

第一章 绪 论

本章提要

●概念与术语

生态学 (ecology)、农业生态学 (agroecology)、农业生态系统 (agroecosystem)。

●基本内容

1. 生态学的概念、研究内容及发展阶段；
2. 生态学的分支
3. 农业生态学的产生、含义与发展；
4. 农业生态学研究的内容、特点与任务。

●重要问题

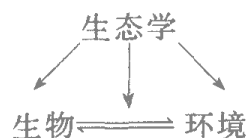
1. 生态学与农业生态学的含义和研究内容；
2. 农业生态学的特点。

农业生态学是运用生态学的原理及系统论的方法，研究农业生物与其自然和社会环境的相互关系的应用性科学。农业生态学是生态学在农业领域应用的一个分支学科，主要研究由农业生物与其环境构成的农业生态系统的结构、功能及其调控和管理的途径等。学习农业生态学的目的和意义一方面要了解有关生态学的一般知识及理论与方法，另一方面要运用农业生态学的原理和方法分析农业生态系统的资源生态问题与系统优化途径。

第一节 生态学及其发展

一、生态学的概念

生态学 (ecology) 一词源于希腊文“oikos” (原意为房子、住处) 和“logos” (原意为学科或讨论), 1865 年, Reiter (勒特) 将两个词合并构成 Oikologie (生态学) 一词。1866 年德国生物学家 H. Haeckel (海克尔) 在其著作《有机体的普通形态学》中第一次正式提出生态学的概念, 并将生态学定义为: 生态学是研究生物与其环境相互关系的科学。此后, 又有许多的生态学家对生态学的含义及概念进行了探讨, 但所提出的定义未超过海克尔定义的范围。1896 年 Clarke (克拉克) 曾用图解说明了生态学的概念:



著名生态学家 E. P. Odum (奥德姆) (1971) 在其所著的《生态学基础》(Fundamentals of Ecology) 一书中, 认为生态学是研究生态系统的结构和功能的科学, 具体内容应包括:

- (1) 一定地区内生物的种类、数量、生物量、生活史及空间分布;
- (2) 该地区营养物质和水等非生命物质的质量和分布;
- (3) 各种环境因素如温度、湿度、光、土壤等对生物的影响;
- (4) 生态系统中的能量流动和物质循环;
- (5) 环境对生物的调节和生物对环境的调节。

二、生态学的主要发展阶段

(一) 生态学的形成

关于生物与环境的关系, 自有人类历史以来就注意到了, 在我国古农书中就

有体现，在古希腊的一些著作中也能发现。如我国战国时代的《管子·地圆篇》就详细介绍了植物分布与水文土质环境的生态关系，古希腊的 Hippocrates（海波诺提斯）不但注意到气候、土壤与植被生长及病害的关系，同时注意到了不同地区植物群落的差异，其《空气、水、场地》被认为是生态学的文献。但对促进生态学产生影响较大的，则是 19 世纪以来的一些著作。1803 年 Malthus（马尔萨斯）在《人口论》中不仅研究了生物繁殖与食物的关系，而且特别分析了人口增长与食物生产的关系。1807 年德国学者 A. Humblot（洪德堡）通过对南美洲热带和温带地区的植物及其生存环境进行的多年考察结果，写成《植物地理学》，分析了植物分布与环境条件的关系。1859 年，Darwin（达尔文）出版著名的《物种起源》，提出生物进化论，对生物与环境的关系作了深入探讨。1866 年，德国学者 H. Haeckel（海克尔）提出生态学定义，标志着生态学的诞生。此后，有诸多的科学家通过研究对生态学形成做出了很大贡献，到 19 世纪末，生态学已正式成为一门独立学科。

（二）生态学的发展

生态学形成初期，以研究动、植物个体生态现象为主，主要探讨生物体对其生存环境的各种外界因素的适应能力及其生理功能、形态结构特点等。以后发展到种群生态研究，如生物物种的分布及其与环境关系，生物物种进化及其与环境变化的关系。再进一步开始关注生物群落的生态现象，如一个特定区域中各种生物种群分布的多样性及其相互间的关系，群落发展变化的特点与规律等。直到 20 世纪 30 年代后期，生态学研究逐步由个体生态、种群与群落生态，最终走向生态系统生态研究，生态学的发展更为迅速，有关生态学研究的论文及著作不断涌现。其中对生态学发展有突出影响的是：

1. 生态系统概念的提出 1935 年英国生态学家 A. G. Tansley（坦斯列）首次提出生态系统（ecosystem）的概念，把生物有机体与其环境看成是一个整体，提出生态系统是在特定的区域相互作用的全部生物与无机环境的综合体。从此，生态学开始进入生态系统生态学阶段，也标志着生态学已进入以研究生态系统为中心的近代生态学发展阶段。

