

• HONGGUANNONGYEXITONGFENXI

宏观农业系统分析

李炎巨 马余胜 编著 •



宏观农业系统分析

李炎巨 马余胜 编著

湖南科学技术出版社

宏观农业系统分析

李炎巨 马家胜编著

责任编辑：萧 燃

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1985年12月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8.5 插页：精装4 字数：195,000

印数：(平装)1—1,400 (精装)1—450

统一书号：16204·202 定价：(平装)1.20元 (精装)2.30元

征订期号：湖南新书目85—11(32.33)

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 农业的重要性.....	(1)
第二节 农业的起源与演进.....	(4)
第三节 现代农业的发展和基本特征.....	(7)
第四节 现代农业存在的问题.....	(18)
第五节 宏观农业概念的提出.....	(21)
第六节 宏观农业与系统方法.....	(24)
第二章 宏观农业系统分析	(26)
第一节 宏观农业系统的结构.....	(26)
第二节 宏观农业系统的功能.....	(30)
第三节 宏观农业系统的形态特点.....	(35)
第三章 农业自然环境分析	(40)
第一节 环境的意义.....	(40)
第二节 太阳辐射.....	(44)
第三节 光.....	(49)
第四节 温度和热流.....	(54)
第五节 水分.....	(63)
第六节 大气和风.....	(72)
第七节 土壤.....	(76)
第八节 生物因素.....	(82)
第九节 环境原理及其综合分析.....	(85)
第四章 农业生物的内在规律	(93)

第一节	农业生物的概念及研究层次·····	(93)
第二节	同化与异化及其在农业上的意义·····	(94)
第三节	遗传和变异及其在农业上的利用和控制·····	(105)
第五章	农业生态系统·····	(115)
第一节	生态学 and 生态系统的一般概念·····	(115)
第二节	农业生态系统的性质和特征·····	(121)
第三节	农业生态系统中的能量转化·····	(128)
第四节	农业生态系统中的养分循环·····	(156)
第五节	农业生态系统中的信息传递·····	(174)
第六节	农业生态系统的相对平衡·····	(177)
第六章	人类社会劳动和农业的发展·····	(180)
第一节	人类社会劳动在农业发展中的主导作用·····	(180)
第二节	农业与生态平衡·····	(184)
第三节	农业与能源·····	(207)
第四节	农业与人口·····	(235)
第五节	农业与科技·····	(243)
第六节	充分发挥人的主导作用, 实现我国农业 现代化·····	(253)
第七节	农业宏观与微观的辩证统一关系·····	(258)

第一章 绪 论

第一节 农业的重要性

农业，是为人类提供食物和其他生活资料的物质生产部门，也是人类历史上最早出现的生产部门。马克思说：“最文明的民族也同最不发达的未开化民族一样，必须先保证自己有食物，然后才能去照顾其他事情；财富的增长和文明的进步，通常都与生产食品所需要的劳动和费用的减少成相等的比例。”^① 食物的生产是直接生产者生存和一切生产的首要条件，农业劳动是一切劳动部门得以独立和发展的基础，而“超过劳动者个人需要的农业劳动生产率，是一切社会的基础。”^② 农业的产生曾为人类带来了最原始的文明，农业的发展则是人类历史上一切文明产生和发展的自然基础。

可以想象，如果没有农业，人类仍然依靠采集和渔猎生活，世界将是一个什么样的情景。根据植物学家们的研究，在地球上的天然植被中，能够作为人类食物的资源并不是很丰富的。在任何类型的植被中，都只有比较少的植物能提供人类所需要的营养，其余则对人类有毒、或味道苦涩、或营养价值很低、或难以消化吸收。因此，自然植被对人类的所谓负载能力过去和现在一直都是很低的。今天，在世界上还存在着完全依靠自然界

