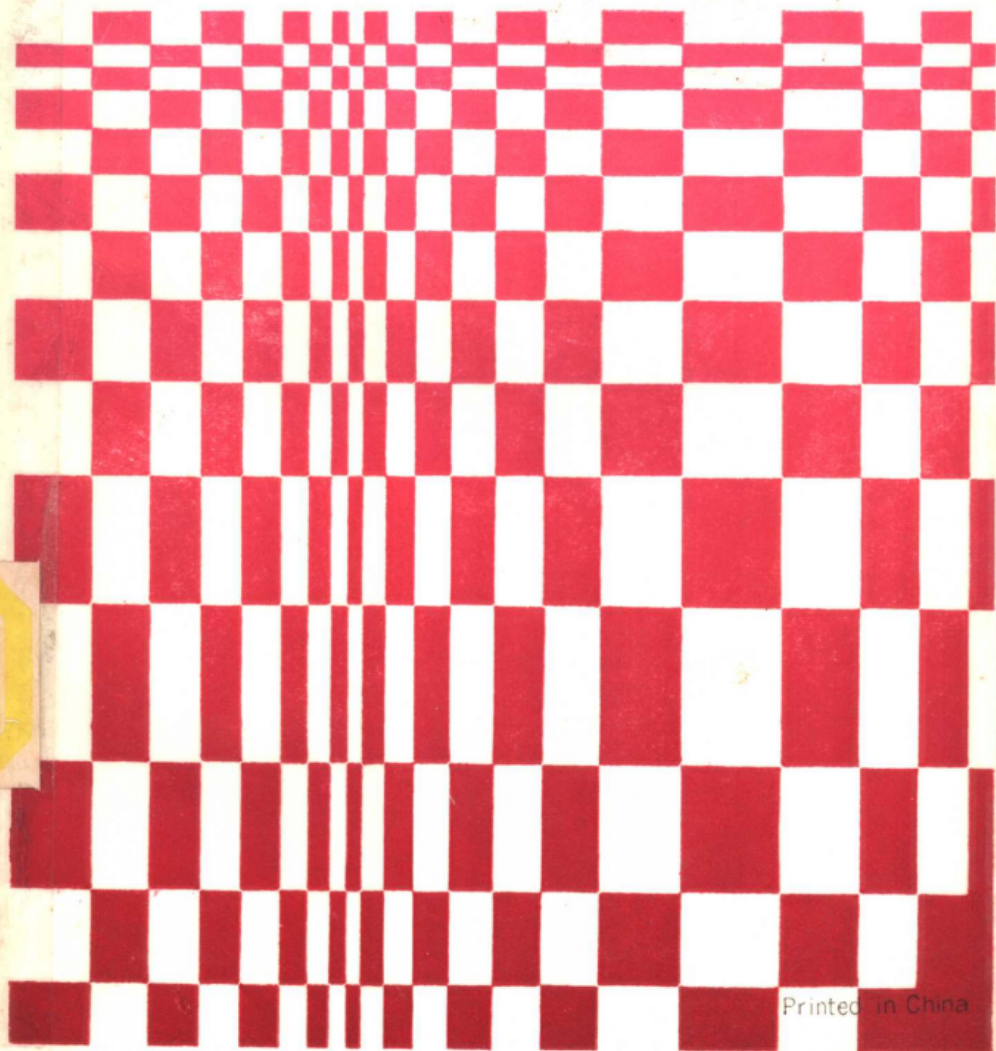


農業生產模型

—氣候、土壤和作物—

中國農業科技出版社



Printed in China

责任编辑:



封面设计:马钢

中國農業

科技出版社

ISBN 7-80026-112-3/S·81

定价 7.50 元

农业生产模型

——气候、土壤和作物

H. 范柯伦 J. 沃尔夫 主编

杨守春 王涌清 陈同斌 译
孙昭荣 刘菊生

杨守春 王涌清 胡文林 校

内 容 提 要

本书介绍了采用数学模型的方法,对气候、土壤和作物进行定量研究,可在较短时间内,用较少的人力物力的投入,得到可靠而优化的结果。全书共分九章,并有习题练习解答等附录。本书注重系统性、综合性,具有较强的科学性,因地因时制宜的观点明确,内容丰富,对于提高农业科研水平有很大借鉴和指导作用,也可作为农业院校重要参考教材。

农 业 生 产 模 型

——气候、土壤和作物

H.范柯伦 J.沃尔夫 主编

译校者:杨守春 王涌清 陈同斌

孙昭荣 刘菊生 胡文林

责任编辑:林 泉

封面设计:马 钢

中国农业科技出版社出版

(北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京新华印刷厂印刷

开本:787×1092毫米1/32 印张:17.3125 字数:310千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷

