

农业结构最优化问题探讨

姜 德 华

根据地区自然、经济条件特点和国民经济需要来调整农业结构,是充分合理利用资源促进农业生产发展的一个关键问题,也是制定农业区划和农业发展规划的重要内容,而农业结构最优方案的论证,又是其中的一个核心问题。这个问题涉及到农业生产的目的性、自然条件、自然资源、人力、物力和资金的安排、农产品的成本、价格、利润、市场和销路等一系列问题。

农业包括的范围很广。有人概括为农业、林业、牧业、禽业、渔业、虫业、微生物业和副业等八类。不过从习惯上来讲,禽业可归并到畜牧业,虫业和微生物业在一定程度上与副业有关,作为独立的农业部门研究还很不够。所以,这里还是按照农、林、牧、副、渔的习惯说法来讨论农业结构问题。所谓农业结构就是指农、林、牧、副、渔各业的规模、组合和布局关系。其中的种植业结构乃是研究粮、棉、油、麻、丝、茶、糖、菜、烟、果、药、杂各业的发展规模、组合和布局关系。

农业生产是个有机的、统一的整体。在一定的自然、经济条件下,农业各部门组成与之相适应的最佳比例关系,成为相互联系、相互依存、相互促进的有机整体,这就叫做合理的农业结构。农业结构的最优化,就是探索在一定的条件下农业各部门的合理结构问题。为此,必须作到:农业各部门的发展与农业自然资源、自然条件相适应,与农业生态环境相适应,与国民经济和人民生活的需求相适应,与国民经济有计划按比例发展规律的要求相适应。

农业结构的研究涉及多因素、多部门、多学科,具有强烈的综合性。组成农业结构的各个要素和各个部门彼此联系、相互制约。它们的地位有主次之分,而又不可相互代替,只要某个因素起变化,必然引起其他相关因素的变化,甚而导至农业结构整体的变化。合理的农业结构,要求尽量利用有利因素,改造和避开不利因素,使农业生产朝着理想的方向发展。

农业结构的研究还有着严格的系统性。农业结构系统是个完整的输入——物质、能量转化——输出系统。合理的农业结构,要求光、热、水、气、养分等资源的输入尽可能处于稳定状态,生物群体及个体结构内的物质能量转化达到高效率,农产品的输出尽可能多样化並趋向极大化。这种情况,只有在农业自然生态系统、农业经济系统与农业结构系统处于“良性循环”的状态下才能出现。

农业结构形态还有着明显的地域性。不同的地理带、地域单元,都有各具特点的农业结构形式和具体内容,不能千篇一律地套用一个模型。合理的农业结构,要求遵循因地制宜的原则,按照不同的区域级别、条件特点,组成相互联系、彼此衔接的农业生产地域结构系统。

查明自然、经济和技术等因素对农业的影响,是农业结构研究的基础。自然因素包括土地、热量和水份等;经济因素包括人口、劳动力、农业政策、生产力水平、经营管理方式、产供销体系等;技术因素包括劳动素养、农业物质技术装备、农产品加工、运输

和贮藏技术等。自然因素是基础,提供建立某种农业结构的可能性;经济因素一方面影响农业结构的形成、发展规模与方向,另一方面要求农业结构形式与一定的农业生产水平和经营管理方式相适应;而技术因素则是沟通自然因素与经济因素的渠道,把建立某种农业结构的可能性、必要性转化成为现实性。三者相辅相成、不可分割,通过一定的内在联系,综合作用于农业结构整体。分析这些因素时,必须同时注意质量和数量两个方面,尤其要把定量分析渗透到农业结构的研究中去。

农业结构的最优方案论证,首先必须明确所要达到的主要目标。例如使农业产量达到最高、产值最大、成本最低、利润最丰厚或者光能利用最充分等。

其次,要弄清楚在实现这一目标时将会遇到的各种限制性因素和约束条件。例如水资源的多少和灌溉条件的限制,土壤养分和施肥水平的限制,劳动力数量和技术水平的限制,土地资源数量和质量等的限制等。同时要从它们的内在关联上通过适当的指标给以量的规定。这就是前面所谈到的影响农业结构的因素分析的定量化过程。