① 《马克思恩格斯全集》第9卷，人民出版社1961年版，第347页。

② 《马克思恩格斯全集》第25卷，人民出版社1974年版，第885页。

动植物作为食物来源的最原始的部族，他们的生活并不比丛林的大猩猩或猩猩好多少。自然植被中可吃的果实、叶子、幼树的枝梢以及野生动物的肉类的数量都是有限的，这是地球上的类人猿和原始人类减少的主要原因。植物学家们还估计，在农业产生以前，地球上人口总数大约不超过300万。非洲俾格米人的姆布第部落是最接近于原始人的。他们没有农业，靠吃小羚羊、白蚁等野生动物和自然植被中的一些果实、树根和草根等为生。他们的生活比类人猿并没有好多少。在北美，大约有15万平原印第安人。他们过着流浪的生活，依靠打猎和采集野生植物的根和浆果为主，只是偶然种植少量植物。他们的生活极其艰苦，必须有160万平方公里猎物丰富的区域方可维持生存。在南美洲，当地印第安人每人所需要的打猎场所超过26平方公里，跟原始人所需要的打猎场所不相上下。依此估计，地球对人类的自然负载能力是很低的。

现在，世界人口超过40亿。这就是说，现在的世界人口超过自然界原来所能允许、自然食物资源所能供养的人数的1,000多倍。由此可见，农业的产生和发展确实是人类最重大的进步之一，可以和人类对火的征服相比拟。正是由于农业的产生和发展，为人类提供了越来越多的食物、纤维和其他人类所需要的动、植物产品，不仅使人类过着较为富裕的生活，而且使人类摆脱了自然的限制，使人类的数目超过任何高等动物。原始人类用棍棒和长矛狩猎只是有生命以来食肉动物行为的延续，而农业生产活动却是一种全新的努力——控制自然环境，向人类提供需要的食物和其他生活资料。这种由榨取自然环境到控制自然环境的转变，正是人类社会达成生产力高度发展的经济的第一步。随着农业的产生和发展，人类才开始过着定居的生活，也才有尔后的村落经济、城市经济的发展，才有脑力劳动

和体力劳动、工业劳动与农业劳动的社会大分工的出现，才有
人类物质文明和精神文明的进步和发展。

恩格斯在深入地研究了人类社会的发展过程之后深刻地指出：“农业是整个古代世界的决定性的生产部门，现在它更是这样了。”^① 农业不仅是最古老的产业，而且也将是最永久的最基本的产业。即使是在工业高度发达的社会里，也是如此。众所周知，工业和农业，是现代社会的主要支柱，失去任何一方，现代社会都会失去其机能。然而，农业是国民经济的基础，理由很简单，没有工业，人还可以继续活下去，没有农业，人就无法活下去。俗话说“国以民为本，民以食为天。”农业为人类提供生活资源，它直接影响着国民经济的发展，关系着社会的安宁，以至国家和民族的盛衰兴亡。历史证明了这一点。现代社会的发展仍将证明这一点。人们往往认为，发达国家就是工业国，不发达国家就是农业国。事实上，发达国家不仅工业高度发达，而且农业也很发达，出口农产品较多；不发达国家不仅工业落后，而且农业也很落后。日本国民经济协会会长竹中一雄研究了美国产业结构的变化情况后指出，从1950年到1980年的30年里，美国的工业品在世界贸易中的比重从22%下降到10%，而这期间农产品的比重却从10%上升到18%，特别是大豆和玉米，分别超过了80%和70%，具有压倒优势的竞争力。目前，美国拥有三种占优势地位的产业：一是宇航及与此有关的高级电子产业；二是农业、特别是种植业；三是包括大学在内的高等教育及信息等服务行业。这三个部门具有一个共同的基本特征：就是智力的投资和开发起决定性作用。同时展示了农业也是一个知识密集型的产业。目前世界上，农产品主

^① 《马克思恩格斯全集》第21卷，人民出版社1965年版，第169页。

要输出国除美国之外，还有加拿大、澳大利亚、新西兰等发达国家。而发展中国家一般都是农业落后，苦于粮食不足。^①就世界范围而言，120多个发展中国家，目前有80多个国家粮食不能自给。在非洲50多个独立国家中，就有28个严重缺粮。当前，世界上出现的所谓人口、能源和生态三大危机，也都直接或间接地与农业有关。可见，农业的地位和作用显得日益重要。