2. 生态系统“食物链”的提出 1942 年，美国生态学家 R. L. Lindman（林德曼）通过对美国 Cedar Bog 湖泊生物量转移的定量研究，发表了“一个老年湖泊的食物链动态”一文，指出生物量随食物链转移的规律，并提出著名的“食物链”和“生态金字塔”理论，为生态系统研究奠定了基础。此后，美国生态学家 E. P. Odum（奥德姆）对生态系统能量流动和物质循环作了大量研究，并综合已有研究成果写成出版了《生态学基础》一书，进一步确立了生态系统生态学，使生

态学研究领域更为广泛。

3. 系统论及计算机信息技术的运用 系统论是 20 世纪 30 年代由 L. V. Bertalanffy (贝塔朗菲) 提出的; 20 世纪 40 年代末美国科学家 C. E. Shemnon (香农) 创立研究系统组分之间各种信息过程的信息论; 20 世纪 60 年代计算机技术得到运用。这样使复杂生态系统研究在理论、方法及工具上日趋完善, 为系统分析方法在生态学上的运用奠定了基础, 使生态学研究进入定量、控制和应用方向发展阶段。

4. 生态工程原理及技术应用 生态工程 (ecology engineering) 概念是 20 世纪 60 年代以来由美国生态学家 E. P. Odum(奥德姆) 和我国生态学家马世骏教授分别提出的 尤其是马世骏教授根据中国大量生态工程实践 归纳出“整体、协调、再生、循环”的生态工程原理。提出以生态学 特别是以生态控制论为基础 应用多学科交叉综合, 对社会—经济—自然复合生态系统进行调控和优化, 使生态学的原理与技术应用更加广泛和实效。

三、生态学分支学科

生态学的综合性很强, 随着生物与环境系统研究领域不断拓宽, 研究工作不断深入, 其分支学科也愈来愈多, 并且已广泛地渗透到自然及社会科学的各个领域。生态学按其性质一般分为理论生态学和应用生态学两大类。

理论生态学中以普通生态学 (general ecology) 概括性最强, 它介绍生态学的一般原理和方法, 包括个体生态、种群生态、群落生态和生态系统等层次。此外, 理论生态学按研究对象的生物类别划分有: 动物生态学 (animal ecology)、植物生态学 (plant ecology)、微生物生态学 (microbial ecology)、昆虫生态学 (ecology of insects) 等等; 按生物的栖息环境可分为: 陆地生态学 (terrestrial ecology)、海洋生态学 (marine ecology)、森林生态学 (forest ecology)、草原生态学 (grassland ecology)、太空生态学 (space ecology) 等等。近些年 由生态学与地理学结合的景观生态学也发展较快, 其主要研究内容是景观范围内的若干生态系统之间的相互关系和管理。

应用生态学包括的门类更多, 如污染生态学 (pollution ecology)、农业生态学 (agroecology)、自然资源生态学 (ecology of natural resources)、人类生态学 (human ecology)、城市生态学 (city ecology); 以及一些新型的数学生态学 (mathematical ecology)、化学生态学 (chemical ecology) 等等。

第二节 农业生态学及其发展

一、农业生态学的产生

农业生产的实质就是利用生物与资源环境形成人类所需农产品的过程，离开了生物就谈不上农业，而光、热、水、气等气候和土壤等环境因素，则是生物赖以生存的自然环境。由此可见，农业本身就是利用、调节生物与环境关系的一个生态过程。对于这种生态关系，实际上从农业生产开始之时就已被重视了，在古代农业、近代农业的各种农书中，都有不同层次和角度的阐述记载。在作物栽培及畜禽养殖相关的各类学科中，都是从各个方面对农业生物与环境关系进行分析和调节出发的，如作物栽培与耕作学、土壤与肥料学、园艺学、动物饲养学等等。

随着生态学理论与方法的不断成熟和完善，尤其是生态系统理论的提出，使生态学在农业领域的运用更为普遍和深入。有意识地运用生态学基本理论及系统生态学的方法研究农业问题，逐步得到深入和发展，因此，生态学在农业领域的分支——农业生态学（agroecology, agricultural ecology）在进入 20 世纪以来，不断受到重视而渐渐形成一门独立的学科。1929 年意大利的 G. Azzi 阿兹齐教授在大学正式开设讲授农业生态学课程，并于 1956 年正式出版了《农业生态学》一书。进入 20 世纪 70 年代后，已有大量的农业生态学专著及教材问世，世界各国逐渐把农业生态学作为一个重要的专业方向或一门学科来进行研究。

