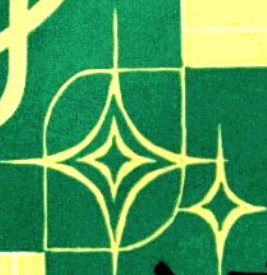




全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



家畜生产系统学

● 刘少伯 主编

● 畜牧农经专业用

北京农业大学出版社

主编 刘少伯 (北京农业大学)

编者 吴 伟 (北京农业大学)

主审 戴思锐 (西南农业大学)

前 言

中国的农业经历了极其复杂而曲折的过程，历经坎坷，终不了尔尔。党的十一届三中全会以来，农村推行了以家庭联产承包责任制为中心的一系列改革，极大地调动了农民的积极性和创造性，在农村引起了深刻的变化，出现了富有生机的活力和前所未有的大好形势。1989年的粮食产量达到40 775万吨，成为世界第一位的粮食大国。畜牧业的发展尤为突出，肉食产量由1978年的865万吨提高到1989年的2628万吨，成为仅次于美国的第二大肉食生产国。当然，由于我国人口众多，虽经巨大的努力，并没有解决我国人民动物营养的需求问题。随着我国经济的增长，必然地对农畜产品的商品生产带来更高的要求，当然难度也更大。

我国农业正在从传统农业向现代农业、产品农业向商品农业转化。特别是畜牧业，约70%的产品近1 000亿元是商品生产。农民遇到许多过去很不熟悉的市场问题、流通问题、资金问题、信息问题、企业的经营与管理问题、资源的使用与保护问题，需要作出科学的决策，不然很难摆脱经营利润的下降和产品的“卖难”、“买难”。因此，建立新的学科，培养农民或农业企业需要的人才就成为当务之急。这也是编写此书的初衷。

农业生产本身是个投入产出过程，追求产品效率，以较少的资源换取更多的产品是农业科学技术的目标。在商品社会，产品只有通过交换才能实现它的价值，这就可能出现技术效率和经济效益的背离。商品生产者，包括农民、农业企业，当然即考虑技术效率又要根据经济效益进行决策，较产品生产增大了难度。农业生产是个周而复始的长期行为，需要保持良好的生态环境，杀鸡取卵，终非上策。生产是人类最基本的社会活动，它必然地受社会上层建筑的制约，如社会制度、经济体制、政策法规、国家民族、生活习惯等。生产活动能够顺利进行，必然是生产技术、社会经济、生态环境和社会上层的协调，这就构成生产系统。现在的学生为适应商品生产的社会环境，需要有学科交叉、知识综合、观念新颖的教材，这也是编写此书的背景和目标。

其实，早在十多年前，畜牧学家汤逸人教授就已考虑成熟，为畜牧生产系统学奠定了学科的理论基础，汤教授还经常应用生产系统理论为国家的畜牧生产作出决策。我们作为汤教授的学生，为了纪念他的功绩，继承他所开创的事业，从事了本书的编写工作。由于本人从事这一学科的年限很短，学识浅薄，在编写过程中许多前辈和领导给予热情鼓励，特别是经济学家童大林、吴鸣喻、农业部领导何康、刘江、农研中心的郑重、石山等同志的支持，很荣幸能够得到我的同学、同事石元春、毛达如、刘巽浩、李震钟及畜牧系领导和同事们对本书提出很好的意见。

在此一并表示衷心感谢。

编 者

目 录

第一章 家畜生产系统学的定义和内容	1
一、农业及家畜生产系统学的发展背景	1
二、农业生产系统学的定义	1
(一) 什么叫系统	1
(二) 什么是农业生产系统	2
三、农业生产系统学的发展历史	4
四、农业生产系统学的学科特点	5
五、农业生产系统学的作用	6
六、什么是家畜生产系统	7
七、农业生产系统学的展望	7
第二章 农业、牧业资源及其合理利用	9
一、有机体和生态系统中的物质循环	9
(一) 生态系统中物质的运动	9
(二) 物质的循环	9
二、生物圈中的营养元素	11
三、水循环和水资源	11
(一) 水在生态系统中的作用	11
(二) 水的分布	12
(三) 水循环和全球的水平衡	13
四、碳的循环	16
五、氧的循环	18
六、氮的循环	18
(一) 氮在生物中的作用	18
(二) 氮在生物中的循环	19
(三) 生物固氮	20
(四) 工业固氮	21
(五) 大气固氮	21
第三章 农业能源及农业现代化	22
一、世界的能源	22
(一) 人类文明和能源消费	22
(二) 能源种类和能源结构	24
(三) 能源的消费结构	27
二、农业能源	28
(一) 传统农业和现代农业的能源消费	28
(二) 粗放的家畜生产系统和集约化家畜生产系统	29
(三) 农业能源的消费水平	29
(四) 农业在能源消费中的比重	32
(五) 农业能源的消费结构	34