第二节 农业的起源与演进

农业是怎样和在什么时候产生的呢？根据农学家、植物学家、考古学家、地理学家、社会人类学家等多学科的研究，比较一致地认为，农业的发生至今大约有1万年的时间。

在农业产生以前，人类经历了长期的采集、狩猎生活。在长期的采集、狩猎过程中，人类不断地认识了动植物与自然环境之间的相互依存、相互制约的现象。当这种基本知识积累到一定程度时，人类开始自觉或不自觉地利用动植物与自然环境相协调的原理，进行自然环境的改造和野生动植物的驯育。这样，人类便由渔猎进为游牧，由游牧进为辟地耕耘。开始是拔除杂草，以帮助野生谷类和其他有用植物的生长，随后便开始有意识地播种作物和翻耕土壤。播种和锄耕，一般认为是原始农业的开端。所以，“农业”的字义，无论在我国或在外国，最初都是指辟地耕耘和播种谷物而说的。如我国的《前汉书·食货志》上说：“辟土植谷曰农”。就是说：“农”是耕耘土地以栽种谷物的意思。英文中的 Agriculture，Agri 来自拉丁文，原意是指土地，Culture 意即耕耘或栽培，两个字合在一起以表

^①参见竹中一雄：《日本农业有前途》，《农业现代化研究》，1982年，

第1期。

示“农业”，也是指最狭义的概念。

这就是农业最早和

从辟地耕耘开始，人类的农业生产大体上经历了原始农业、传统农业、现代农业三个历史发展阶段。

原始农业始于1万年前新石器时代的末期至石铜并用时期。在我国大约相当于伏羲、神农、黄帝到夏、商时代。原始农业的基本特征是，生产工具主要为石、木工具，动力则靠人力劳动。如我国《周易系辞下》中所说“斫木为耜，揉木为耒”，指的就是原始农业阶段制造的生产工具。《诗经》中所说的“以我覃耜，俶载南亩”，就是指用耜这种工具，在朝阳的土地上开始耕地。当时人们对自然现象还缺乏系统的认识，农业的耕作方法和生产技术都很粗放，土地大部分尚未开发，农作物生产对社会生活的影响虽然不断加深，但尚未取得绝对支配地位。人们必须集体协作，并以采集、渔猎来补充栽培或饲养物的不足。游耕和游牧占主要地位。到了原始农业后期，才逐渐地形成农牧结合的生产结构，并逐步从游耕和游牧经济向村落经济发展。据历史记载，中国、埃及、古巴比伦是定居最早的民族。我国约于殷商时期（公元前1766至1122年），业已建立村落。希腊人在此之后，约在公元前1,000年前后，罗马人则在公元前753年间开始建立村落。这一时期的农业，已出现铁器农具，可以深耕，对于选择土壤，施用肥料，设井灌溉等也有所进步。

传统农业是在继承、改造原始农业的基础上发展起来的。从世界范围看，这个阶段大约经历了2,000多年。各个国家的社会历史条件、自然条件不同，传统农业的发展进程也是有差异的。传统农业的基本特征是：广泛使用铁器工具和畜力，并且不同程度地利用了水力、风力等自然力；多种形式的耕作制

度和以自给自足的自然经济为主，半商品化农业与城市经济也逐步发展起来；传统的以经验为基础的农业科学技术开始形成和发展。我国自春秋战国之交，就由原始农业过渡到传统农业，主要奠基于是黄河流域中下游平原。那时，随着奴隶制经济的瓦解和封建制度的确立，农民得到了小块土地，获得了相对的人身自由。农民为了使小块土地上的收入，在缴纳租税之后还能维持自己和一家人的生存，需要进行精耕细作。铁制农具的广泛使用和畜力的使用，也为精耕细作提供了条件。两千多年来，经过代代相传的发展和锤炼，在我国广阔的农村，已经因地制宜地形成了一套综合运用土地、施肥、密植、播种、田间管理、灌溉保墒、间作套种、轮作倒茬、收获和播种绿肥等一系列精耕细作的传统技术。作为我国劳动人民这种精耕细作的传统技术的理论总结，形成了我国一系列传统的农学著作。从战国末期《吕氏春秋》里的农学篇章至明末清初，我国传统的农学著作约有600多种，其内容之丰富，为世界农学史上所罕见。从中可以看到，我们的祖先在农作物育种引种、农业耕作、水利建设、植树造林、动物驯养、农具和器械的发明、气象观察、多种自然资源的综合利用、农产品加工和多种经营等方面，创造了许多光辉的业绩，对世界文明的发展作出了重要的贡献。毛泽东同志说：“在中华民族的开化史上，有素称发达的农业和手工业，……有丰富的文化典籍。”^①运用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，批判地继承这一丰富的文化遗产和传统经验，对于探索我国农业发展的战略和实现农业现代化的道路，都有着十分重要的意义。