第三,把农业结构问题转化为数学问题,建立相应的数学模型。例如优选法模型、线性规划模型、多目标规划模型等。

第四,对数学模型求最优解。简单的问题利用手算、表上作业、图上作业即可求出最优解。但一般说来,农业结构模型的求解非常复杂而繁琐。当一个模型中出现多个、几十个甚至几百个变量时,利用电子计算机求最优解可以取得多、快、好、省、准的效果。

第五,对所求的结果进行验证(有的在计算机求解中即可完成),并作出必要的解释,最后提出推广应用的措施和意见。

利用线性规划模型求农业结构最优解是一种比较理想而可行的方法。线性规划的一般数学模型如下:

$$\text{目标函数: } Z = \sum_{i=1}^k C_j X_j \longrightarrow \max$$

(或 \min)(最大或最小)

$$\text{限制条件: } \sum_{j=1}^k a_{1j} x_j \leq (\text{或} =, \geq) b_1$$

$$\sum_{j=1}^k a_{2j} x_j \leq (\text{或} =, \geq) b_2$$

.....

$$\sum_{j=1}^k a_{mj} x_j \leq (\text{或} =, \geq) b_m$$

式中: $c_j (j=1, 2, \dots, k)$ —— 价格系数、费用系数或利润系数

$$a_{ij} (i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, k)$$

—— 已知常数, 或叫资源消耗系数

$$b_i (i=1, 2, \dots, m) \text{ —— 资源数量}$$

量

$$x_j (j=1, 2, \dots, k) \text{ —— 所求的}$$

未知数

下面利用线性规划模型,以山东省禹城旱涝碱综合治理实验区为例来论证该区农作物结构远景(1985年前后)的最优方案。目标是使粮食、棉花、油料和麻类四种作物(占该区总耕地的绝大部分)的产值达到最大。设粮、棉、油、麻四种作物的面积占耕地总面积(或这几种作物所占耕地面积之和)的比例分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 。预测这四种作物到1985年前后的亩产分别为800斤、100斤、200斤、400斤,每斤的价格分别为0.1286元、1.478元、0.4739元、1.0385元。於是便可写出一个求亩产值达到最大的目标函数:

$$\begin{aligned} z = & 0.1286 \times 800x_1 + 1.478 \times 100x_2 + \\ & 0.4739 \times 200x_3 + 1.0385 \times 400x_4 \\ & \longrightarrow \max \end{aligned}$$

为了达到这一目标,必须充分利用当地自然、经济优势,有效利用土地和水、肥、劳力等资源。并按一定数量指标建立一系列关系式。

设耕地面积等于1, 则四种作物占用耕地的约束可写成:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 1$$

经估算, 该区粮、棉、油、麻四种作物每亩用水量分别为190方、140方、117方、100方, 每亩平均耗水量不超过170方, 於是便有:

$$190x_1 + 140x_2 + 117x_3 + 100x_4 \leq 170$$

按估测, 以上四种作物每亩平均化肥施用量分别为100斤、160斤、128斤、53斤、每亩平均不超过110斤。则施肥水平限制可写成:

$$100x_1 + 160x_2 + 128x_3 + 53x_4 \leq 110$$

经估算, 以上四种作物每亩平均用工分别为35个、50个、30个、28个, 平均不超过37个。则劳动力限制可写成:

$$35x_1 + 50x_2 + 30x_3 + 28x_4 \leq 37$$

根据国家和当地需要, 粮食耕地占总耕地的比重不能小于0.65, 由于市场和销路的限制, 麻类种植占耕地比重不能大于0.08。於是就有:

$$X_1 \geq 0.65$$

$$X_4 \leq 0.08$$

归纳以上分析的全部情况, 便获得了一个完整的农作物结构线性规划模型:

$$\text{目标函数: } Z = 102.9x_1 + 148.8x_2 +$$

$$94.8x_3 + 415.4x_4 \rightarrow \max$$

$$\text{约束条件: } 190x_1 + 140x_2 + 117x_3 + 100x_4 \leq 170 \quad (1)$$

$$100x_1 + 160x_2 + 128x_3 + 53x_4 \leq 110 \quad (2)$$

$$35x_1 + 50x_2 + 30x_3 + 28x_4 \leq 37 \quad (3)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 1.0 \quad (4)$$

$$x_1 \geq 0.65 \quad (5)$$

$$x_4 \leq 0.08 \quad (6)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

求目标函数 Z 和变量 x_1, x_2, x_3 , 和 x_4 的最优解。

为解决这一问题, 利用了线性规划单纯形法求解程序, 通过计算机运算从而求出最优解。其结果如下(表1):