二、农业生态学的发展

早期的农业生态学明显带有农学学科的痕迹，其研究的重点集中在农作物与农田土壤、气候、杂草等相互关系，以及影响作物分布和生态适应能力等方面，多数仍局限于个体生态学或作物生态学的研究范畴。如在 20 世纪 20~30 年代所开展的农业生态学研究，基本上都是从分析农作物与生态环境的相互关系及调节途径出发的，并没有从系统生态的角度去探讨，尤其对农业生态系统中的一些整体关系及规律缺乏研究，所以并没有引起农学界及生态学界的普遍重视。G. Azzi 阿兹齐的《农业生态学》（1956 年）一书，重点阐述的仍是作物生态学的一些内容，他将农业生态学定义为研究环境、气候和土壤与农作物遗传、发育及产量与质量关系的科学。可见，当时的农业生态学仍停留在个体生态、种群生态及群落生态上。

进入 20 世纪 70 年代后，以研究农业生态系统为重点的农业生态学开始发展，对生态系统物质循环、能量流动及系统分析的理论与方法不断被采用，并注意研究系统整体内组分之间的相互关系，使农业生态学研究领域和层次拓宽，生态系统水平的农业生态学逐步建立起来了。日本学者小田桂三郎的《农田生态学》（1972）、美国生态学家 G. W. Cox（柯克斯）等的《农业生态学》及 R. Lowrance 主编的《农业生态系统》等，都把研究重点从个别作物的生理生态、种群生态及群落生态问题，扩展到农田生态系统和农业生产系统的生产力、资源利用潜力、能量和养分的流动与转化及农业生产的各种生态问题等。目前，随着农业生产水平的不断提高，农业生态学的研究范畴和对象已不再是单纯的自然环境与生物的关系，而已重视到社会、经济、技术因素的影响。

中国从 20 世纪 70 年代后期，生态问题得到重视，作为研究农业生态系统的农业生态学借机得到重视和发展。1981 年召开了全国农业生态学研讨会，随后又多次召开了有关农业生态学的全国性学术讨论会，对农业生态学的理论、内容体系等进行了研讨。1983 年正式确定在农业院校开设农业生态学课，并在 1986 年由国家教委将农业生态学列为农学专业的主要课程，同时在部分农业院校开始试办农业生态专业。

进入 20 世纪 90 年代，保护资源与环境，促进可持续发展成为全球性社会经济发展的主题。农业生态学及生态农业建设受到前所未有的重视，农业生态的理论研究与实践应用得到快速发展。各农业院校及部分综合性大学纷纷开设农业生态学课程，部分院校已建立了农业生态学硕士点及生态学博士点，使农业生态学发展进入了一个新的发展阶段。

三、农业生态学的趋势展望

随着人类社会的不断发展，人口持续增长和对产品需求的不断提高，全球性的资源和生态环境问题日趋严重，并已引起国际社会的高度重视。如何协调人类社会经济发展与生态保护的矛盾，已逐步成为可持续发展的焦点问题。作为直接以生物和自然资源环境进行再生产的农业，其可持续发展问题显得更为重要，而以研究农业生态系统生物与环境关系的农业生态学，也必将随之受到更普遍的重视。

农业生产发展的历史，实质上就是人类对资源与环境开发强度和效率不断提高的历史。从原始农业到传统农业，再逐步过渡到现代农业，人类对自然资源的需求量急剧增长，利用规模和数量不断加大。同时，由于越来越多的能量、物质投入到农业生态系统中，尽管其产出量也相应增多，但对资源和环境的一系列的

负效应也随着而来，如能源和水资源的短缺、生态环境的破坏、污染加剧等资源环境问题日趋严重。随着人口的进一步增长和社会经济的不断发展，这些生态问题仍有加剧趋势。如何合理调控农业生态系统，协调生态—经济—技术之间的关系，是农业生态学的重要任务和目标。

进入 21 世纪，我国农业将全面步入发展新阶段，农业生产和农村经济结构调整优化，农业生产由数量型向质量型发展，农业增长方式由粗放型经营向集约型经营转变。尤其面临 WTO 带来的机遇与挑战，有效解决产量与品质、增产与增收的矛盾，提高农业效益和增强国际市场竞争力等已是新阶段农业的迫切任务。在这种背景下，有效解决日趋严重的资源与环境问题意义更为重大，因此，在我国农业由传统农业向现代农业发展进程中，农业生态学的研究和应用也将越来越活跃，其学科地位和作用将更加突出。