^① 《毛泽东选集》第2卷，人民出版社1952年版，第616-617页。

第三节 现代农业的发展和基本特征

所谓现代农业，是指十六世纪中叶开始，欧洲产业革命以后，特别是第二次世界大战以来，随着科学技术的迅猛发展和对农业生产的渗透和应用，促使农业生产技术不断革新，农业的产量和品质方面均有显著的增进。现代农业的基本特点是，向农业投入较多的物质和能量，并加入科学技术的因素，使以经验为基础的传统农业逐步转化为以自觉应用科学技术为基础的现代化农业。也可以说，现代农业是利用优良品种、机械耕种、化肥、农药、灌溉、科学管理及以生物技术措施为主的现代科技而进行的农业生产。现代农业的发展过程主要表现在以下几个方面：

一、农业机械的应用与革新

古代农业，包括传统农业，其动力主要依赖人力和畜力。最初的农具是木棒和石片。我国神农时代，创制耒耜作为翻土的木制工具，殷商以后改为铜制，春秋以后改为铁制。此后，农具数目、种类不断增多，构造也日益复杂，但很长时期，农具的功能并没有重大改进。直至十九世纪初叶，欧美各国由于机械工程及钢铁工业的进步，各种机具相继发明，为农业机械的发明和应用奠定了基础，农业机械化才不断地发展起来，使农业的技术基础发生了重大的变革。以美国为例，1776年立国以前的开发农业，实行粗放经营，全靠手工劳动，锄、斧、长柄大镰和少量笨重犁是基本的生产工具。美国第一次农业革命（1840~1910年）前夕出现了改良农具，普遍使用铁犁，1800年开始使用打谷机，1831年和1833年分别发明了割草机和脱粒机。美国第一次农业革命期间，还是以马拉农具为主的半机械

化时期。农业革命的早期，为了解决农业劳动力不足，从1850年开始用蒸汽机作为固定动力，1870年开始试验第一台蒸汽拖拉机。到1900年制出了第一台汽油拖拉机。农业机械总值由1870年的2.71亿美元增至1900年的7.5亿美元，增长176.8%。每英亩耕地平均占有农业机械的价值，由1870年的0.66美元增至1900年的0.84美元，增长27.2%。第二次农业革命（1910～1945年），是美国农业现代化的关键阶段，联邦政府采取了一系列措施，首先是高速发展农业机械化。到1940年，美国基本实现了农业机械化。1910年全国只有1,000台拖拉机和1,000台谷物收割机，1940年发展到160万台拖拉机、19万台谷物收割机和104.7万辆农用载重汽车。1910年在农业拥有的总动力中，畜力高达2,113万马力，占76%，而机械动力只有630万马力，只占24%。1940年的情况已发生了重大变化，畜力下降为1,220万马力，占6.5%，而机械动力猛增到17.58亿马力，占93.5%。每个农业劳动力所拥有的机械动力，由1910年的0.5马力提高到1940年的16马力，增长32倍。从整地、播种、施肥、中耕、除草、灌溉、排水以至收获和产品加工等一系列农业劳动，基本上实现了机械操作，从而使劳力节省、效率提高、产量增加。从1870年到1975年，100年左右的时间，美国的农业劳动生产率提高了12倍。一个农业劳动力供养的人数，1900年为6.9人，1978年增加到59人。如果把间接为农业生产服务的劳动除外，则每个农业劳动力大致可以供养10人左右。