三、农业、畜牧业的现代化	36
(一) 农业现代化的实质	36
(二) 畜牧业现代化的实质	39
(三) 畜牧业现代化的作用	41
第四章 家畜生产系统中经济原理和经济分析	43
一、生产函数	44
二、生产函数与技术最优化	47
三、成本函数与成本最优化	58
四、利润函数和利润最优化	66
(一) 现代农业非讲求经济效益不可	66
(二) 生产系统中最大利润的确定方法	67
(三) 资源和产品价格变化, 对生产和生产最佳状态的影响	71
五、使用两种以上资源配合生产的经济分析	75
(一) 资源配合的理解	75
(二) 两种资源配合生产的生产函数及生产最佳方案	78
(三) 两种资源的相互配合与替代	79
(四) 经济效益最佳的资源配合	80
六、两种或两种以上产品生产的最佳化	87
(一) 两种产品生产的关系	87
(二) 两种生产安排的最佳化生产调配	91
(三) 两种生产最佳化的应用举例	93
(四) 关于两种生产配合的讨论	95
第五章 线性规划在畜牧业的应用	97
一、线性规划原理及其解法	97
(一) 线性规划的概念	98
(二) 线性规划的标准型及其解法	102
二、线性规划在畜牧业上的应用	106
三、应用分析	111
第六章 畜牧业的经营与管理	113
一、农业企业的经营	113
(一) 农业企业经营的发展背景	113
(二) 经营与管理的概念	114
(三) 农业企业的经营目的和经营要素	115
(四) 我国企业的两种管理体制	116
二、企业的经营决策	119
(一) 经营决策的概念	119
(二) 经营决策的任务	120
(三) 经营决策的内容	120
三、利用盈亏界点分析评价企业的经营管理	121
(一) 盈亏界点分析法的基本概念	121
(二) 盈亏界点的计算公式及其推导	124

(三) 盈亏界点的应用	124
(四) 非线性关系的盈亏界点	128
(五) 利用盈亏界点分析改造企业	130
四、畜牧企业的利润管理	131
(一) 销售利润的概念和意义	131
(二) 企业利润的审查	132
(三) 增加销售利润的途径	133
(四) 企业利润指标的分析	133
五、资金的管理与决策	136
(一) 资金及资产的概念	136
(二) 资金的筹集	137
(三) 评价资金使用效果	137
(四) 影响资金周转的因素	138
(五) 资金回收及改进资金的利用	140
(六) 既定资金利润率条件下销售额的确定	144
六、畜牧企业的销售管理及有关决策	146
(一) 合理确定产品价格的意义	146
(二) 确定产品销售量	148
(三) 通过市场预测确定产品品种	149
七、畜牧企业投资管理与决策	150
(一) 贷款界点	150
(二) 投资可行性研究	150
(三) 供求弹性对投资决策的影响	152
第七章 畜牧业的财务分析	153
一、畜牧业中计算时间价值的必要性	153
二、我国金融机构简介	153
三、有关畜牧业资金价值决策的主要领域	154
(一) 贷款与还款	154
(二) 现金贴现	156
(三) 种畜更新基金	156
(四) 买种鸡还是买种蛋	157
(五) 选择工厂化养猪还是专业户养猪	158

第一章 家畜生产系统学的定义和内容

一、农业及家畜生产系统学的发展背景

农业生产是个极其复杂的过程，受到很多因素的制约。日本著名经济学家、经济研究会会长竹中一雄先生认为“农业是个最费脑筋、难度最大的产业。工业的基础科学不外数学、物理、化学。农业的基础就不只数理化，而且还包括生物学、生态学、遗传学、气象学、土壤学、动物学……先进国家发展产业的规律也是工业上得快些，较为容易取得进展，农业往往要后于工业。农业的真正现代化往往是在工业发达、科学技术进步、教育水平很高的情况下实现的”。他的论断不无道理。农业发展涉及的面很广。从工业到商业、从生产到销售，从贮藏到加工、从价格到市场需求，形成各式各样相互关联的系统。在这个复杂的局面面前，早些时候，有人强调发展农业主要靠改变生产关系，强调改变各式各样的生产组织，认为它是发展农业生产力的关键。有人强调农业技术，认为提高农业技术，改进技术装备，增加农业投入是关键。他们都有一定的道理，也都取得某种程度上的进展，但总是不可避免地出现顾此失彼，造成一些失误。农业生产总是不能在各个行业中协调发展。农业科学家、经济学家、管理者，都希望有一门综合化、整体化、系统化的新学科。

50年代以后，农业现代化在全世界范围内展开。农业资源和农业能源的消耗不断扩大，农业技术日新月异，农产品的产量大幅度增加，生产的专业化、商品化、社会化程度越来越高。农业投资越来越大，持有的固定资产越来越多，技术也越来越复杂。农业已经不是一家一户，或某一类专家对付得了的行业。整体性、系统性越来越强，只有整个系统理顺，才能使农业得到发展。农业像一个前进的列车，每节车箱的负荷、任务、联接发生问题，都可以拖住整个列车的前进和速度。这就是农业系统学产生和发展的背景。世界不少政治家、农学家、畜牧学家、经济学家、生态学家、草原学家、数学家转入这个新的领域。（澳大利亚新英格兰大学教授，曾任联合国粮农组织驻中国的代表，就是著名的家畜生产系统学家，他原来是兽医教授）