第三节 农业生态学的内容与任务

一、农业生态学的内容

农业生态学的研究对象主要是农业生态系统 (agroecosystem)。即研究农业生物之间、环境之间及生物与环境之间的相互关系及调控途径。利用生态学及系统学的理论与方法对农业系统各组成成分及其相互关系进行研究，以提高其整体效益。

农业生态学的主要内容包括农业生态系统的组成、结构、功能及其调控的原理和技术途径。

(一) 农业生态系统的组分与结构

包括农业生物组分 (农作物、畜禽等)、环境组分 (自然环境与社会经济环境)；农业生态系统的层次结构，如不同生产层次的结构相互关系；农业生态系统的空间结构，如在自然与社会经济条件影响下的地域分布特点、水平及垂直上的结构配置；农业生态系统的的时间结构，如系统的演化规律，随时间的变化趋势等；农业生态系统的营养结构，如农业生态系统中的食物营养关系、食物链等。

(二) 农业生态系统的能量流动及物质循环

包括农业生态系统中各组分之间的能量和物质的流动、转化的途径与通量强度，物质和能量转化利用的效率与效益，以及伴随物流、能流转化过程的信息传递和价值转移的途径及规律等。

（三）农业生态系统生产力

包括农业生态系统的初级生产力（植物性生产）和次级生产力（动物性生产），协调各级生产及提高农业系统总体生产力的途径及调控措施等。

（四）农业生态系统的人工调控与优化

包括对农业生态系统调控机制分析及利用生态工程技术对农业系统进行人工调节和优化，生态农业建设的原理及技术等。

（五）农业资源的合理利用与生态环境保护

包括农业生产对资源合理利用的原则及途径；农业生产对生态环境的不利影响与防治途径；以及资源环境对农业生产的反作用等。

二、农业生态学的特点

（一）理论实用性

农业生态学是一门应用基础性学科，是生态学在农业领域的应用分支学科，具有较强的实用性。其研究内容与农业生产紧密结合，而且就是立足于农业生产实践进行理论分析和研究的。其研究成果在农业区划、区域综合开发和治理、农业资源利用、生态工程建设等多方面都有广泛的应用。

（二）学科交叉性

农业生态学是介于农学与生态学之间的交叉学科，综合性很强。从知识内容上，它涉及到土壤学、作物学、动物学、微生物学、经济学、林学、水产学、园艺学等诸多领域的学科知识；从研究对象上，既包括自然生态内容，也包括人工生态，涉及农业、经济、技术等多方面的内容，而且农业生态系统本身就是一个社会—经济—自然复合系统。

（三）研究统一性

农业生态学强调适用于不同学科的共同思想和共同语言，强调适用于生态系统不同组分的通用方法。能量、物质、信息、价值等是联系生态系统各种组分的共同媒介，利用它来分析系统的结构、功能，有较强的统一性。尤其随着系统分析及计算机技术的发展，其优势越来越突出。

（四）宏观层次性

农业生态学区别于一般的个体生态学、作物生态学及动物生态学等有明确界限的微观生态学，它的宏观性及伸缩范围很大。因为农业生态系统本身，其边界范围小的可以是一块农田、一个农户，但大的可以是一个地区，一个国家甚至整个世界。所以，以研究农业生态系统为核心的农业生态学基本上是以研究宏观性的农业问题为重点。

三、农业生态学的任务

运用农业生态学的理论和方法，分析研究农业领域中的生态问题，探讨协调农业生态系统组分结构及其功能，促进农业生产的持续高效发展，是农业生态学的根本任务。可见，农业生态学不仅要进行基础性的理论研究，更要为发展农业生产提出切实可行的技术途径，要理论与实践紧密结合。

农业生态学不同于自然生态学，它更多地要涉及社会、经济与技术问题，因为农业生产本身就是一个自然再生产与经济再生产结合在一起的过程。所以，从这一角度出发，应把握农业生态与自然生态的不同，注重社会经济因素及技术条件对农业生态系统的作用，不能简单用纯生态的理论与思想来分析和解释农业及经济发展问题，更不能把生态问题绝对化。例如，从自然生态观点看，森林、草原等是最美观和合理的生物植被，破坏这些植被就意味着生态平衡的破坏；但从农业发展角度看，人类为了生存和发展，必然要通过“刀耕火种”毁掉森林、草原，开发为农田，并逐步增加人工投入以提高其生产力。因此，从农业生态观点看，这种“生态平衡破坏”在农业发展的初级阶段并非绝对的不合理，在某种意义上它反映出人类的进步。

人类社会的发展在一定程度上必然要以牺牲自然资源为代价，如何尽可能减轻经济发展对生态环境的压力和降低资源成本，走可持续发展之路，是生态学面临的重大问题。同样，这也是农业生态学要探索的问题。把握农业生产的“生态—技术—经济”复合系统的相互作用关系与特点，从整体结构优化和提高系统功能上进行合理调控，以促进农业生产持续高效发展，是农业生态学未来发展中的重要任务。

