

生态学基础

金以圣 主编



生态学基础

金以圣 主编

•
中国人民大学出版社出版发行
(北京西郊海淀路39号)
中国人民大学出版社印刷厂印刷
(北京鼓楼西大街石桥胡同61号)
新华书店经销

•
开本：850×1168毫米32开 印张：9.25
1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷
字数：227 000 册数：1 - 3 000

•
ISBN 7 - 300 - 00510-1

N·5 定价：3.15元

说 明

本书是在我们从事生态学基础教学实践（1981—1987）和科学研究的基础上，经教学小组讨论，对过去所编生态学基础教材进行修改，并增添了环境、资源、人类食物生产系统和生态农业等部分编写而成的。

全书包括绪言和九章。绪言主要阐述了生态学的研究对象及发展、生态学与农业生产的关系；第1—6章为生态学基本原理部分；第7—9章则分别对当今世界存在的主要生态问题：环境、资源、食物方面的现状、存在问题及解决途径作了讨论和分析。

本书力求做到使理论与实际相结合，从我国的实际出发，阐述生态学的基本理论，并反映国内外生态学，特别是农业生态学方面的最新发展。对某些学术上的不同见解，也作了简要介绍。

参加本书编写人员及章次为：

金以圣 绪言、第2、5、6、7、8、9章；

庄翠玲 第1、3、4章；

陈惠珍 绪言、第1章。

最后由金以圣负责统编。

本书在编写过程中得到编写者所在单位领导的鼓励和支持。有关兄弟院校也曾给予我们热情的关怀并提出宝贵的意见。但由于编者水平所限，在理论的阐述和实际问题的分析等方面，难免会有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

1987年11月

目 录

绪言	1
第一章 生态系统	9
第一节 生态系统的概念与组成	9
第二节 生物圈	15
第三节 生态系统的类型	17
第四节 人工生态系统	23
第二章 生态系统的非生物环境	28
第一节 生物与环境的生态关系	28
第二节 生态因子与生物相互作用的基本规律	43
第三章 生态系统中能量的流动	47
第一节 能量的基本原理	47
第二节 初级生产和次级生产	51
第三节 食物链和食物网	56
第四节 能量流分析	61
第五节 农业生态系统的能量流	68
第四章 生态系统的物质循环	73
第一节 物质循环的基本概念	73
第二节 气体型循环	80
第三节 沉积型循环	92
第四节 非必需元素的循环	97
第五节 生态系统中营养物质的再循环与收支	99
第六节 农业生态系统营养物质的循环	103
第五章 生物种群与群落	108
第一节 生物种群	108

第二节 生物群落	122
第三节 生物种间的相互关系	139
第六章 生态系统的发展与平衡	153
第一节 生态系统的发展	153
第二节 生态系统的平衡	169
第七章 环境与资源	178
第一节 自然资源的合理利用与保护	180
第二节 环境污染的防治	188
第八章 人类的食物生产系统	210
第一节 人体对食物的需要	210
第二节 人类的食物供求状况	215
第三节 人类的食物生产系统	219
第九章 生态农业	239
第一节 生态农业的产生	239
第二节 生态农业系统的调控	254
第三节 生态农业与辅助能量	266
第四节 生态农业系统效益的评价	280
主要参考书目	286
主要参考文献	288

绪 言

一、生态学的含义与发展

生态学是研究生物与其周围环境之间相互关系的一门科学。人类很早就已经开始研究生物与其周围环境之间的关系，并将其应用到生产和生活中。例如，我国在公元前一、二百年秦汉间所确立的二十四节气，就反映了农作物、昆虫与气候之间的密切关系。在古希腊时代一些哲学家，如亚里斯多德（Aristotle）、波克拉特斯（Hippocrates）等的著作中，也已包含有生态学的内容。但当时都没有提到生态学这个词。1869年德国的一位动物学家赫克尔（Haeckel）首次提出了“生态学”（ecology）这一词汇，其本身含有研究有机体生存环境之意，但当时并未引起人们的重视。直到20世纪初，生态学才逐渐被公认为是一门独立的学科，是生物学的一个分支。近20多年来，由于在世界范围内相继出现了粮食和能源的短缺、资源的退化与枯竭、环境的污染、人口的剧增等具有普遍性的社会问题，人们在寻求这些问题发生的原因和解决办法的过程中，才认识到生态学在创造和保持人类高度文明上的重要作用，因而生态学这一学科才引起人们越来越多的重视，并获得迅速的发展。