二、农业生产系统学的定义

（一）什么叫系统

系统 (system) 这个词近年来使用很多，系统分析 (system analysis)，系统处理 (system approach)，系统工程 (system engineering)，生态系统 (ecological systems)，生产系统 (production systems)。“系统”一词来自英文 system，韦氏 (webster) 大辞典对“系统”这个词的解释是：“系统是有组织的或者是组织化了的总体”“由部分结合起来成为总体的各种概念，各种原理的综合”“以有规则的相互作用或相互依

赖的方式，结合起来的各种对象的集合”。日本系统工程科学家秋山穰和西川智登的定义是：“相互间具有有机联系的组成元素结合起来，成为一个能完成特定功能的总体”。这种各组成元素的有机结合体就称为系统。看来，“系统”必须是：①系统是由若干“元素”（elements 或 components）所组成，必须有独立的“元素”；②在各“元素”之间，存在某种相互依赖，或互为因果的特定“关系”，形成特定结构；③具有特定功能。

$$x = \{x_c \in x | c = 1 \sim n\}$$

$$x_1 R x_0, \text{ 或 } x_0 R x_1$$

$$x_0 = R(x_1), x_1 = R(x_0)$$

从上述概念可进一步理解，系统是由组成系统的各个元素和这些元素间的有机的关系构成的。组成系统的各元素的性质不同，关联关系不同，比例关系不同，从而使系统的性质不同。它可以是概念的系统，也可以是具体的系统。

（二）什么是农业生产系统

对农业生产系统的解释取决于对农业生产的理解。不同范畴的科学家对农业生产系统强调的角度不同。因此，有着不同的定义。这点也正好说明，农业系统学的综合性和复杂性。它是社会科学家，自然科学家都关注的领域。

1. 经济学家对农业生产系统的理解是：农业生产系统就是人类利用现有的社会资源和自然资源，进行农产品、林产品、畜产品……的物质生产、加工、贮藏、运输和销售过程的总体。农业生产系统包括农业经济活动的全部内容：即生产、交换、分配和消费。所谓社会资源和自然资源，主要指劳力、资金、市场、信息、土地、水资源和品种资源等。使用这些资源进行加工，转化成农畜产品。转化过程中应保持较好的功能，即生产系统中的各个环节，不但具有较高的转化效率和周转频率，而且具有很高的经济效益。任何一环的经济失利，都可以影响整个系统的功能和速度。例如，运输费用过高，市场价格太低，社会服务条件太差等，都可以使整个生产系统中断。

2. 自然科学家、农业科学家、生态学家对农业生产系统的理解是：农业生产系统就是人类利用绿色植物，使太阳能转化为化学潜能，即有机质，并且将其中一部分能量和物质，再经过农业动物转化为畜禽产品，向人类提供食物、纤维、动力、建筑材料等农畜产品；人和农业动物的排泄物或尸体以及农产品的废弃物，再返回到农业环境，进行还原的一系列物质循环和能量转移的生物化学过程。根据这种观点，土壤、植物、饲料、肥料、等都作为组成农业生产系统的元素，把每个生产系统都看成是农业生产范围内农林牧渔各业物质生产过程的总体。而农林牧渔各业本身，都可以是农业生产的子系统。如林业生产系统，家畜生产系统，渔业生产系统，草地生产系统等。按钱学森同志的看法，“应当包括农业（指种植业）、林业、牧业、禽业、渔业、虫业、微生物和副业。各业的物质生产过程，都形成自己特有的物质生产体系，因而具有其特有的生产规律”。在生产系统中，自然条件、物质条件、技术条件以及管理条件等，只有彼此配合，协调发展，才能保证农业生产系统的正常运行，以发挥最大的物质生产效能。

3. 农业系统学家的看法：英国农业系统学的权威学者C.R.W. Spedding的论述认为：“所有农业经营单位，包括复杂的与简单的，大到全国性的与区域性的农业生产，小到一般

农业企业、农场和农田，都可以称为农业生产系统”。

农业生产系统专家看法是：只要农业生产能够延续，农业资源不断进行再加工、再生产，得到农产品、供人类享用。只要这个过程能够进行，就必然是一个协调的，有效的农业生产系统。农业生产系统所以能够延续，保持良好的功能，要取决于四个方面的协调一致。澳大利亚农业生产系统学家麦克莱蒙特（G.L. McIymont）指出四个部分是农业生态、农业技术、农业经济和农业社会。农业生产系统是四个方面协调一致的整体。农业生产能够发挥其最大的生产效能，必须符合经济学、生态学、自然科学技术和社会学四个范畴的规律。

农业经济领域内，从购买资源，筹集资金，市场价格，税收制度，产品成本，商业政策，贸易条件，劳动工资，流通渠道，运输贮存，市场服务等都必然地是农业生产系统存在、发展的重要条件。经济对农业生产系统的功能和效率有至关重要的影响。只有运用经济规律分析研究农业生产系统，才能作出正确的农业决策。

农业技术主要在于控制生产系统中各个环节的转化，使一系列技术效率达到尽可能高的水平，畜牧生产系统中的饲料产出率，草地产草率，饲料利用率、家畜繁殖率、成活率、育成率、饲料转化率、消化率、体重增长率、出栏率、屠宰率、净肉率、净毛率、瘦肉率、产品合格率……所有这些技术效率都反映着一个库向另一库的转化，反映了生产系统的功能和效率。