思 考 题

1. 什么是生态学和农业生态学？
2. 为什么说农业生态与自然生态不完全一致？
3. 农业生态学的主要任务及其发展趋势是什么？

参 考 文 献

1. 蔡晓明，尚玉昌. 普通生态学. 北京：北京大学出版社，1995
2. 骆世明等. 农业生态学. 长沙：湖南科学技术出版社，1987
3. 王如松. 系统生态学——回顾与思考. 现代生态学透视. 北京：科学出版社，1990

4. 柯克斯等. 农业生态学. 北京: 农业出版社, 1987
5. 李博. 普通生态学. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1990
6. 迪维诺著. 生态学概论. 李耶波译. 北京: 科学出版社, 1987
7. 马世俊, 王如松. 社会—经济—自然复合生态系统. 生态学报, 1984, 4(1)

第二章 农业生态系统

本章提要

●概念与术语

系统 (system)、生态系统 (ecosystem)、生产者 (producer)、消费者 (consumer)、分解者 (decomposer)、生物圈 (biosphere)、农业生态系统 (agroecosystem)、组分结构 (components structure)、垂直结构 (vertical structure)、水平结构 (horizontal structure)、时间结构 (temporal structure)、营养结构 (trophic structure)、能量流动 (energy flow)、物质循环 (nutrient cycle)、信息传递 (information transfer)、信息流 (information flow)、价值流 (value flow)。

●基本内容

1. 系统的基本特征：系统结构的有序性、整体性、功能的整合性；
2. 生态系统的组成：生物组分和非生物组分；
3. 生态系统的结构：物种结构、时空结构、营养结构；
4. 生态系统的功能：能量流动、物质循环、信息传递；
5. 生态系统的类型：按环境特征划分和按人工干预程度划分的各类生态系统；
6. 农业生态系统的组成：生物组分（农业生物：农作物、果树、蔬菜、家畜、家禽、水产养殖类、林木等）和环境组分（自然环境组分和人工环境组分）；
7. 农业生态系统的结构：组分结构、时空结构、营养结构；
8. 农业生态系统的功能：能量流、物质流、信息流、价值流。

●重要问题

农业生态系统与自然生态系统在生物构成、环境条件、结构组成与功能、稳定机制、开放程度、生产力、能流特征、养分循环特点及系统服从规律、运行目标等方面的主要区别。

农业生态学的研究对象主要是农业生态系统 (agroecosystem)。农业生态系统是人类为满足社会需要,在一定边界内通过人类干预,利用生物与生物、生物与环境之间的能量和物质联系建立起来的功能整体,客观上是以系统形式存在的从系统的角度研究和分析农业生态问题,可以更深入和全面地了解农业生产体系的特点与规律,并可进一步调节控制农业生产及对资源环境的有效利用。

第一节 生态系统概述

一、系统的概念与基本特征

(一) 系统的概念

系统 (system) 是指由相互依赖的若干组分结合在一起,能完成特定功能,并朝特定目标发展的有机整体。一个系统的组成,必须满足如下 3 个条件:第一,系统必须具备两个以上的构成要素;第二,各要素之间必须具有某种联系;第三,各要素必须以整体的形式完成特定的功能。

系统是客观世界事物存在的普遍形式,可以说万事万物皆系统。例如:一台计算机是一个系统,一个生物是一个系统,一个企业是一个系统,一个部门、一个经济协作区、一个社会组织也都是一个系统。系统有大有小,大到一个国家甚至于整个地球和宇宙,小到一个细胞或分子、原子。

(二) 系统的基本特征

1. 系统结构的有序性 凡是系统都是有序的,杂乱无章的要素组合在一起构不成系统。系统结构的有序性具体表现在系统的边界和系统的层次两个方面:

(1) 系统的边界。系统无论大小均有边界。边界是区分系统及其环境的依据。系统边界有的比较明确,而有些比较含糊。系统的边界可能是自然形成的,也可能是人为划分的。例如:一只动物的皮毛构成了这一动物个体系统的自然边界,而对于土体系统而言,明确地划分它的边界,则显得有些困难,其上界是与大气的交接面,其下界则往往是根据研究目的而人为确定为犁底层、根系下界或母岩表面等。明确系统的边界是为了便于研究边界内的事物。系统边界确定的原则是把研究分析问题的重要部分和对研究问题有重大影响的部分作为系统组成部分,非重要部分中与研究问题有关但又无重大影响的部分划为系统环境。