当前，所有科学，包括生物科学在内，都在向微观和宏观两个方向发展。生态学作为生物学的一个分支，总的说来，宏观方向更为人们所重视。生态学在发展过程中逐步形成了以下几个分支：

个体生态学 以生物个体为单位，研究某种生物与光、热、

水、空气、营养等环境因子的相互关系。

种群生态学 种群是同种生物的集合群，在种群内，各个个体通过种内关系组成一个有机的统一体。种群生态学研究生物种群与环境和生物种内的相互关系。

生态系统^①生态学 把生物与生物、生物与环境以及环境各因子之间的相互联系、相互制约的关系，作为一个系统来研究。

个体生态学、种群生态学、生态系统生态学，都有其各自的研究目的与任务，在内容上彼此有着密切的联系。但当今生态学家则把更多的注意力放到研究生态系统中，这是现代生态学的一个重要特点。

由于现代科学技术和实验手段的发展，使生态学从种群到系统的实验研究成为可能。例如，示踪原子的应用，可以追踪生态系统中营养物质的转移范围、途径及速率；利用电子仪器和生物遥测技术，可在不破坏动植物种群的情况下对它们取样和测量；利用现代数学和电子计算机，有可能对系统作定量描述，建立模拟实际生态系统的模型，以便分析了解生态系统的结构和功能并预测其变化等。生态学开始由描述阶段进入到一个新的实验和定量研究阶段，这是现代生态学的另一重要特点。

随着科学技术的进步和人类大规模生产活动的发展，人类在生态系统内已处于主导地位，成为一种重要的干预地球物理、化学过程和生物的种类、数量与分布及生长发育的因素。人类开采矿物，利用矿质元素，使物质从一种化学形态转变为另一种化学形态，加速了化学物质通过生物与环境的流动，改变了大气和水体的成分。人类从事农业生产，采取施肥、灌溉等农业技术措施，大大增加了土壤的有效肥力；但是，不适当的耕作与灌溉制度以及把不适于耕作的草原和森林开垦为农田也加速了对土壤的

① 对生态系统的解释，请参阅第一章。

侵蚀。人类的活动还改变了地球动植物群体的组成，如约占地球陆地总面积10%的原有草原或森林，已被人类种植的作物所取代，家畜在许多地方已取代了原来的野生动物等。上述所有这些人类干预生物与环境的过程，不论从规模还是速度上都不亚于自然过程。因此，生态学也由原来偏重于研究生物与自然因素之间的关系，转向注意研究人类活动影响下的生物与环境的关系上。以求避免环境对人类生产和生活造成不利的影响，并使其向着有利于人类的方向发展变化。这是现代生态学又一个重要特点。

生态系统生态学的发展促进了以研究生态系统的基本功能、生态系统各层次及层次间三大流（能流、物流、信息流）的转化或传递为基本内容的分科，如能量生态学、营养生态学、系统生态学等的发展；也促进了生态学与其它自然科学和社会科学交叉的边缘科学，如数学生态学、化学生态学、经济生态学、社会生态学等的发展。生态学理论的发展推动着各种应用生态学，如森林生态学、草原生态学、农田生态学、资源生态学、环境生态学、都市生态学、人口生态学等的发展，并使其在实践中发挥愈来愈大的作用。

生态学是一门综合性的边缘科学，它需要吸取各种自然科学，如物理、化学、数学、地理、气象、海洋、湖泊、动植物、微生物、遗传以及有关工农业生产的应用科学的有关知识。所以生态学的发展与这些自然科学的发展密切相关。今天，生态学的发展还要吸取经济、法律、社会学等有关社会科学知识，以解决有关的生态问题。例如，需要颁布森林法、草原法、土地法等，以便从法律上保证合理地利用和管理这些自然资源；恰当的生态措施需要考虑当地的民族传统文化传统以及社会风俗习惯等。因此，生态学已成为自然科学与社会科学的桥梁。正因为生态学所涉及的面如此之广，与人类的生产、生活环境紧密相关，所以生态学又被人们称之为“环境生物学”，并被认为是复杂的科学之一。

