高，产量的年际波动愈大，要想种好庄稼，就更需要气象的保证。换句话说，愈是现代化农业，就愈离不开气象。因此，为实现我国农业现代化，我们面临的气象为农业服务的任务是十分艰巨的，它要求我们不仅提供各种天气情报与预报，而且提供各种专用的农业气象情报和预报。如什么时候播种最适宜，播种量多少最合理，何时追肥和灌溉，追灌多少经济有效；采用哪种耕作方法好？农作物生长、发育状况和未来的产量如何，什么时候收割最佳，准备哪些农机具等等，无一不需要气象配合，才能低成本，高效益。如各作物都有一个适宜的播种期，错过时期，播得过早或过迟，均会影响最终收成。适时播种的冬作，植株抗寒能力强，增产潜力大；不适时播种的植株，有效茎数少，绝对千粒重低。晚播冬作植株缺苗率增加7—10%，早播的增加15—20%。不适时播种还将影响无机肥效。再拿农业机械化来说吧，农机具的工作效率和质量，同样也与环境条件关系甚

大。国外研究表明,当10厘米土层的土壤水分为5—15毫米时,整地质量最好,农机工作效率最高(80—100%),收成损失最小,小于10%;若这一土层的土壤水分为30—35毫米时,整地质量最差,农机工作效率低(50%),收成损失最大30—40%。至于作物栽培工厂化,那就更须根据作物对环境条件的具体要求加以调控,才能既高产、优质早熟,又节约能源^[21]。仅以上述种种,就足以说明,现代化的农业生产对气象服务工作的要求,是愈来愈严格,愈来愈详细。让我们广大气象科技工作者,特别是农业气象工作者为把我国的农林牧副渔各业生产全部建立在科学的基础之上,创造一个高产的生产系统和高效的生态系统的现代化农业作出自己的贡献!

参 考 文 献

- [1] 姬美编译,拉美国农业现状一瞥,世界农业,(2),(1982)。
- [2] 竺可桢,论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系,人民日报,1964年3月17日。
- [3] N.C. Brady 著,陈道等编译,综观世界粮食生产问题(一),世界农业,(7),(1982)。
- [4] M. S. Swaminathan, Global aspects of Food production, World climate conference, WMO, (1979)。
- [5] Hayao Fukui, Climate variability and agriculture in tropical moist regions, World climate conference, WMO, (1979)
- [6] 坪井八十二编,林振耀等译,气象异常与农业,科学出版社,(1983)。
- [7] 纪乃晋,一九七二年以来世界各地天气气候的异常概况,气象科技资料,(1),(1973)。
- [8] 李颂,当前主要农产品国际贸易,世界农业,(4),(1982)。
- [9] 张桐,世界粮食生产发展状况和前景,世界农业,(3),(1983)。
- [10] L. E. Slater等,Climate impact on Food supplies, (1981)。

- [11] Climate and Food, (1976)
- [12] Ю.Л.Раунер, климат и урожайность зерновых культур, (1981).
- [13] 高桥浩一朗等编, 刘树泽等译, 气候变化与粮食生产, 气象出版社, (1983)。
- [14] 世界气候大会宣言, 气象科技, (4), (1979)。
- [15] 邱杏琳译, 1980—1983年世界气候计划提要, 气象科技, (6), (1980)。
- [16] 陈厚基编译, 美国农业研究的战略目标, 世界农业, (1), (1984)。
- [17] 美国AgRISTARS 计划, EDIS, 11 (4), (1980)。
- [18] Agrometeorological crop monitoring and forecasting, FAO, (1979)。
- [19] И.И.Дряганкин и др., Экономическое значение прогнозов урожайности зерновых культур, Тр.КазНИГМИ, (77), (1982)。
- [20] Ю.А.Израэль, Роль атмосферных, геофизических наук в обеспечении Продовольственной программы, мет.и гидр., (12), (1982)。
- [21] 刘树泽, 气象为农业服务, 世界农业, (4), (1985)。

第二章 产量预报基本原理

§1 农作物产量形成的基本条件

各种农作物的产量形成过程，实质上都是能量的转化与贮存过程。但是大家都知道，这一过程不能凭空产生，而是要依赖一定的基本条件配合以物质供应，这样才有可能促成相应的转化或贮存。所以，研究农作物产量预报方法时，无论从何种学科出发（农业气象学的或农学的），首先必须对农作物产量形成的基本条件所包括的各个方面，以及它们之间的相互关系等有一基本认识，这样才有可能搞好产量预报。

总起来看，构成农作物产量形成的基本条件可分为四个方面，即农作物生物体本身、土壤肥力条件、外界气象条件和一定的农业技术措施。这四方面条件既是独立地，又是互相联系地对农作物产量形成做出各自的贡献。苏联Константинов А.Р.^[1]把这些条件分别称之为生物组、气象组、土壤肥力组和农业技术组，并把它们以及它们与产量的关系用下图表示，如图2.1。如果把这些基本条件与产量形成过程作为一个系统来看，那么在这系统中，既有物质能量的输入，也有物质能量的输出。系统的实体部分应是农作物本身，而输入包括气候资源、土壤资源和人文结构等，输出部分便是农作物产量。

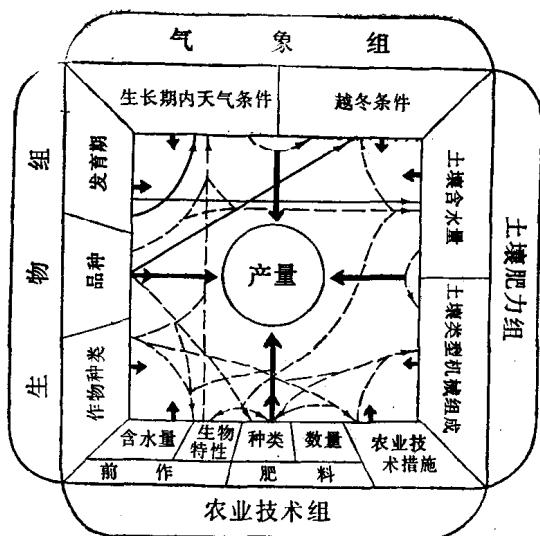


图2.1 产量形成与外界环境关系图 (以冬小麦为例)

1. 生物组 (系统的实体部分) ——农作物

农作物是能量和物质循环的场所，农作物本身宛如一台绿色机器，以它的生物遗传特性、生物学特性以及各种生理机能与外部因素相结合，而外部因素 (因子) 能不断为生物体的建造提供能量和物质，致使最终构成人类所必需的产量。所以产量的高低，首先就与这台机器的工作效率有关。在研究产量预报方法时，一开始就必须对所预报的作物对象有所了解，诸如它是何种作物、属何种品种类型及其生物学特性如何，以便使预报方法尽可能有其生物学依据，而不只是简单的相关统计，只有这样预报效果才比较稳定和符合实际。

从预报作物产量角度来了解农作物，最重要的是该作物