变量与目标函数	最优解	备 注
X_1 . 粮食耕地占四种作物耕地之和的比重	0.6515	
X_2 . 棉花占四种作物耕地之和的比重	0.1951	
X_3 . 油料占四种作物耕地之和的比重	0.0733	
X_4 . 麻类占四种作物耕地之和比重	0.0800	
合 计	1.0000	
Z 目标函数值 (元)	136.0660	平均亩产值所达到的极大值

为了检验各约束条件在实现最优解中的作用, 还进行了灵敏度 * 分析其结果如下(表2):

灵敏度	数 值	备 注
λ_1	0	说明第一个约束条件水源的微小变化对目标函数不起约束作用, 水资源有余。
λ_2	0.1506	
λ_3	2.4091	
λ_4	3.2531	
λ_5	0.2711	
λ_6	336.712	说明第六个约束条件麻类生产市场的变化对目标函数值的约束最大。

经检验, 证明方案可行, 並将其同1980年的基数作一对比(表3):

* 灵敏度是指目标函数的最优解对于约束条件的单位变化(本文是按约束值增加1%时计算的)的反应的灵敏性度量。若第1个约束条件值为 b_i , 若 b_i 有一个变化量为 Δb_i , 而引起目标函数 Z 的最优值变化为 ΔZ , 则灵敏度 $\lambda_i = \frac{\Delta Z}{\Delta b_i}$ 。

作物	1980年基数		1985年预测		说明
	面积	占合计数%	面积	占合计数%	
合计	90,885	100.00	90,885	100.00	粮棉油麻以外其他作物数量很少。未计算在内
粮食	68,717	75.61	59,221	65.16	粮食生产产值较低, 应适当压缩但因国计民生需要应占65%以上
棉花	15,328	18.86	17,731	19.51	棉花经济收入大, 种植比例应保持在20%左右
油料	3,032	3.34	6,662	7.33	
麻类	3,808	4.19	7,271	8.00	麻类成本低产值大, 但销路有限, 不能多种

下面再用同样方法对实验区的大农业结构的最优方案进行预测。设农业、林业、牧业和副业(包含为数不多的渔业)占该区农业

总收入的比重分别为 w_1, w_2, w_3, w_4 , 已知条件如下表(表5):

项 目	农 业	林 业	牧 业	副 业	要 求
每100元投资可得利润(元)	86	95	94	93.8	达到最大
每100元投资可挖掘的生产潜力(元)	703.9	2,004	1,887	1,800	平均超过1,000元
每100元投资价允许的物质消耗(元)	14	5	7.6	6.2	平均不超过11.6元
各业占农业总收入比重	x_1	x_2	x_3	x_4	总和 ≤ 1
国家和当地需求, 市场约束	$x_1 \geq 0.7$	越多越好	$x_3 + x_4 \geq 0.15$		

根据上表, 可以获得一个求利润最大的线性规划模型:

$$\text{目标函数: } Z = 86w_1 + 95w_2 + 94w_3 + 93.8w_4 \rightarrow \max$$

$$\text{约束条件: } 14w_1 + 5w_2 + 7.6w_3 + 6.2w_4 \leq 11.6 \quad (1)$$

$$703.9w_1 + 2004w_2 + 1887w_3 + 1800w_4 \geq 1000 \quad (2)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 \leq 1.0 \quad (3)$$

$$w_1 \geq 0.70 \quad (4)$$

$$w_3 + w_4 \geq 0.15 \quad (5)$$

$$w_1, w_2, w_3, w_4 \geq 0$$

利用线性规划单纯形法求解程序, 通过电子计算机运算和验证所获得的最优解结果如下: 农业(种植业)占农业总收入比重

$w_1 = 0.70$, 林业占农业总收入比重 $w_2 = 0.1499$, 牧业占农业总收入比重 $w_3 = 0.0857$, 副业占农业总收入比重 $w_4 = 0.0629$ 。目标函数即每100元投资可能获得的最大利润为88.53元。*