农业范畴内的物质生产，主要是在农业生态系统领域内进行。只有按照生态系统内物质循环和能量转换的基本规律，协调各个亚系统或各部分之间的相互关系，使生产系统中整个链条彼此衔接，才能实现长远的和当前的效率。例如，培育和选用品种，都必须从生态条件出发，权衡品种的优劣。地方品种、高产品种都有各自独特的高产、抗逆，优质标准，不能混为一谈。在家畜生产系统中，从选用品种到饲养制度，从畜种布局到品种结构，从草原保护到合理利用，从载畜量到轮牧制……一系列技术问题，经济问题都要与生态规律相符合。否则，即使暂时能够维持生产，长远看，肯定会失败。我国几次的大失误，大跃进，万头猪场，以粮为纲，以猪为首，牧区大规模开垦种粮……都是违反了生态学的规律，才遭致生产系统的失败。生产系统学的研究内容，当然应包括生态。

农业生产是社会的经济活动。社会系统中的各种因素，当然会影响农业生产系统。特别是家畜生产系统，它是个较为脆弱的经济。任何不适当的政策，法令、规章、制度等，都会对生产系统带来重大影响。过去强调牲畜的集体饲养，不适当的取消或压制家庭养畜业，对造成我国畜牧生产长期处于高消耗、低效率有很大的关系。一个“队繁户养”的政策，就会使我国多负担几千万头公母猪的消耗。一个大牲畜“一律归公”的政策，使我国牲畜长期处于下降趋势，呈现繁殖率、育成率、出栏率、商品率很低，而死亡率，淘汰率却很高。三中全会以后，改正了这些“左”的政策，很多严重而长期的弊端，神话般地一扫而光，畜牧业生产相应得到很大发展，这不就是社会因素对农业生产系统的重大决定作用吗？

农业生产系统中也应包括生产关系的合理组织与调节。正确处理生产资料的所有制关系，正确处理人们在生产中的地位 and 他们的相互关系，领导被领导；合作和联合；雇佣和租赁等关系。确定正确的管理体制，建立和完善可行的政策、法令、规章、制度、作风，会使农业生产系统的机能更健全，效率进一步提高。

三、农业生产系统学的发展历史

农业系统学作为一个明确的概念提出,不过近二十来年的事。最早提出这一概念的是英国的生态学家。1974年, D.B. Grigy 发表的著作《世界的农业系统》; 1975年, G. R. W. Spedding发表了《农业系统生物学》; G.E. Dacton 主编出版了《农业系统的研究》, 参加编写的有各国的农业系统学家; 1979年, G. R. W. Spedding 又发表了《农业系统概论》等著作, 为农业系统学奠定了理论基础和学术地位。早期的农业系统学, 着重在介绍学科的范围, 理论基础和有关农业生产和畜牧生产系统模型的分析 and 研究。

美国和澳洲的农业系统学, 是在农业区划, 农业系统工程研究的基础上, 结合了农业系统的理论, 从发展农业生产出发, 包括当前的和长远的目标, 解决宏观的农业区划、计划、布局及农业生态平衡等问题。某些农业系统学也延伸到微观经济领域, 研究企业的经营决策, 合理调整企业组织和建立企业的科学管理, 以求得系统运行中的最佳效益。

1975年, 美国完成了全国农业资源和农业结构的研究, 奠定了美国农业系统学发展的基础, 培养了大批农业系统学人才和建立了农业系统学研究的基本模式。美国农业资源和农业结构的研究进行了15年, 该项工作由依阿华 (IOWA) 大学的“农业与农村发展研究中心”(CARDANN) 负责, 主任 E. O. Heady 主持。这项研究全面收集分析了美国各州的农业资源: 土地、水资源、土壤、肥料等基础数据和农业布局, 作物、畜牧、果树、蔬菜等生产系统的优势和劣势, 分析研究了国内外市场的需求、交通运输等条件, 建立了大规模的模型, 主要用线性规划和模拟运算模型, 求得美国各州最适宜使用的耕地面积 (美国现在主流是压缩耕地面积, 由于农产品过剩, 现有1/3的土地放弃利用)、灌溉面积、作物布局、并求得最佳的农业投入: 劳力、资金、肥料、水、机械, 以求得最大的产品产出和经济效益。畜牧业上, 求得既符合饲养标准要求又最大限度地节约饲料, 合理利用牧草、牧地和水资源以求达到最佳的经济效益。

生态学家、农业科学家、经济学家、数学家和计算机专家等结合起来是农业生产系统的发展趋势。例如, 科罗拉多州立大学的自然资源生态实验室的 G.M. VAN DYNE 和 I. ABRAMSKY 为代表的一些人, 针对农业中的实际问题, 从资源的使用到农业系统规划, 开展多学科多兵种的协调作战。例如, 中西部阿哥拉拉的地下水位下降所面临的农业系统问题, 草地生物量的问题, 几年都拨款上千万美元, 对整个系统展开全面研究。