在畜牧业方面，经济发达国家已实现机械化饲养畜禽。在林业方面，也已实现成套联合机械作业。在水产方面，实现捕捞和人工养殖机械化，等等。当然，农业机械化并不是孤立地发挥作用，而是和生物措施、化学措施紧密配合，同时还需要有社会化生产的配合。

二、化学肥料及农药的发明与应用

很早以前，人们就发现，厩肥、堆肥、动植物残体等都能提高土壤肥力，促进作物生长，因此有“腐烂是植物生长之本”的谚语。科学家们对这种现象进行了长期的分析研究。直到近代，植物生理学和农业化学的创立，为这种研究开辟了新的道路。特别是德国化学家李比希在1837年提出了矿质营养学说和归还学说，论证了植物从土壤中取得其无机的组成物质。所以，要保持土壤肥力就必须把植物取去的还给土壤。他用化学方法分析了植物灰分的无机物含量，并制造出与植物灰分相同的人造化学肥料，主要是钾盐和磷酸盐。但他的专利肥料并不成功，因为肥料里不含氮化合物。李比希认为植物全部是从空气中获得氮的。虽然他的化学肥料没有成功，但是，他在农业化学方面的开创性工作引起了人们的巨大兴趣。1841年法国化学家布森科等人提出了氮素营养和光合作用学说，后来又有人利用溶液培养法研究植物必需的矿质元素，认识到植物生命不可缺少的矿质元素是氮、磷、钾等，但这些营养元素在通常情况下土壤中只有极少量。如果这些元素中的一种含量过少，那末农作物的收成必受限制。只有按照植物所能利用的方式添加不足的营养元素，植物才能良好地生长发育。其他微量元素，如硼、锰、铜等，也是植物所需要的营养元素。以上这些研究成果，成了现代农作物人工施肥的理论基础，促进了化学肥料工业的发展。

1839年，英国人已经开始从秘鲁输入鸟粪，即脱水鸟粪和海鸟的尸体作肥料。英国农学家约翰·劳斯于1843年在德普特福建立了一个制造过磷酸钙化肥的工厂，将不溶性的磷酸盐加硫酸处理使之较易溶解。他最初利用动物的骨头作为磷酸盐的来源，然后从1847年开始采用了磷酸盐矿的沉积物作原料。

1815年左右开始，人们就用硫酸去处理煤气，把其中的氨作为一种可厌的物质消除掉。这样获得的硫酸铵，在1850年以后就被广泛地用作人造肥料。智利的硝酸盐沉积物以及德国斯特拉斯福特的硫酸钾沉积物，从1852年开始开采，粗盐被直接用作肥料。这样，便完成了化肥发展的第一阶段。

从此以后，世界各国都重视化肥的试验研究和应用。1913年前后，德国物理化学家哈伯发明氨的直接合成法，并投入生产。合成氨工业迅速发展，促进了整个化肥工业的发展。此后，化肥品种及施肥技术不断改进。

今天，在发达国家和地区，尿素成了通用的氮肥，过磷酸钙也逐渐为浓缩磷肥所代替。磷酸铵、硝酸磷肥是比较通用的复合肥料。在高度工业化的国家里，肥料日益朝浓缩方向发展，液氨、氮、磷、钾等液体肥料和悬体肥料的生产和应用，使化肥的研究和化肥工业都有了迅速的发展。异丁叉脲、脲醛和硫磺包被粒肥等长效肥，以及在水稻、旱地作物、经济作物、牧草上施用大量长效肥的有效条件和后效方面的研究，则是近10年来在化学肥料方面的新发展。

化肥和农药的发明和应用，是促使现代农业向前发展的重要方面。以农业化学应用比较早的法国为例，他在1818年就发现了磷矿，并首先用磷矿粉作为肥料。1850年开始使用磷肥和智利硝石作肥料。1880年法国已广泛使用钾肥和磷肥。1886年化肥的施用量为8.8万吨，1900年增加到24.3万吨。第一次世界大战后，法国收回了洛林和阿尔萨斯州，那里蕴藏着丰富的含磷铁矿和钾盐矿，为发展化肥生产提供了有利条件。到1938~1939年度，法国化肥产量达到110.8万吨（有效成分），平均每亩耕地可施化肥8斤。第二次世界大战后，法国逐步实现了农业化学化。1975年法国化肥产量达2,238万吨，为1950年的