二、生态学与农业

农业生产是在人类经济活动干预下的生物再生产过程，离开了生物就没有了农业。而光、热、水分、空气、营养等气候和土壤因素，是生物赖以生存的自然环境。在人类的农业生产活动干预下，自然生态系统的生物再生产过程（包括生物的种类与生产能力）及环境条件，都发生了深刻的改变。我们把这种在人类的农业生产活动干预下的生态系统，叫做农业生态系统。

几千年来的农业演进，形成了与当地自然、社会经济条件相适应的各式各样的农业生产系统。从几乎完全依靠人、畜力系统到依靠投入大量化石燃料及其制品的高度机械化的集约化系统；从完全自给、半自给系统到高度商品化系统。当前，在某些特定条件下，还存在着不固定在某一块土地上经营的非永久性系统，如烧垦（刀耕火种）和游牧等。目前，世界上的作物栽培系统，大约有40%是采用比较集约的机械化技术，约有30%为非机械化的永久性栽培系统，还有30%为烧垦系统。显然，研究和了解这些系统的生态特点，对指导今后农业生产的发展有很大意义。

现代农业的许多技术措施，在解决人口迅速增长对食物和燃料的需求上，无疑作出了重大贡献。但人类在认识自然、改造自然的过程中，不可避免地会受到认识上及某些社会经济因素的一些限制，因而在实现农业现代化过程中出现了一些问题。例如，农药的广泛使用，一方面污染了环境和农畜产品；另一方面，由于天敌被杀伤，造成某些害虫的再度猖獗。大面积种植遗传性相同的作物，某些情况下导致了病虫害的大流行。大量增施高浓度的化学肥料，引起邻近水域的污染和“富营养化”^①现象。工业

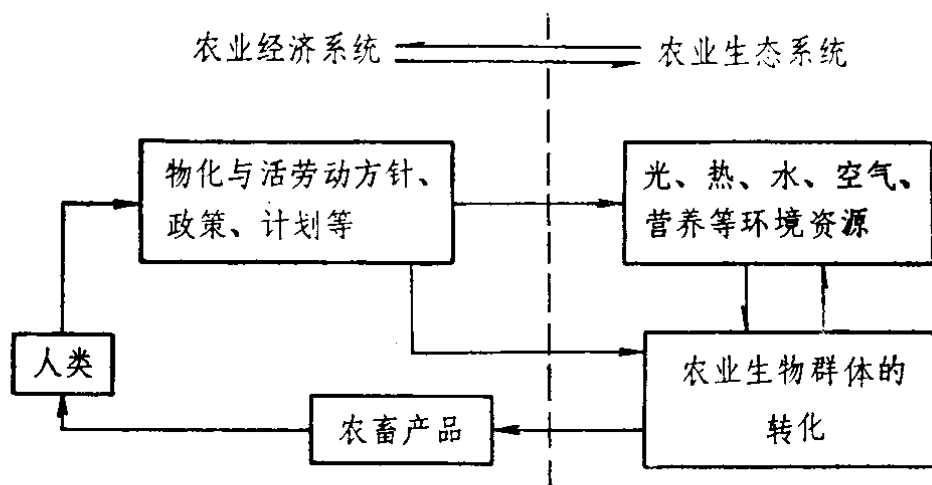
① “富营养化”现象系指化肥中的硝酸盐和磷酸盐随水流入江河、湖泊或池塘、水库中，为藻类生长提供了丰富的营养，藻类便大量繁殖起来。藻类死亡后的残体被微生物所分解，消耗大量水中的溶解氧，导致鱼、虾等的死亡。

化带来了城市的发展，促进了农业生产的商品化，但也造成了生产地和消费地的分离，使许多有机废物不能返回农田，加剧了农业对化肥的依赖。现代化农业的许多技术措施如化肥、农药、机械、燃油等，都需要消耗大量的化石燃料，这样就形成了农业对化石燃料的高度依赖；而化石燃料是亿万年前沉积的光合作用产物，属于不可再生的资源，化石燃料的迅速消耗，反过来又向现代化农业的发展前景提出了挑战。今天，人们已开始用生态学的观点对农业现代化过程中的这些问题加以总结，提出了“生态农业”这样一个概念，作为农业现代化的一个基本指导思想。