印数:1—2000册 定价:7.50元

ISBN 7-80026-112-3/S·81

序 言

本书把读者引导到受环境条件和管理措施影响的农业生产的定量研究方面，目的在于帮助接触这些课题的读者，熟悉用这一方法进行农业生产潜力的基本估算。为了便于直接应用本书所介绍的理论，教材中包括了许多练习和例题。

本书所介绍的方法，是由一个研究世界粮食供应以及农业生产潜力和限度问题的多学科研究小组——世界粮食研究中心(SOW)提出来的。

出版这本模拟专著的直接目的是为一门有关上述问题的国际课程提供教材。该课程由瓦赫宁根农业大学的J.H.德鲁博士与世界气象组织的D.A.赖克斯博士的密切合作，共同开设的，并在财政上得到了国际合作荷兰理事会(DGIS)、欧洲共同体(EC)和联合国粮农组织(FAO)的支持。本书是根据作者们在讲课期间提出的讲稿和C.T.德威特教授的宝贵意见编写而成。在讲课期间和本书编辑阶段，得到了D.M.詹森先生和H.H.范拉尔夫人的很大帮助，P.W.J.尤索尔为本书列选参考文献，R.赫尔德夫人为多数稿件的初版打字，M.A.博斯夫人完成手稿的定稿工作以及G.C.比克霍夫先生准时完成绘图，对于他们卓有成效的工作深表感谢。

H. 范柯伦

J. 沃尔夫

撰 稿 人

Berkhout J. A. A., 世界粮食研究中心, c/o C.A.B.O., P. O. Box 14, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Driessen, P. M., 农业大学土壤地质系, P. O. Box 37, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Faber, D. C., 世界粮食研究中心, c/o C. A. B. O., P. O. Box 14, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Heemst, H. D. J. van, 农业生物研究中心, P. O. Box 14, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Keulen, H. van, 农业生物研究中心, P. O. Box 14, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Laar, H. H. van, 农业大学理论产量生态学系, P. O. Box 430, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Rijsdijk, F. H., Fyto consult bv, Boeslaan 21, 6703 EN, 荷兰瓦赫宁根。

Schouten, H., Directie Organisatie en Efficiency, Ministerie van Landbouw en Visserij, P.O. Box 20401, 2500 EK, 荷兰海牙。

Wit, C. T. de, 农业大学理论产量生态学系, P.O. Box 430, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

Wolf, J., 世界粮食研究中心, c/o C.A.B.O., P. O. Box 14, 6700 AA, 荷兰瓦赫宁根。

译者的话

农业生产是一个很复杂的问题，它受自然条件、社会经济和作物本身等各种因素的影响。为了研究农业生产的最优效果，在现代农业科学技术中，已采用模型的研究方法，通过模型对影响农业生产的因素进行研究，可以在较短时间内，用较少人力、物力和财力，得到可靠而优化的结果。

《农业生产模型》一书就是用数学模型的方法，对影响农业生产最重要的因素——气候、土壤和作物等方面定量研究农业生产的科学专著。该书由荷兰农业科学家集体编写而成，全书共分九章，主要内容有：从植物同化作用、呼吸作用和干物质的积累等基本原理分析了作物的生产潜力；从水分蒸发蒸腾、水分平衡、水分利用，研究了有效水分和作物产量的关系，从作物产量和营养需求，研究了土壤有效养分、施肥量和作物产量的关系；建立农业生产模型基本数据的收集和處理；耕作制度、土壤改良农业信息的应用；对作物生产的计算机模型等方面作了深入的探讨。为了加深对书中各章内容的理解和便于在生产实际中应用，各章节中都安排了若干练习，书末有习题解答，并附有模型程序清单。

本书具有以下一些突出的特点：

1. 注重了系统性和综合性。本书把农业生产作为一个大系统来研究，既考虑到影响农业生产的各种自然因素，如气候、土壤、作物生理特性等，同时又考虑了物质投入、劳动生产率、生产管理等人為因素和社会经济条件。从本书农业

生产模型的总体设计看，也是以多目标、多因素来全面分析农业生产问题的。

2. 具有较强的科学性。由于综合是在分析基础上进行的，因此本书各章节从不同影响产量因子所建立的子模型中，考虑的参数项和变量非常全面，深入细致，既涉及微观范畴，又联系宏观领域。如作物潜在产量模型重点研究温度、辐射与作物生理、作物物候间的关系；水分限制产量模型侧重考虑气候-土壤-作物的水分平衡与产量关系；养分模型则考虑产量与作物吸收、养分回收和施肥量之间的关系进行建模等等，所有模型都是在科学的定量化、规范化基础上严谨仔细地建立的。