4.4倍。化肥产量和消费水平每10年约增加1倍。法国在提高化肥有效成份方面也取得了显著成效。六十年代以来，法国已从生产氮、磷、钾单一肥料转向以生产复合肥料为主。例如，六十年代初期，法国34%的磷酸用于生产单一肥料，现在几乎全部用于制造复合肥料。现在，法国应用的肥料，其营养物质平均浓度在37~38%以上，浓缩肥料和液体肥料的品种在不断增加，从而提高了植物吸收率和施肥效果。化学肥料的使用范围已由农作物扩大到饲料作物和草原、牧场。天然草原、牧场和饲料作物消费的化肥已占法国化肥消费总量的三分之一以上。为了提高化肥的使用效果，法国实行科学施肥。他们根据各地土壤和自然经济因素的不同，在全国进行了化肥分区，基本上做到因土施肥，因作物施肥。在大量使用化肥的同时，法国农业生产已普遍使用除草剂和高效低毒农药。农业化学化，是法国农业生产迅速发展的重要因素之一。战后30多年来，法国农产品单产大幅度增加，小麦亩产由1946年的218斤增至1978年的674斤，增长2.1倍；玉米由172斤增至694斤，增长3倍多。1978年，法国谷物总产达911亿斤，比1949年增长2.3倍，增长速度居主要资本主义国家的首位。同期，甜菜增长近2倍，肉、奶增长1.2倍。1978年，法国出口谷物295亿斤，是世界上第三大粮食出口国；农产品出口总额达97.3亿美元，成为仅次于美国的世界上第二大农产品输出国。^①

随着化肥工业的发展和施肥技术的改进，化肥的增产效果日益显示出来。例如，从1954年到1978年24年间，日本的水稻每亩产量平均净增338斤，1978年达到838斤。增产的主要原因：一是化肥用量比较大，1976年平均每亩耕地施用274.6斤；

①参阅张维祁：《法国农业现代化的发展水平和措施》，载中国农科院科技情报所编：《国外农业现代化参考资料之四》（1980.12）。

二是化肥质量好，70~80%为高浓度复合肥料；三是在土壤和植株营养诊断的基础上，实行科学施肥。

近几十年来，世界上先进国家各种作物的单产均有大幅度提高，其中，除了品种和栽培技术以外，施用化肥和农药是起了重要作用的。

三、遗传的研究和品种改良

良种是农业生产的要求，是增产的内在因素，长期以来人类对良种的选育都很重视，但重大的突破则来自现代遗传学理论与新技术的应用。

十九世纪下半叶，自从细胞学说创立和染色体的早期发现以后，杂交育种已很发达，探讨杂交育种规律的人也很多。奥地利生物学家孟德尔在前人实践的基础上，曾以豌豆为材料进行了一系列杂交试验，做了近10年，用了3万株豌豆，统计结果得出了遗传因子呈3：1的分离定律。他的研究成果在当地科学学会的丛书中发表，湮没30多年之后，于1900年经德国植物学家科伦斯与奥地利生物学家切玛克等人重新发现，并由这些生物学家及英国生物学家贝特森加以证明和扩充，开始成为现代遗传学的起点，使遗传学发展成为精确的实验和实用科学。在农业上，人们应用这种遗传学理论来指导育种，收到了很大的成效。应用这种遗传学理论，既可以设法把某些符合需要的特性聚集在一个新品种内，又可以把有害倾向的特性淘汰掉。这样，使育种工作从纯经验的方法，逐步转变到以自觉应用科学原理与经验相结合的基础上。例如，英国生物学家比芬，运用这种选种法得到了一个优良的小麦新品种，既不感染锈病，又有很高的产量，而且面粉还具有某些烘烤特性，使许多优良性状集中到这个新品种之内。

在现代农业科学史上，遗传育种曾使农作物产量发生了两