所谓“生态农业”，是指以生态学原理为指导，吸取各种农业生产系统，特别是传统农业中的合理部分，并将其应用到现代集约化农业中；同时对目前现代化集约农业中不符合生态学原理的部分加以改进而建立的新型农业。生态农业在不断满足社会对农副产品需求的同时，使生态系统向着有利于人类的方向发展。

农业生态系统既然是人类经济活动干预下的生态系统，人类的经济再生产活动必然对生物与环境所构成的农业生态系统产生重大的影响。人类可以凭借劳动、物质技术装备等社会资源去改造农业生态系统，以提高农业生态系统的生产力；也可以通过计划、价格、方针政策、管理体制等社会经济因素，直接、间接对农业生态系统施加影响。反之，农业生态系统的平衡与否及生产力的高低，也会影响人类的经济再生产活动。实际上，农业生产系统是由农业经济系统和农业生态系统所构成的相互联系的有机整体。这种相互关系可用图表示如下：（图见下页）

由于农业经济系统与农业生态系统是一个有机的整体，人们进行农业生产时，如果只考虑眼前的经济问题而不考虑生态规律，往往会事与愿违而受到大自然的惩罚。例如，若不顾地区资源条件，片面强调“以粮为纲”，在不适于开垦为农田的土地上去发展粮食生产，其结果必然会造成严重的水土流失、土地沙化



农业生产系统图解

和碱化，形成“愈窘（粮食产量低下）愈垦、愈垦愈窘”的恶性循环局面。又如，在木材生产方面，如果忽视林业再生产与森林资源再生产的关系，盲目实行“以需定产、以产定销”，使计划下达的采伐量大大超过森林的生长量，结果不仅会破坏森林资源，还会导致环境的恶化。但是，如果只考虑生态规律而不考虑经济问题，合理的生态措施也难以实现。例如，农牧业相结合是符合生态规律的，发展畜牧业可以将多余的粮食，特别是人类不能直接食用的牧草、秸秆以及加工副产品转化为优质动物蛋白食品和皮毛等，而家畜粪便又可以用来肥田；但如果农畜产品之间比价不合理，畜产品收购价格偏低，就会影响农民饲养家畜的积极性，使农牧业不能很好结合，相对过剩的粮食得不到转化，各种饲料资源也得不到充分利用，从而不能实现最大的生态效益与社会经济效益。

未来人口增长的情况，将对人类赖以生存的农业生态系统产生深刻的影响。农业生产是以土地等自然资源为基础、在人类干预下的自然再生产过程。人口密度会影响人均占有资源，特别是人均占有土地资源和水资源的数量；另一方面，人口数量也反映了劳动力资源的多少。这些，都是人们确定在农业生产中采取什

么样的对策时所应考虑的问题。例如，是靠扩大耕地来增加农业总产量，还是靠集约化耕作提高单产来增加农业总产量；是实行机械化集约农业，还是劳力集约农业，等等。1987年，全世界人口已达50亿人，按世界人口自然增长率为1.7%的速度推算，到本世纪末将达到62.25亿人。人口的迅速增长，增加了对食物、纤维等农产品的需求，迫使人们去运用现代技术加强对土地、水等自然资源的利用能力，提高其生产潜力。人类确实曾以惊人的创造力获得了征服自然的巨大力量，并一度给人这样一种印象，似乎凭借科学技术，人类就可以走向不依赖自然的“仙境”。但是，运用现代科学技术的各项增产措施，事实上都是要利用和消耗自然资源的。长期以来，人类对自然资源肆意地索取，导致了不可再生资源（如化石燃料）的迅速耗尽和可再生资源（如水、土壤肥力、生物等）“再生弹性”的损害以及环境的恶化。这些严酷的事实，迫使人们终于开始认识到，人类仍然是自然界的一部分；而且，人类对自然界的影响愈为剧烈，愈加复杂化，人们对自然资源的依赖程度也愈大。这种人类活动与自然界的相互关系，在农业生产系统中表现得更为明显，因为农业企业基本上是一种“生态企业”。