农业系统研究所以能够取得进展, 和运用计算机分不开。农业生产系统本身也是一个包括众多领域的大信息系统。为此, 开展应用了许多功能齐全、使用方便的软件系统, 如各种目标规划软件、专用或非专用的专家系统和多种统计分析软件。

澳大利亚建立起自己的农业系统管理中心。一个是西澳洲立大学的农业经营管理实验室 (Farm Management Service Laboratory) 建于1967年, 一个是新英格兰大学的农业企业研究所 (Agricultural Business Research Institute, 简称 ABRI) 建于1970年, 现在是澳大利亚农业生产系统学及农业电子计算机软件系统的开发中心。新西兰设在科学工业研究部。(Department of Scientific and Industrial Research, 即 DSIR), 在这些中心的倡导下, 进行了一系列农业生产系统的研究。例如, Jenson 作的提高乳牛收益

的经营管理, Sinden 的极地地区乳牛生产的评价, Van De Pame 关于饲料最低成本的研究, Smith 有关澳洲乳牛更新的最佳化, Swartzman 草地的长远经营, Van DYNE 在澳洲作的 Foothill 区蛋白质生产的最佳方案, 多数都结合了当地生产的实际问题, 并运用农业生产系统的理论和方法求得解决。这是农业发达国家管理农业和发展农业研究的新趋势。

发展中国家在联合国和世界银行的资助下, 也在对本国的农业资源的开发、利用、农业区划与区域治理和一些农业技术问题, 进行系统研究。在肯尼亚农业研究所工作的美国学者 J.I. Stewa, 于1981年完成了肯尼亚干旱地区的农业生产和种植决策的研究。针对当地的气候、土壤、雨量和降水特点, 进行了系统分析, 对当地种植主要作物玉米的密度、施肥期进行改革, 从而获得最佳经济效益。尼日利亚、巴基斯坦、墨西哥都在制定最佳的农业系统模型。从而对当地的产量、就业、外资、投资等农业战略起着重大影响。尼日利亚和美国堪萨斯州立大学经济系正在进行为期11年的协作研究。美国里丁大学的 T.Rehman 正在巴基斯坦旁遮普省对水资源分配系统进行研究。农业生产系统学不久将扩展到全世界。

我国三中全会以后, 成立了农业综合区划委员会, 在国家计划委员会和农业部的领导下, 展开了规模宏大的农业资源、生产、政策、基础设施……等领域的调查研究, 建立了农业基础数据信息系统, 并开展了多学科、多领域的农业发展战略研究。为我国农业信息管理、区域开发、产业的发展 and 农业的预测决策奠定了很好的基础, 无疑的它会促进农业系统学的建立和发展。

四、农业生产系统学的学科特点

农业生产系统学是个新学科。在人类知识爆炸, 各学科积累的信息极大丰富的时代, 它显示了同旧学科迥然不同的特点。

(一) 综合性与整体性

世界学科的发展历史, 早期都是走分科越来越窄, 内容越来越细, 由宏观走向微观、超微观的道路。单一学科的进展极快, 积累的信息越来越多。而在广大技术领域和生产领域内看得懂、找得着、用得上的东西却相反地越来越少。人类走入了知识的死胡同。这一矛盾一直苦脑着当代科学家。生产力的飞速发展使科学家总感到力不从心。60年代末, 世界学术界掀起相互学习的潮流, 提倡学科的交叉 (inter discipline)。不少理工科的科学家参加到农业科学行列, 农业科学家之间也相互渗透。大家感到有必要发展一些边缘学科, 综合各家之长。农业生产系统学就是这一浪潮下的试验。

农业生产系统学是个宏观的学科, 不论什么层次, 不论系统的规模大小都体现经济、技术、生态、社会四个领域的综合系统。大到一个区域、一个流域, 小到一个农场、一个农户、一块农田, 都必须从四项基本要素出发。因此, 它反映了农业的整体性和综合性。

(二) 数量性

农业科学技术、农业生态、农业经济和农业社会, 每个领域内部都涉及不同的专业和学科, 每个学科又有自己的理论和实践, 单从定性方面很难反映众多学科的相互关系。60年代开始, 各学科都重视了数量管理和量化决策, 即使是一直属于社会科学的经济学, 也发展成

为以量化管理 (quantitative management) 为核心的农业经济学。这些都为农业系统学奠定了基础。学科之间只有数量关系, 才能填补它们之间的鸿沟, 充当学科之间的桥梁, 再加上人类发明了智慧的机器—电子计算机, 它的专长就是能够综合众多的信息, 使得过去难于解决的问题和无法放到一起的数据溶为一体。将来自各个学科的几十个, 上百个变量的问题, 输入给计算机, 它会在很短时间内综合分析, 作出优化的结论, 再通过信息的控制系统, 完成改造自然, 发展经济的综合目标。目前, 各方面的软件系统还只是刚刚建立, 服务于农业生产系统的专用程序正在开发利用, 不久将会有更大的进步。

(三) 实践性与最优化

农业生产系统学具有明显的实践性和目的性。生产系统一般都是十分复杂的综合体, 没有明确的目的性就失去了目标, 就无从下手分析链条中的各个环节。更无法抓住需要掌握的主要矛盾。

