

国家“十二五”出版规划重点图书



第2辑

农业生态 环境保护及其技术体系

Agro-Ecological

Environmental Protection and Technology System

• 方 静 主编 •

中国农业科学技术出版社

国家“十二五”出版规划重点图书



第2辑

农业生态 环境保护及其技术体系

Agro-Ecological
Environmental Protection and Technology System

• 方 静 主编 •

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业生态环境保护及其技术体系 / 方静主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2012. 11

(中国农业经济发展研究论丛)

ISBN 978-7-5116-1109-3

I. ①农… II. ①方… III. ①农业环境保护-研究-中国 IV. ①X322.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 251084 号

责任编辑 朱 绯

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106626(编辑室) (010)82109702(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82109707

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 13.75

字 数 208 千字

版 次 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

————— 版权所有 · 翻印必究 —————

中国农业科学院农业经济与发展研究所
研究论丛编委会

■ 主 任：秦 富

■ 常务副主任：王济民

■ 执行副主任：毛世平

■ 编委会成员：（按姓氏笔画为序）

马 飞 朱立志 任爱荣 任爱胜

李宁辉 李先德 吴敬学 赵芝俊

夏 英 蒋和平

《农业生态环境保护及其技术体系》

编 委 会

主 编 方 静

编 者 陆庆光 朱立志 魏 赛
方 兴 黄丹丹 蒋慧芳
向 猛

前 言

农业生态环境关系着人类的生存与发展。改革开放以来，中国的农业生态建设与环境保护工作在各级政府和全社会的共同努力下，取得了显著成就，但是我们也必须看到形势依然十分严峻。

当前，中国农业生态环境问题主要表现在水土流失、沙漠化、土壤次生盐渍化问题严重，草原退化趋势加剧，农用水源越来越短缺。同时，农村地区除受工业和城市的污染外，农业生产本身带来的污染也十分严重。不合理使用农药、化肥、农用薄膜带来的化学污染日趋蔓延，畜禽养殖产生的粪便污染不容忽视，随意焚烧秸秆造成的空气污染问题也十分突出。

农业生态环境的恶化影响到人类生存的基本空间，同时还降低了农业生产力及抗御自然灾害的能力，导致农产品质量下降、农业减产甚至绝产，还会对气候产生不利的影响，导致旱涝灾害频繁发生，进而危害农业生产和人民生命财产安全。总体来看，中国农业生态环境问题已成为制约农业和农村经济乃至国民经济发展的重要因素，进一步全面加强农业生态建设与环境保护已迫在眉睫。

本书围绕农业生态建设与环境保护，在阐明基本概念和方法的同时，着重探讨具体的项目措施与技术体系的设置，希望能为奋战在农业生态建设与环境保护一线的广大工作者提供有效的参考。

全书共分六章，方静任全书的主编，负责写作架构的拟定、专栏和附录的编辑整理以及全书的统稿。第一章由朱立志和方兴编写，第二章由朱立志和蒋慧芳编写，第三章由蒋慧芳编写，第四章由魏赛编写，第五章由陆庆光编写，第六章由向猛编写。

由于撰稿时间较短，书中难免有疏漏和不足之处，请广大读者能够批评指正，针对难点问题我们可共同进行探讨。

目 录

第 ㊟ 部分

农业生态与环境概述 /1

一 农业生态系统 /2

二 农业环境 /11

参考文献 /22

第 ㊟ 部分

农业生态环境状况及发展趋势 /23

一 生态破坏严重, 环境污染加剧 /24

二 农业生态环境的恢复与建设 /62

参考文献 /83

第 ㊟ 部分

农业生态服务功能提升 /85

一 农业生态服务功能概述 /86

二 农业生态服务功能提升模式 /91

三 提升农业生态功能的可持续农业 /105

参考文献 /113



第 ④ 部分

农业废弃物利用、处理技术 /115

- 一 畜禽粪便的资源化利用 /116
- 二 固体废弃物的资源化利用 /131
- 参考文献 /152

第 ⑤ 部分

环境友好型防治技术 /154

- 一 利用天敌防治技术 /155
- 二 微生物农药防治技术 /157
- 三 农艺措施防治技术 /165
- 四 物理防治技术 /168
- 五 综合治理防治技术 /170
- 参考文献 /176

第 ⑥ 部分

中国农业生态环境保护典型案例 /178

- 一 退耕还林还草的技术模式 /179
- 二 生态乡村建设的技术模式 /185
- 三 农村能源生态工程的技术模式 /195
- 四 乡村清洁工程的技术模式 /200
- 五 测土配方施肥的技术模式 /203