为了解决人口迅速增长与有限的自然资源之间的矛盾，我们必须从生态平衡的观点出发，研究一定资源条件下的最适人口。人类既然凭借科学技术力量已经对生态系统进行了深刻的改造，也必将能够对人类自身（生态系统的成员之一）在系统中的密度加以科学控制。另一方面，通过生态农业的建立和发展，可以提高食物生产系统中的能量与物质转化效率。例如，提高光合作用的转化效率，充分利用与人不争食物的非竞争性饲料资源；提高畜禽对饲料的转化效率等，从而在有限的资源条件下生产更多的农畜产品。

总之，生态学研究的目的，就是要从系统的观点出发，了解

生态系统中各个要素之间相互影响、相互制约的复杂变化规律，了解人类的生产活动与生态系统的相互作用，研究和探索建立新的生态平衡，以满足人类生存、发展的需要。

第一章 生态系统

第一节 生态系统的概念与组成

一、“系统”观念的引入

“系统”一词，引自系统论的创始人奥地利的理论生物学家贝塔朗菲。所谓系统，是由若干相互作用、相互依存的组成部分结合成的、具有一定结构和特定功能的综合体。例如，自行车就是一个系统，它由许多相互关联的部件组成，而各个部件又必须是按照一定规格和严密的程序，有序地结合起来，才能使自行车成为运载的工具。“系统”的一个重要内容就是强调各组成成份之间的相互作用。正如自行车的车把、车架、车轮的相互关联，相互牵制一样。“系统”不是各组成成份的简单拼凑，而是必须具有一定的结构，即系统内部相互关联的各组成成份总是按照一定的规格和严密的程序，有规律地结合在一起的。自行车的脚蹬必须带动轮盘，经过链条带动飞轮，飞轮旋转带动后轮，后轮转动与地面产生摩擦力才能带动自行车前进。自行车只有动力系统还不行，还需要人通过车把掌握方向；光有后轮不行，还需要有前轮配合，保持稳定。总之，只有各部分的有机结合，才能完成自行车这个系统的特定功能——行驶、运载。因此，“系统”绝不是各组成部分的简单相加；由系统结构表现出来的整体功能要大于它的各部分之和。我们在运用系统的观点考察和分析问题时，必须重视系统的整体性和各组成成份之间的关联性，分析各组成成份在整体中的地位和作用以及它们之间的联系。凡系统必

有结构，有结构必有关系。我们要研究系统内部各组成成份之间的数量比例关系以及他们之间的组合层次。凡系统必有它特定的功能，这是某一系统区别于其它系统的主要标志。

二、生态系统 (ecosystem) 的概念

生态系统是一般系统的一种特殊形态。在自然界中，生物（包括动物、植物和微生物）的生存与周围环境（主要指阳光、温度、水分、空气、土壤等，也包括其它生物）发生着密切的关系。生物在其生活过程中，总要从环境中取得它生活所必需的能量与物质以建造自身，同时，也要不断地排出某些物质归还到环境中去。例如，绿色植物利用日光能把二氧化碳、水和矿质营养合成为有机物质。食草动物，如昆虫、鼠、羚羊、鹿等则依靠绿色植物合成的有机物而生存。狮、狼、虎、豹等又以食草动物为其生活的食物来源。微生物则靠分解死亡动植物残体或排泄物以获得其生命活动所需的营养物质和能量。绿色植物、动物、微生物通过呼吸代谢作用又将二氧化碳、水和营养物质归还于环境。因此，生物与生物，生物与环境总是不可分割地相互联系、相互作用着。环境各因子间也是相互影响、互相制约的。一个因子的变化可以引起其它一系列因子发生相应地改变。如光照增强，温度便会相应升高；大气相对湿度减小，土壤水分蒸发就会加快等。因此，环境各因子又是综合地作用于生物的。可见，生物与生物、生物与环境通过能量、营养物质和其它的联系，把它们结合成了一个整体。在这个整体中，能量不停地流动，物质不断地循环。生态系统就是指一定地域（或空间）内，生存的所有生物和环境相互作用的，具有能量转换、物质循环代谢和信息传递功能的统一体。