(2) 系统的层次。系统无论繁简均具有分层现象。即任何系统,它既是由某些要素 (或子系统) 组成的,同时又是组成更大系统的一个要素 (或子系统) 在观方向上可以逐层综合,在微观方向可以逐层分解,从而表现出鲜明的层次关

系。这可用农业系统的层次结构图来说明（图 2.1）。

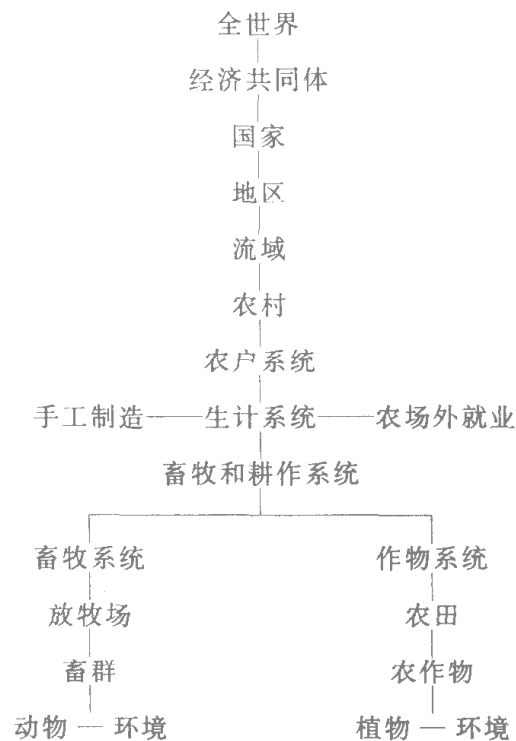


图 2.1 农业生态系统的层次结构划分（仿 Conway,1987）

2. 系统的整体性 系统的整体性主要表现在组成系统的各要素之间要有一定的数量比例关系和空间位置排列关系，为了完成系统某一特定功能，各要素必须分工协作，相互耦联，这是系统实现能量、物质、信息和价值等转化与循环功能的‘目的性’要求。

3. 系统功能的整合性 系统的整合性是指系统的整体功能大于各组成部分功能之和的特性，又叫系统的整合效应。一般而言，系统的整体功能不等于各组成要素功能的简单相加和堆积，而是一种集合效应，既有各要素的具体功能，又有各要素间交互作用产生的新功能。

二、生态系统的概念

生态系统 (ecosystem) 是指在一定的时间和空间范围内，生物与生物之间、生物与非生物环境之间密切联系、相互作用并具有一定结构及完成一定功能的综合体，或者说是由生物群落与非生物环境相互依存所组成的一个生态学功能单位。

1935年，英国生态学家 A. G. Tansley 在长期研究植物群落的基础上，总结

了前人的研究成果，首次提出了生态系统的概念。他认为，“生态系统的基本概念是物理学上使用的系统整体，这个系统不仅包括有机复合体，而且还包括构成环境的各种自然因素的复合体”。后来又进一步提出“我们不能将生物与它们所处的特定环境分开，生物与环境形成一个自然体系，这一体系是地球表面上的基本单位，它们有多种多样的规模”。至 20 世纪 40 年代，美国生态学家 R. L. Lindman 通过对生态营养结构的研究，提出了食物链概念，进一步奠定了生态系统的理论基础。到了 20 世纪 50 年代，美国生态学家 E. P. Odum 建立了比较完整的生态系统的概念和体系，指出：“生态系统是指由环境和占据该环境并联系在一起的生命有机体所构成的动态整体。”20 世纪 60 年代末的“国际生物学研究规划”（IBP）使生态系统得到进一步发展。强调生态系统的结构与功能之间的相互联系和相互作用，以及自动调节机制，成为目前大家普遍接受的生态系统分析理论。1983 年 E. P. Odum 以及 1987 年我国生态学工作者骆世明等又分别对生态系统的概念作了进一步的论述，完善了生态系统的内涵。

三、生态系统的组成

生态系统种类多样，其组成成分也很繁杂，但从这些组分的性质可以分为两类，即生物组分和非生物组分。其中的生物组分是指生态系统中的动物、植物、微生物等；非生物组分是指生命以外的环境部分，包括大气、水、土壤及一些有机物质（图 2.2）。