3. 因地、因时制宜观点明确。农业生产是自然再生产与经济再生产结合的复杂过程，各地条件千差万别。本书在建立农业生产模型过程中，坚持了实行分类处理的原则。如将生产条件分成四类建模，即①由辐射、温度决定作物潜在产量的模型；②以水分限制为主的生产模型；③水分、养分同时限制的生产模型；④低投入农业生产模型（自给性为主的农业）。在土壤改良方面，也分成四类情况建模。

总的看来，本书在定量研究农业生产方面，内容丰富，全面系统，科学性强，对于提高农业科研水平有很大借鉴和方法性指导作用，同时也可作为农业大专院校的重要参考教科书。本书可供气象、土壤、植物营养、农学、农业经济等有关专业的科研单位、技术行政部门和高等院校师生，特别是研究生、科技人员、科技管理人员阅读和参考。

本书由刘寄陵同志终审并提出了宝贵意见，特此致谢。

译者

1988年8月

目 录

第一章 引言	(1)
第二章 作物潜在产量	(11)
2.1 生理学原理	(11)
2.1.1 单叶的 CO_2 同化作用	(13)
2.1.2 冠层的 CO_2 同化作用	(15)
2.1.3 呼吸作用	(20)
2.1.4 干物质积累过程	(24)
2.2 作物物候学和干物质分配	(26)
2.2.1 引言	(26)
2.2.2 水稻的发育和干物质分配	(31)
2.2.3 玉米的发育和干物质分配	(34)
2.2.4 木薯的发育和干物质分配	(38)
2.3 作物潜在产量的一个简单模型	(41)
2.3.1 引言	(41)
2.3.2 一个实例	(43)
2.3.3 同测定值比较	(60)
第三章 根据土壤有效水分确定作物产量	(64)
3.1 潜在蒸发蒸腾量	(64)
3.1.1 引言	(64)
3.1.2 辐射	(65)
3.1.3 蒸发	(70)
3.1.4 潜在蒸发蒸腾	(76)

3.2 土壤水分平衡	(77)
3.2.1 土壤水分动力学的基本原理	(80)
3.2.2 水分平衡中的各项参数	(88)
3.2.3 生长季节中各时期土壤水分平衡方程的解	(116)
3.2.4 对一个时间间隔做水分平衡分析后的变量校正	(118)
3.3 水分利用与作物生产的关系	(123)
3.3.1 蒸腾系数的概念	(123)
3.3.2 蒸腾系数的应用	(129)
3.3.3 养分状况的影响	(131)
3.3.4 蒸腾系数和水分利用率	(134)
3.4 水分限制生产的简单模型	(136)
3.4.1 引言	(136)
3.4.2 试验详情	(137)
3.4.3 实际计算过程	(138)
第四章 根据有效养分确定作物产量	(163)
4.1 作物产量和养分需要量	(163)
4.1.1 引言	(163)
4.1.2 养分供应和作物效应	(163)
4.1.3 产量-吸收关系	(169)
4.1.4 施肥量-吸收量的关系	(183)
4.1.5 元素间的相互作用	(192)
4.2 养分要求和肥料需要量	(194)
4.2.1 养分限制的识别	(195)
4.2.2 从不施肥土壤中吸收的养分量	(197)
4.2.3 肥料养分的回收	(199)
4.2.4 肥料养分的需要量	(206)
第五章 基本数据的收集和处理	(215)
5.1 引言	(215)
5.2 气象数据	(220)

5.2.1	辐射	(221)
5.2.2	气温	(221)
5.2.3	大气湿度	(222)
5.2.4	风速	(223)
5.2.5	降雨量	(223)
5.2.6	潜在蒸发蒸腾	(224)
5.3	土壤数据	(225)
5.3.1	土壤物理数据	(225)
5.3.2	土壤化学数据	(239)
5.4	植物数据	(250)
5.4.1	光合能力	(250)
5.4.2	呼吸损失	(252)
5.4.3	物候学	(254)
5.4.4	干物质的分配	(256)
5.4.5	气孔的作用	(260)
5.4.6	养分需要量	(262)
5.4.7	若干附加的数据	(262)
第六章	耕作制度	(264)
6.1	作物农时、宜耕性及劳动需要量	(264)
6.1.1	引言	(264)
6.1.2	作物农时	(265)
6.1.3	宜耕性	(266)
6.1.4	劳动需要量	(267)
6.1.5	人类活动的选择	(273)
6.1.6	泰国东北部移栽水稻、玉米和木薯的作物 活动农时和劳动需要量	(274)
6.2	低投入农业	(278)
6.2.1	引言	(278)
6.2.2	基本需要	(278)