参考文献 /207

第 一 部分 |
**农业生态与
环境概述**

方
静
主
编



农业生态系统

(一) 农业生态系统的综合结构

农业生态系统是在一定时间和地区内，人类利用农业生物与非生物环境之间以及生物种群之间的关系从事农业生产，在人工调节和控制下形成的人工生态系统。

农业生态系统是由农业环境因素、绿色植物、动物和微生物四大基本要素构成的物质循环和能量转化系统，具备生产性、稳定性和持续性三大特性。

农业生态系统是一个复杂的系统，其由自然生态子系统、经济子系统和社会子系统复合而成。

自然生态子系统为农业生态系统提供基础条件和生存环境，它决定农业生态系统的基本地域特征。自然生态子系统中包含自然生态因素和农业生态因素。自然生态因素包括气温、降水、土壤、动植物和太阳辐射等；农业生态因素主要有农业生态系统的物质转化效率、能量利用状况等。

经济子系统是农业生态系统中的生产系统，是农业生态建设的主要目标。农业生态建设一方面要建立一个良性循环的系统，更重要的是建立一个物质能量转化效率较高的产出系统，主要包括农业产业结构和农业生产潜力。农业产业结构包括农林牧渔各业的比例以及种植业内部的经济作物、粮食作物、蔬菜作物和饲料作物等之间的比例和林牧渔业中不同类别动植物之间的比例等；农业生产潜力主要指各类农业生产类型的产量、物质能量利用率可以提高的幅度。

社会子系统是农业生态系统的动力系统，主要包括：农业生产技术和

农业生产政策。农业生产技术包括良种培育、灌溉技术、田间管理、饲养技术、农产品加工技术等；农业生产政策是指各类鼓励和引导农业生态功能提升的政策，尤其是生产能提升的政策，如资金政策、技术推广政策、农产品政策和市场政策等。

以上三个子系统共同作用、相互影响、相互制约、共同影响着农业生态系统的建设与发展。

农业生态系统不断进行着“自然”再生产与经济再生产相结合的生物物质生产过程。所谓“自然”再生产过程，是指种植业、养殖业和海洋渔业中的生物体自身再生产过程，不仅受自身固有的遗传规律支配，还受光、热、水、土、气候等多种因素的影响和制约，即受到自然规律的支配。经济再生产过程，是指农业生产是按照人类经济目的进行的投入和产出，受到经济和技术等多种社会条件的影响和制约，即受社会经济规律的支配。人类从事农业生产，就是利用并促进绿色植物的光合作用，将太阳能转化为化学能，将无机物转化为有机物，再通过动物饲养，以提高营养价值，使农业生态系统为社会尽可能多地提供农产品。同时，人类运用经济杠杆和科学技术来提高和保护自然生产力，提升生态功能，提高经济效益和社会效益。

在农业生态系统中，人的作用非常突出。种植哪些农作物，饲养哪些家禽和家畜，养殖哪些鱼类，都是由人来决定的。人们还要不断地从事喂养、播种、施肥、灌溉、除草、治虫和收割等活动，只有这样，才能使农业生态系统朝着对人类有益的方向发展。农业生态系统的主要组成成分是人工种养的生物，它们相对于自然生长的生物来说，抗逆性（抵抗不良环境的能力）较差。另外，农业生态系统中除按人们的意愿种养的物种外，其他物种通常要被抑制或排除，导致生物种类大大减少，营养结构简单。

因此，农业生态系统远比自然生态系统结构简单，生物种类少，食物链短，其自我调节能力较弱，抵抗力稳定性比较低，易受自然气候、病虫害、杂草生长的影响，需要人为的管理调节。因而，创造良好的农业生态环境，才能取得较佳的经济效益。良好的农业生态环境有赖于森林、草原、水域等生态系统的支持、保护和调节。农业生态系统中的各种生物之



间存在着相互依存、相互制约的关系，人们可以利用生物种群之间的关系，对生物种群进行人为调节。例如，在生态系统中增加有害生物的天敌种群，可以减轻有害生物的危害。

农业生态系统就其生产力来说应当比自然生态系统更高，因此，除太阳辐射外，还必须通过人类的劳动和管理加入辅助能，如农机、化肥、农药、排灌、收获、运输、加工等。只有不断地调整和优化生态系统的结构和功能，才能以较小的投入，得到最大的产出，取得良好的经济效益、社会效益和生态效益，建立一个合理、高效、稳定的农业生态系统。