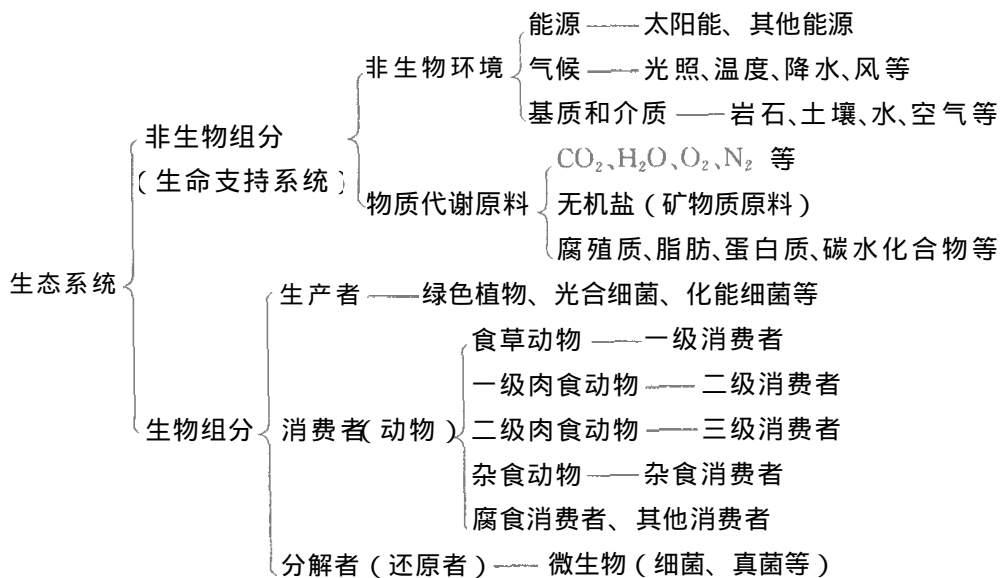


图 2.2 生态系统的一般组成

(一) 生物组分

根据各生物组分在生态系统中对物质循环和能量转化所起的作用以及它们取得营养方式的不同,又将其细分为生产者、消费者和分解者三大功能类群。

1. 生产者(*producers*) 主要是绿色植物和化能合成细菌等,它们具有固定太阳能进行光合作用的功能,能把从环境中摄取的无机物质合成为有机物质——碳水化合物、脂肪和蛋白质等,同时将吸收的太阳能转化为生物化学能,储藏在有机物中。这种首次将能量和物质输入生态系统的同化过程被称为初级生产(*primary production*),这类以简单无机物为原料制造有机物的自养者被称为初级生产者(*primary producers*),在生态系统的构成中起主导作用,直接影响到生态系统的存在与发展。

2. 消费者(*consumers*) 是指除了微生物以外的异养生物,主要指依赖初级生产者或其他生物为生的各种动物。根据食性的不同,又分为草食性动物、肉食性动物、寄生动物、腐生动物和杂食动物 5 种类型。

3. 分解者(*decomposers*) 主要是指以动物残体为生的异养微生物,包括真菌、细菌、放线菌,也包括一些原生动物和腐食性动物,如甲虫、蠕虫、白蚂蚁和某些软体动物。分解者又被称为还原者,能使构成有机成分的元素和储备的能量通过分解作用又释放归还到周围环境中去,在物质循环、废物消除和土壤肥力形成中发挥巨大的作用。

消费者和分解者都依赖初级生产提供的能量和养分通过代谢作用来构成自身,其生物量形成的生产称为次级生产(*secondary production*) 作为异养生物被统称为次级生产者(*secondary producers*)。

(二) 非生物组分(环境组分)

1. 太阳辐射(*solar radiation*) 是指来自太阳的直射辐射和散射辐射,是生态系统的主要能源。太阳辐射能通过自养生物的光合作用被转化为有机物中的化学潜能。同时太阳辐射也为生态系统中的生物提供生存所需的温热条件。

2. 无机物质(*inorganic substance*) 生态系统环境中的无机物质,一部分来自大气的氧、二氧化碳、氮、水及其他物质;另一部分来自土壤中的氮、磷、钾、钙、硫、镁、水、氧和二氧化碳等。

3. 有机物质(*organic substance*) 生态系统环境中的有机物质,主要是来源于生物残体、排泄物及植物根系分泌物。它们是连接生物与非生物部分的物质,如蛋白质、糖类、脂类和腐殖质等。

4. 土壤(*soil*) 土壤作为一个生态系统的特殊环境组分,不仅是无机物和有机物的储藏库,同时也是支持陆生植物最重要的基质和众多微生物、动物的栖息

场所。

生态系统中的环境、生产者、消费者和分解者构成了生态系统的四大组成要素，它们之间通过能量转化和物质循环相联系，构成了一个具有复杂关系和执行一定功能的系统。生态系统中各组分间的关系表示于图 2.3 中。