为了实现农业结构最优化, 必须采取相

* 文中所求农作物结构和大农业结构的最优方案, 均属探索性。由于所给条件的指标、参数不同, 所得的最优解也不一样。在作正式规划时, 需同有关部门一道商定适当的指标和参数, 从而求得各方面认可的最优解。因此, 线性规划模型具有通用性, 而指标参数具有可变性, 只能因地、因时制宜加以选择, 不存在到处通用的指标和参数, 这就是不同时间、不同地区农业结构千差万别原因之所在。

上海市郊区农业

区位模式及农业

生产问题的探讨

· 华熙成 ·

(一)

大城市郊区的农业生产布局和一般农业地区是有区别的,郊区农业生产在地理上和经济上都与城市紧密地联系在一起,郊区的范围和经济的发展同样受到城市的大小、职能、工业生产和居民生活需要的影响和制约。上海市是全国城市人口最多、最集中的城市,市区人口现有600多万;又是全国最大的经济中心,其工业总产值、出口额居有重要的地位,从而,对郊区的农业生产类型和农村经济结构的形成和发展,同样起着有力的“引力”作用。

应的保证措施。例如以上所求禹城实验区农作物结构和大农业结构方案,是在保证粮食和耕作业有足够比重的前提下,适当提高经济作物和林牧副业的比重,从而改变不合理的农业结构。该区种植业仍然是农业结构的基础,必须继续综合治理旱涝碱,改善农业生态环境,搞好井灌和地面排水系统,使地下水位控制在临界水位以下,降低土壤盐份,扩大有效灌溉面积。同时要注意适当增加化肥,尤其重视发展磷肥、绿肥和有机肥,培肥地力,用地养地,发挥肥料因素在当前增产中的主导作用。以便在调整种植业结构的同时,使农业产量有较大幅度的提高。

在大农业结构最优化的分析中,林业投

上海郊区包括10个县,本文评论的范围只限于大陆上的县和公社,即上海、嘉定、松江、金山、青浦、川沙、南汇、奉贤和宝山县的大陆部分,不包括位于长江口的崇明岛和宝山县的长兴、横沙两岛。这些陆上郊县位于富饶而平坦的长江三角洲上,其自然条件是西部比较低洼,湖荡密布,土质粘重,宜种水稻;北部、东部和南部沿江、沿海地带以沙性土为主,宜种植棉花。建国卅多年来,对不利自然条件的改造取得了一定的成绩,如西部低洼地区过去不能种植旱作物,经过围圩、建立排涝泵站等一系列工程措施后,现在已能种植旱作。由于城市为郊区改造自然条件提供了大量的财力和物力,使城郊农业受不利自然条件的影响相对缩小,而受大城市经济活动的影响则相对地增强;同时郊区农业生产布局还受运输距离和消费关系的制约。上海郊区几乎社社都通公路,又地处水网地带,水陆运输都极为便利,因此距离城市的远近往往是农业类型和经济收益差异的重要原因。

一般研究城市郊区农业区位时,都采用单位耕地面积的纯收入来探讨距城市中心远近的关系。但是,上海郊区的情况不同,用单位耕地面积的纯收入不能真正反映城市对

资少,效果大。全区现有乔木的潜在产值达1,000万元,人均可分210元。如能采取补栽和新造相结合,使全区林木覆盖率由目前的12%,提高到20%以上,农业总收入中,林业收入提高到15%是不成问题的。林业和耕作业的发展可为牧业提供饲料和资金,就能多发展养猪、养驴、养羊和良种马与牛。在农林牧的基础上,可发展粮、棉的初步加工和林副产品加工,发展编织业、砖窑业和肉食加工业等。这样便能较大幅度地提高多种经济的比重,改变单一结构,实现农业结构的最优化。

(作者工作单位:中国科学院地理研究所)