农业生产系统中, 众多因素之间的数量关系, 只有围绕一个或几个主次分明的目标, 才能统一; 只有统一, 才能成为系统。因此, 农业生产系统的目标明确和实践性是学科本身所决定的。目前, 生产系统中使用的数学, 如运筹学、线性规划、数学模拟、回归分析、边际效应、决策树、统计分析、专家系统等, 都围绕着明确的目标, 不是求最大, 就是求最小。所谓最大可以指经济效益、技术效率、使用年限、投资回收率、保险系数……, 最小可以指经营成本、技术损失、风险系数、运筹线路、作业时间……。总之, 都是综合数量化的众多因子的比较结果。应用系统工程学的方法, 寻求最优化方案是这门学科的特点, 也正是这门学科实践性、目的性、实用性较强的原因。

五、农业生产系统学的作用

农业生产系统研究的对象可以有各种规模。现在, 世界上许多未来学家所探讨的问题都是世界性的。当然, 他们研究的生产系统也比较大, 可以是世界性的、洲的, 这是最大的一级。农业生产系统也可以研究流域性、区域性的以及生产基层单位的一级。

农业生产系统研究的内容和对象与规模有关。主要有以下几个方面:

1. 农业生产结构与布局, 即在大的范围内研究农、林、牧、副、渔各业在本区域内的比例关系。根据本区的自然资源和经济特点, 研究最合理、最有效, 经济效益最高的农业布局。

2. 种植制度和畜牧业结构: 研究种植业内部包括各种作物的比例、分布和轮作方式以及品种配置等; 畜牧业包括各种畜种、品种和畜群内部的比例关系; 目的在于求得生产系统的最高生产力和最大的经济效益。

3. 作物生产或畜群生产: 研究某一种作物或某一种家畜的生产过程, 包括物质和能量的投入产出关系, 资金分配以及成本和利润的关系。生产过程中, 产品数量、质量、加工、贮藏、运输、销售的关系等。

4. 农业技术体系: 即某一作物或畜种、畜群生产中, 某项技术的合理选择, 包括管理制度、防治措施以及在不同条件下的掌握方法。如饲料饲养的最佳配方, 综合防治病虫害的整

体策略，某一病虫害防治的具体对策。

现在，农业生产系统学可以发挥作用的领域主要是：

1. 制定农业最优化决策。决策是农业生产中最基本的管理，农业需要决策的事情很多。上述的各个领域都是决策的范畴。农业现代化国家，可以从大学，农业技术推广站和农业公司寻求咨询，以求得最佳方案。有些经营规模较大的农民，自己备有微型计算机，研究自己农场的农业生产系统，求得最佳的决策。

2. 改进农业管理：农业管理的现代化使农业战略、设想、部署、规划、生产模式都建立在科学的、系统的、定量的基础上，不再单纯依靠经验、概念指挥农业生产。生产系统的管理又是建立在信息管理的基础上，各级生产系统都具有完整的信息网络和记录系统（recording system），农业系统管理当然也包括生产前的环节—生产资料的供应；生产后的环节—农畜产品的运输、加工和销售。农产品商品生产为主的国家，要想防止牛奶往海里倒，就必须有完善的系统管理。看来，即使计划经济为主的国家，没有完善的系统管理，既难保证经济上的高效益和技术上的高效率，又难以避免“买难”“卖难”的局面。

3. 进行农业发展的规划和预测：农作物和家畜的生长、发育周期长，一年或几年才能得到一次试验结果，非常费时。由于自然条件非常复杂，干扰和限制因素多，要作许多单项试验和综合试验，才能得到结果，非常费事。而应用生产系统的原理，运用电子计算机进行一些模拟试验，也可以将别人进行的分支系统模型（subsystem-models）改进。综合加工这些信息，较快的得到预测结果，特别是对市场、产量、灾害等领域，没有测报几乎无法进行生产和经营。有了完整的测报，才能有正确的规划。

4. 为制定政策、法令、规章、制度提供依据：农业生产系统的研究成果作为制定、政策、法令、规章、制度的依据：从而解决原生产系统中的问题，进一步提高新系统的功能。美国中西部根据农业系统研究，修改了水资源的法案，将土地所有权和水资源利用权分开。这些法令都是以农业生产系统的研究成果为依据的。

六、什么是家畜生产系统

家畜生产系统就是农业生产系统内偏重在家畜的生产部分。原则、原理、方法、概念全和农业生产系统一样。农业发达国家的农业生产系统学，相当一部分模型就是论述家畜生产的或从家畜生产出发的。因为，这些国家的畜牧生产在农业中所占的比重很大。

七、农业生产系统学的展望

农业生产系统学是个十分年轻的学科。但进展迅速，显示了它的生命力。正因为这门学科还很年轻，它在理论体系和方法论等方面都还不十分成熟。从理论上说，什么是农业系统本身特有的规律，什么是农业技术、农业生态、农业经济和农业生产的结合，如何构成有机的总体结构，尚缺乏明确的定论。在方法论方面除系统流程图解、系统模拟、线性规划、系统分析、专家系统等应用较多以外，还需要吸收什么方法，如何进一步综合农业生态、农业自然资源和农业经济等学科，应用这些领域的信息，都是尚待探索完善的问题。希望有志