6.2.3	农业体系中的产量平衡	(281)
6.2.4	轮垦	(285)
6.2.5	水稻单作	(288)
6.2.6	泰国东北部一个混作实例	(291)
6.3	杂草和病虫害	(294)
6.3.1	引言	(294)
6.3.2	杂草模型	(295)
6.3.3	除草	(298)
6.3.4	病虫害	(305)
6.3.5	多周期性群体生长的动态	(312)
6.3.6	养分状况与病虫害的相互影响	(320)
6.3.7	气候的影响	(322)
6.3.8	其他影响群体生长的因素	(322)
6.3.9	杂草和病虫害的防治	(323)
第七章	土壤改良	(327)
7.1	改良	(327)
7.1.1	引言	(327)
7.1.2	改良的效果	(328)
7.1.3	一个模拟实例	(328)
7.1.4	改良所需的劳力投入量	(328)
第八章	农业信息的应用	(346)
8.1	世界粮食研究中心社会-经济模型中的农业 信息应用	(346)
8.1.1	引言	(346)
8.1.2	研究的特点和结构: 一种模拟方法	(347)
8.1.3	农用能源	(356)
8.1.4	社会经济因素	(357)
8.1.5	地区规划	(357)
8.1.6	国际贸易和援助	(358)

8.1.7 小结	(360)
第九章 作物生产的计算机模型	(361)
9.1 作物生产的FORTAN模型	(361)
9.1.1 引言	(361)
9.1.2 模拟模型的描述	(362)
9.1.3 模拟模型的变量数据库	(392)
9.1.4 模型的程序清单(见附录4)	(398)
9.1.5 缩写词表	(398)
附录1 练习答案	(410)
附录2 符号表	(473)
附录3 参考文献	(486)
附录4 模型的程序清单	(496)
附录5 模拟专题方面已出版的著作	(540)

第 一 章

引 言

C. T. de Wit

农业可以解释为人类借助动植物，以太阳作为能源生产有用有机物的活动。农业生产所要求的最低限度的资源是土地和劳力，加上阳光和雨水。如果有足够的土地可供利用，对于许多土壤类型和气候条件来说，今天的农业系统已经发展到可使生活中的粮食、衣物、住所和燃料得到满足。除非条件非常有利，这些农业系统是生产不出比最低需要量更多的产品的。但是，人是在有住所条件下发展起来的特种动物，人类文明的发展又是同都市生活的发展紧密相联的。为了维持大量非农业人口的生计，农业人口的生产力必须大大高于自身的生计水平。只有在一个充分鼓励使用农用生产资料的经济结构内，非农业部门能为农民生产那些资料时，这才有可能。

虽然不可能对上述生产资料作出明确的分类，但它们可以分别归入节省劳力、提高产量和生产保护这三种类型，例如机械、化肥和农药。虽然生产保护的发展不能离开化学工业，但只有生产保护的投入才能使其在制造和使用过程中消耗能量较少。因此，夸张一点说，现代农业可以解释为将不可食用的矿物能(矿物油和天然气)，通过植物、动物和太阳转

化为可食用能的人类活动。

在第二次世界大战以前，美国农业的重点仍然放在机械化方面。拖拉机代替了马，从前为马生产饲料的土地，可以为其他目的栽种作物。美国以这一方式进行经营，就全国范围来看农业产量得到了很大提高，但是，每公顷产量提高甚少：从图1可以看出，小麦产量每年仅增加3公斤/公顷左右。同一时期的欧洲，把农业生产重点放在提高土地单位面积的生产力方面，但是，结果也不很理想，每年增长的幅度大约为：英国4公斤/公顷，荷兰18公斤/公顷。

第二次世界大战后的几年，小麦年产量增加很快。如图1所示，美国和英国的年增长量达50~80公斤/公顷。一般来说，产量的这种持续增长可能是改良土壤、施用化肥、控制病害和引进品种（它们能使增加的投入获得更充分的利用）等措施共同作用的结果。在许多地区，小麦产量仍然很低，