生态系统这一概念最初是由英国植物群落学家坦斯利 (Tansley, 1935) 首先提出的。它的基本点在于强调系统中各成员之间（生物与生物、生物与环境以及环境各因素之间）功能上的统一性。

因此,生态系统主要是功能单位,而不是生物学中分类学的单位。

从生态系统的含义可以看出,这个自然界中的基本功能单位包括面广,关系复杂,是个纵横交错的网络式结构。所以只有科学发展到具有一定的深度和广度时,才有可能去研究并认识它。也只有运用了系统的观点去分析生物与环境的关系时,才使生态学的理论和方法有了更大的发展。

生态系统是有边界、有范围、有层次的。尽管边界是人为的,但明确边界可以确定系统的范围,研究系统内各组成成份之间的联系,并使该系统相对独立于其它系统。任何一个被研究的系统都可以和周围环境组成一个更大的系统,成为较高一级系统的组成成份;而且它本身可以分成许多子系统或亚系统。例如,一个池塘、一段河溪、一块草地、一片农田,都是一个生态系统;而一个包括农田、草地、河溪、池塘、居民点的区域也是一个生态系统。农田是区域生态系统的组成成份,农田本身又可依据种植作物的不同分为许多子系统,研究生态系统的不同等级或层次,可以了解系统之间的相互关系,从更大的范围或不同的角度来观察、分析生物与环境之间的复杂关系。

当前,人类与环境的关系已发展为全球性的重大问题。人口增长、自然资源的合理开发与利用已成为生态学研究的核心课题。而所有这些问题的解决都有赖于对生态系统的研究。诸如,生态系统的演替、生态系统的多样性与稳定性以及生态系统对于干扰的恢复能力和自我调节控制的能力等。

三、生态系统的组成

地球表面任何一个生态系统,都由生物和非生物环境两大部分组成。

(一) 生物部分

生态系统中有许许多多的生物。按照它们在生态系统中所处的地位和作用不同,可以分为生产者、消费者和分解者三大类群。

1.生产者 生产者是指能制造有机物质的自养生物，主要是绿色植物，也包括少数能自营生活的菌类。绿色植物具有在日光下进行光合作用的特殊功能，能把吸收来的二氧化碳、水和无机盐类制造成有机物质，把太阳光能以化学能的形式固定在有机物质中。这些有机物质是生态系统中其他生物维持生命活动的食物能源，故把绿色植物称为生产者。除绿色植物外，光能合成细菌和化能合成细菌，也能把无机物合成为有机物质。但化能合成细菌在合成有机物时，不是利用太阳光能，而是靠氧化无机化合物取得能量。如硝化细菌，能将氨氧化为亚硝酸和硝酸，利用氧化过程中释放出来的能量，把二氧化碳和水合成为有机物。虽然光能合成细菌或化能合成细菌合成的有机物质不多，但它们对某些营养物质的循环却有重要意义。

2.消费者 消费者是指直接或间接利用绿色植物所制造的有机物质作为食物能源的异养生物，主要指各种动物，也包括某些腐生或寄生的菌类。根据食性不同或取食的先后，又可以将它们分为：

(1) 草食动物。也称素食者，如反刍动物中的牛、羊，骆驼，啮齿类中的田鼠，昆虫类中的菜青虫、蝉，等等。它们以植物的叶、枝、果实、种子为食。在生态系统中，绿色植物所制造的有机物质首先由它们来“享受”，所以又称为初级消费者。

(2) 肉食动物。也称肉食者，它们以草食动物或其它弱小动物为食，包括次级消费者和三级消费者等。次级消费者以初级消费者为食，三级消费者又以次级消费者为食。古谚：“螳螂捕蝉，黄雀在后”，蝉在蜕皮前生活在土壤中，靠吸吮杨树根的汁液为生，是初级消费者，也是草食动物；蝉被螳螂所吃，螳螂即为次级消费者；而螳螂又被黄雀所食，黄雀则为三级消费者。如果以肉食动物吃与被吃的顺序划分，则螳螂为一级肉食动物，黄雀为二级肉食动物。当然，在黄雀的后面，还有猫头鹰。这样，