开拓这个领域的青年和其他学科领域的科学家参加进来，共同奋斗。

完全可以预料，这样一门综合的、定量的、系统的科学将会对农业科学、农业管理产生深刻影响，在农业生产发展中，发挥越来越大的作用。我国畜牧学家汤逸人教授，早在70年代已注意到家畜生态学的发展新趋势，他努力结合我国畜牧生产，想建立家畜生产系统学，很可惜，汤教授仅奠定了基础就没能继续下去。80年代，我国的系统工程学家、生态学家、农学家、土壤学家和经济学家都非常重视农业生产系统学的发展和建立。今后，肯定会在我国有新的建树。

第二章 农业、牧业资源及其合理利用

一、有机体和生态系统中的物质循环

(一) 生态系统中物质的运动

经多年研究,人了解到太阳的能量及其如何在整个生态系统中流动。从光合作用开始,将太阳能聚集到食物链中,然后由一个能级传递给下一个能级,直到最后成为热辐射传到空间,从生物圈中消失。这就是能的循环。能是看不见摸不着的,可见的却是物质沿着生态系统进行的运动。可见,物质在有机体和生态系统所起的作用是:第一、物质是能量的一种贮存形式,是能量的载体,在不同的物质转化运动中释放能量或吸收能量;第二、物质是构成生命物质的原料,它以适宜的生物化学方式合成生命物质,构成生态系统的主体。

物质沿着生态系统进行周而复始的运动。地球上的物质,由于地心引力的作用,它将始终保持在地球上。所以,作为全球生态系统的物质,是不会损失的。

在一个生态系统内,某物质经过化学反应,形成新的物质或新的分子,变化可能很大,形态上、生理作用上都可能有很大区别,但组成分子的原子并没有变化或损失。如植物蛋白质经动物摄取、消化而分解成氨基酸,在一定的能量支持下,还可以合成新的蛋白质。前者是植物蛋白质,后者已形成动物蛋白质,但氨基酸分子自始至终保持在一个生态系统内。从原子水平看,则没有变化和损失。可见,物质的运动只不过是,在一个生态系统内,分子和原子进行各式各样的转化,后者可以利用前者,前者作为变化的物质基础,而后者本身又形成被利用的基础,这就是循环。

世界上的原子和分子,不是在自然过程中就是在生物过程中,自始至终地沿着一定的生态系统进行运动。每一步骤都沿着固定的程序,表现为固定的物质流。这种物质流始终是周而复始进行的,因而物质通过生态系统的途径和程序,就叫作物质循环(material cycle)。

(二) 物质的循环

物质循环过程,根据物态的变化可分为两种:一种叫气态循环:一种叫沉积循环。

1. 沉积循环(sediment cycle) 沉积循环指某些化合物或元素,由于风化作用,从岩石中释放出来,然后随着介质,主要是水,进行物理或化学方式的流动,发生物质的位移或溶液的运动,最后通过沉淀和沉积作用,又将这些物质重新转化成岩石。这种由岩石分解到再合成的过程就叫沉积循环。

沉积循环的特点是:①由于地球重力的作用(gravity),物质的移动总是从高点向低点运动,有方向的定向性;②在地势低的江、河、湖、海中沉积,沉积过程总要经过相当长时间的积累。所以,沉积循环的速度很慢;③在沉积过程中经过高温和高压的物理、

化学作用，最后形成新的岩石；④推动沉积循环所需要的动力和能源来自两个途径。一个由地核中钾（Potassium）、铀（Uranium）、钍（Thorium）同位素的裂变过程产生的能和热，以造成某局部地壳的抬升。另一来源是太阳能，由太阳能形成的一系列的风化条件。例如，碳酸盐的岩石经过风化，分解释放二氧化碳到大气圈中，二氧化碳再溶解到海水，又再度形成沉淀，经若干年沉积成岩石。大理石（Marble）就是这样形成的。