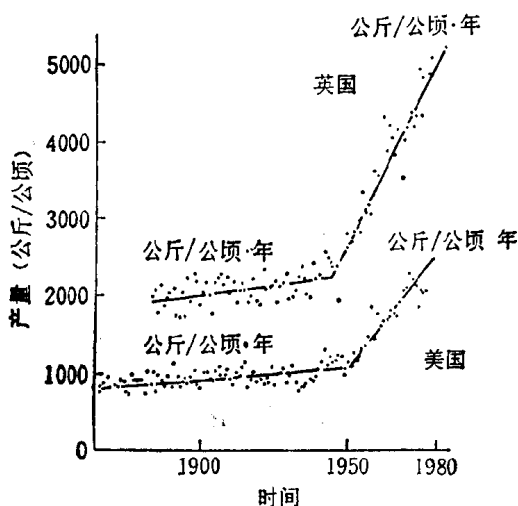


图1 近百年来英国和美国的平均小麦产量

以致绝对产量每年增长 50—80 公斤/公顷，则相当于相对产量每年增加 2 % 以上。

其他作物的增长情况也大致如此。在工业化国家，这种产量增长的势头超过了人口的增长速度。由此而产生的多余的粮食和土地被更多地用于奶类和肉类生产，有些土地还可派作其他用场。

与此对比，非洲、南美、亚洲的谷物年产量平均每年分别增加 10、19 和 25 公斤/公顷 (图 2)，略高于第二次世界大战前世界上工业化国家的增长速度。这一情况表明，生产的某些知识和手段在逐步由北向南传播。然而产量以这样的速度增加实在太慢，不足以防止饥饿和营养不良。例如在非洲，当平均谷物产量为 1000 公斤/公顷时，每年增加 10 公斤/公顷，增长率亦仅为 1%，在近十年，就是这样的低增长率也还是估计过高的。产量的这种增长速率远远低于 2~3 % 的年人

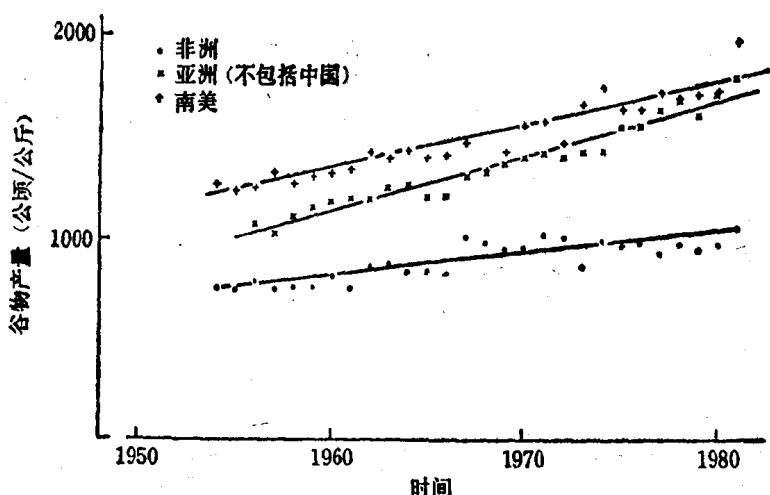


图2 1954~1980年非洲、亚洲和南美的平均谷物产量

口相对增长率。直到目前，这一差距虽然由于扩大耕地面积多少得到缓解，但是，在家庭或村庄的社会经济结构内，通过简单手段即可改良的土地正在日益减少，要作进一步改良必须采用更加先进的技术。因此，要改善这一地区的粮食状况，或者不得不采用机械来扩大耕地面积，或者要增加投入，如增施化肥，以提高单位面积产量。这两条途径的实行都要求有一个开放的经济，使农民在出售他的农产品时，可以收入足够的钱，以支付必要生产资料的开支。虽然贸易条件通常并不那么有利，但是，就已知的农业生产过程而言，那种认为没有上述技术手段，也可以从实质上改善世界粮食生产状况的主张还没有被证实是可行的。

上面举例所用的平均产量数字中隐含着许多差异。某些发展中国家具有丰富的资源和促进农业发展的经济结构。那里的价格水平，至少可以使一些农民有能力支付改良土壤、施肥、防治病虫和采用良种的费用。但是，政策还不能使那些最贫困的人口具有购买最低限度必需品的能力，因而还继续存在饥饿和营养不良。这种情况甚至在世界上比较富裕的国家中也还存在。还有一些贫困国家，土壤瘠薄，气候不利，几乎没有其他资源，处于封闭状态，并且人口增长很快。这些国家即使能出口经济作物，也只能引进那些必需的农业生产资料。货物的进出口运费提高，致使这条增加生产的途径也常被堵塞。因此，这些国家要得到发展，必须依赖于超越国界的政治和经济上的团结一致。

因此，改善粮食状况的前景还在于国家和国际政治经济方面的改善。国际政策的一致，目的在于把世界市场的价格稳定在一个合理的水平上，增加发展中国家渗入富国市场的机会，为发展中国家和贫困国家创造更加有利的地位。其