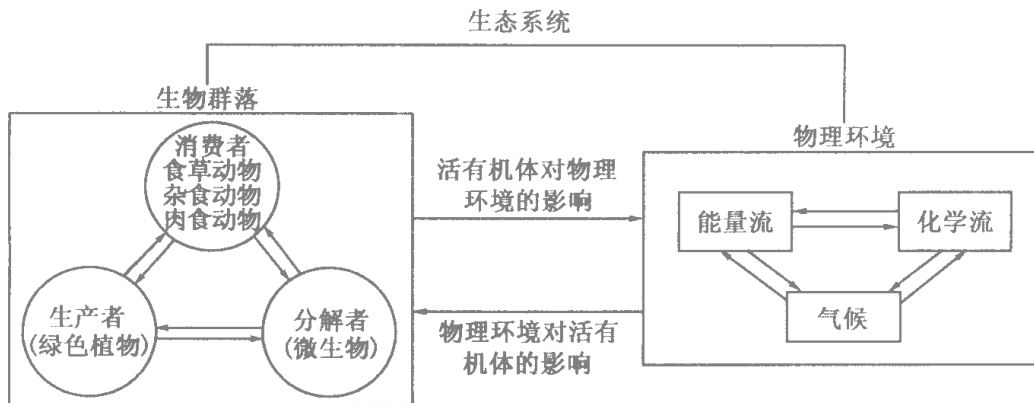


图 2.3 典型陆地生态系统中生物组分与非生物组分之间相互关系图解

(引自 G. W. Cox, 1979)

四、生态系统的结构

生态系统是由生物组分与环境组分组合而成的结构有序系统。所谓生态系统的结构系指生态系统中组成成分及其在时间、空间上的分布和各组分间的能量、物质、信息流的方式与特点。具体来说，生态系统的结构包括 3 个方面 即物种结构、时空结构和营养结构。这 3 个方面是相互联系、相互渗透和不可分割的。

(一) 物种结构 (species structure)

又称组分结构 (components structure)。是指生态系统中生物组分由哪些生物种群所组成，以及它们之间的量比关系。生物种群是构成生态系统的基本单元，不同的物种（或类群）以及它们之间不同的量比关系，构成了生态系统的基本特征。

(二) 时空结构 (space-time structure)

生态系统中各生物种群在空间上的配置和在时间上的分布，构成了生态系统形态结构上的特征。大多数自然生态系统的形态结构都具有水平空间上的镶嵌性、垂直空间上的成层性和时间分布上的发展演替特征。

(三) 营养结构 (trophic structure)

生态系统中由生产者、消费者、分解者三大功能类群以食物营养关系所组成

的食物链、食物网是生态系统的营养结构。它是生态系统中物质循环、能量流动和信息传递的主要路径。

系统结构是系统功能的基础。只有组建合理的生态系统结构，才能获得较高的系统整体功能。反过来，生态系统功能的高低可以作为检验系统结构合理与否的尺度。

五、生态系统的功能

生态系统具有能量流动、物质循环和信息传递三大功能，能量流动和物质循环是生态系统的基本功能，信息传递在能量流动和物质循环中起调节作用，能量和信息依附于一定的物质形态，推动或调节物质运动，三者不可分割，成为生态系统的核心。

（一）能量流动 (energy flow)

能量是生命活动的动力。生态系统的能量来自太阳辐射，能量沿着生产者 → 消费者 → 分解者单向流动，是驱动一切生命活动的齿轮。

（二）物质循环 (nutrient cycle)

物质是生命活动的基础。生态系统中的物质，主要是指生物为维持生命所需的各种营养元素，它们沿着食物链在不同营养级生物之间传递，最终归还环境，并可被多次重复吸收利用，构成物质循环。

（三）信息传递 (information transfer)

在生态系统中，生物与环境产生的物理信息（声、光、色、电等）、化学信息（酶、维生素、生长素、抗生素等）营养信息（食物和养分）和行为信息（生物的行为、动作）在生物之间、生物与环境之间的传递，把生态系统的各组分联系成为一个整体，具有调节系统稳定性的功能。

六、生态系统的主要类型

地球上全部生物及其生活区域称为生物圈（biosphere），一般指从大气圈到水圈约 20 km 的厚度范围，其中包含了边界大小不同、种类各式各样的生态系统。为了认识和研究上的方便，人们常将生态系统划分为不同的类型（图 2.4）。

（一）根据环境特性划分的生态系统

1. 海洋生态系统 (marine ecosystem) 这是生物圈内最大、层次最厚的生态系统。全球海洋面积 3.6 亿 km² 占地球表面的 70% 平均深度为 3 750 m。浮游植物与藻类是海洋生态系统中的生产者，各种鱼类为消费者，微生物既存在于水中，也存在于海岸沉积物中。