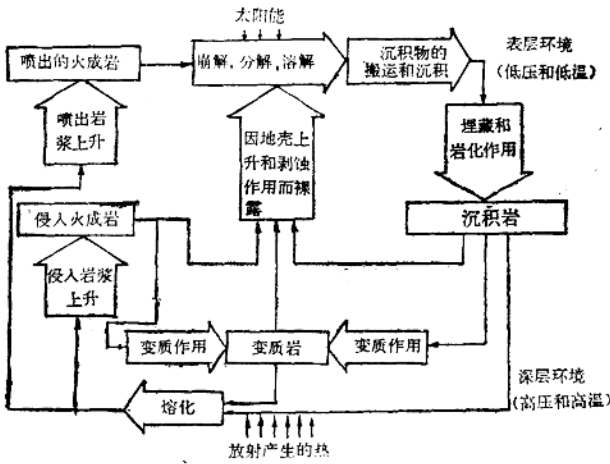


图2.1 地质循环过程

大气圈中所有的二氧化碳循环一遍。与此相反，通过沉积循环，已经形成的碳酸盐岩石，从地壳低处隆起抬升，风化再到分解并释放出二氧化碳，这一循环可能需要几百万年。

物质的分布并不均衡，某物质富集的地区或场所称为某物质的库（pool）。生态系统中的物质运动，从某种意义上说，总是由一种物质库流向另一种物质库的物质流。磷矿石就是磷库，施肥于植物则进入植物库。生态系统中的库有两种类型：一为活性库；一为贮存库。活性库（active pool）是物质存在的形式和位置都容易进入生命过程，或者成为生物的构成物。相反的，物质存在的形式和位置，或多或少地难于进入生命过程，称为贮存库（storage pool）。例如，大气圈中的二氧化碳就是存在于活性库。可由光合作用被植物所利用，进入了植物库。经植物的呼吸作用以后再释放回大气圈。物质沿着一个活性库转向另一个活性库。活性库之间的物质流，通常受生物过程所支配，如上所述的光合作用、同化作用等就是属于这一类。而贮存库之间的物质流动，主要是受到自然过程所支配，如图2.2所示。

2. 气态循环 (gaseous cycle)

即元素或化合物可以转化成气态，这些气体借助扩散作用进入大气圈。地球上的生物再利用这些气态的物质，使它再进入生物圈，成为生物的主要成分。例如，碳、氢、氧和氮等都是通过气态循环进行运动的。气态是分子的活跃状态，含有的能量高。因此，气态循环的速度比沉积循环要快得多。以碳循环为例，植物的光合作用和呼吸作用，用来吸收碳又释行碳，大约经过10年的期间，通过植物可将

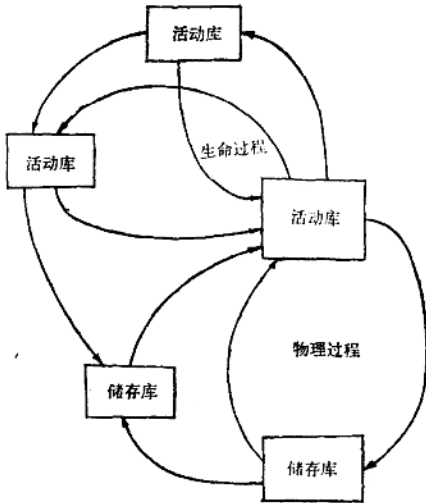


图2.2 物质循环的一般特征

二、生物圈中的营养元素

生物圈 (biosphere) 是由大约 1.8×10^{12} 吨活体所组成。这是个巨大的物质量。但和地球相比就渺小得多, 相比之下, 比苹果的一层皮还要薄。如果将活体均匀分配在地球表面上大概每平方米还不到 1 cm 厚, 重量只有 3.6 kg (3.6 kg/m^2)。事实上, 有机体的分布是很不均匀的。热带雨林地区的森林里, 生物量可达 45 kg/m^2 , 是地球上最大的生物密度, 而海洋里却只有 0.003 kg。干旱的沙漠, 两极的冰盖中就更少了, 只有少许的微生物。但生物圈中, 不管什么地方的活的有机物, 它需要的营养和组成的元素却非常相似。而这些元素都存在于大气圈 (atmosphere)、地岩圈 (lithosphere) 和水圈 (hydrosphere) 之中。它们的组成和功能如表 2.1 所示。

表2.1 生物圈 (Biosphere) 中营养元素分布及功能

元 素	名 称	符号	数量 (%)	功 能
氢	Hydrogen	H	49.74	构成有机物的基础原料
碳	Carbon	C	24.9	构成有机物的基础原料
氧	Oxygen	O	24.83	构成有机物的基础原料
氮	Nitrogen	N	0.272	组成蛋白质和氨基酸的原料
钙	Calcium	Ca	0.072	酶系的辅助因子, 生物膜的主要成分和调节生物膜的活性
钾	Potassium	K	0.044	是为主要的阳离子, 对神经传导, 肌肉收缩起主要作用。
硅	Silicon	Si	0.033	主要存在于低等生物中
镁	Magnesium	Mg	0.031	酶系的辅助因子, 叶绿素Chlorophyll
硫	Sulphur	S	0.017	形成蛋白质的组成物
铝	Alumium	Al	0.016	
磷	Phosphorus	P	0.013	核酸的组成物和能量的传递作用
氯	Chlorine	Cl	0.011	主要的阴离子之一
钠	Sodium	Na	0.006	主要的阳离子, 对神经活动有重要的传递作用
铁	Iron	Fe	0.005	许多氧化酶的辅酶, 红血球的组成物
锰	Manganese	Mn	0.003	酶系的辅助因子

从上表可见, 碳、氢、氧是碳水化合物化合物的主要成分, 占构成生命物质的99%, 是构成生命物质数量最大部分, 加上氮、钙、钾、镁、硫和磷叫大量营养元素 (macro nutrients)。九种大量元素以外的元素, 也是生命过程不可缺少的营养物质, 由于含有和需要的数量少, 叫微量营养元素 (micro nutrients)。

三、水循环和水资源

(一) 水在生态系统中的作用

水是一种极其重要的物质。不仅各种形式的生命及生命活动需要水, 而且大量物质的自然作用、化学作用和地质作用也需要水。水具有非常独特的理化性质: 水有强大的溶解力,