与自然生态系统一样，农业生态系统也同样存在能量多级利用和物质循环再生。食物链是生态系统能量流动和物质循环的主渠道，它既是一条能量转换链，也是一条物质传递链，从经济上看还是一条价值增值链。因此，遵循这一原理，就可以合理设计食物链，使生态系统中的物质和能量被分层次多级利用，使生产一种产品时产生的有机废弃物，成为生产另一种产品的投入，也就是使废物资源化，以便提高能量转化效率，减少环境污染。例如，鸭粪下塘作为鱼的饵料；塘泥作为果园的肥料；果园内养殖蚯蚓；猪粪、鸡粪、菌渣作为蚯蚓饵料；蚯蚓改良果园土壤，蚓粪为果园提供肥料，蚯蚓作为鸡的饲料等。

（二）农业生态系统的能量流动

一切生物都离不开能量，能量是一切生命活动的基础，是自然界赖以存在的基本要素。生态系统中一切过程的状态、速度和数量，也都与能量的流动与转化有关，能量是生态系统的动力。因此，能量的输入、传递、转化和做功，是生态系统的基本活动。

生态系统中的食物链是指来源于植物的食物能，通过一系列吃与被吃的营养关系，把生物与生物联系起来的生物链条。每个链节上的生物都构成下一链节生物的食物能来源。食物链的不同链节称为营养级，植物是第

一营养级，草食动物是第二营养级，依次类推。生态系统的能量流动是沿着各个营养级进行的。

在生态系统中，能量的形式不断转换，如太阳辐射能通过绿色植物的光合作用转变为储存于植物体中的有机物化学链中的化学能，动物通过吞食植物将植物体中的化学能又转变成自身体内储存的化学能，同时又通过运动将一部分体内储存的化学能变成爬、跳、飞、游的机械能。在这些过程中，能量既不能凭空产生，也不会消失，只能严格的按当量比例由一种形式转变为另一种形式。能量在生态系统中的流动，很大部分被各个营养级的生物利用，但通过呼吸作用以热的形式散失到空间的热能不能再回到生态系统参与流动。

农业生态系统是人工生态系统，我们把农业生态系统中能量的输入、传递和散失的过程，称为开放式的生态系统能量流动。首先，农业生态系统的植物通过光合作用，把太阳能固定在它们所制造的有机物中，这样，太阳能就转变成化学能，输入生态系统的第一营养级。输入第一营养级的能量，一部分在植物的呼吸作用中以热能的形式散失了，另一部分则用于植物的生长、发育和繁殖，也就是储存在构成植物体的有机物中。在后一部分能量中，一部分随着植物遗体和残枝败叶等被分解者分解而释放出来，还有一部分则被初级消费者——植食性动物摄入体内。被植食性动物摄入体内的能量，有一小部分存在于动物排出的粪便中，其余大部分则被动物体所同化。这样，能量就从第一营养级流入第二营养级。能量在第三、第四等营养级的变化，与第二营养级的情况大致相同。

同一般生态系统一样，农业生态系统的最主要能量来源也是太阳能。除太阳能以外的对农业生态系统施加的能量称为辅助能，主要有：①自然能，包括风、雨、流水等；②人工辅助能，包括生物辅助能（劳动力、畜力、种子、有机肥等）和工业辅助能（化肥、农药、农机、电力、农用薄膜等）。

人工辅助能主要通过改善农业生态系统中的一些限制因子，改善系统的功能，从而提高农业生产力。增加人工辅助能的主要途径是：①良种的

培育,提高动植物的产量、品质和抗逆性;②生态工程建设,为农业生物提供良好的物理环境;③使用农机具,提高劳动生产率;④使用化肥、农药、农用薄膜、生长调节剂和人工合成饲料、兽药等,提高生态系统的能量转换效率,减少物质能量消耗。

虽然人工辅助能会提高农业生态系统的生产力,但我们还应注意并避免它的负面效应,如工业辅助能投入的增加导致能源短缺、环境污染和成本提高等问题。未来农业应该更多地投入科学技术和信息,以优化辅助能投入,提高辅助能的利用效率。提高能量转化效率的主要途径有调整生物结构、优化投入组合、改善资源基础状况和采用节能技术。

农业生态系统中能量流动也是单向流动和逐级递减的。单向流动是指生态系统的能量流动只能从第一营养级流向第二营养级,再依次流向后面各个营养级,一般不能够逆向流动。逐级递减是指输入到一个营养级的能量不可能百分之百地流入后一个营养级,能量在沿食物链流动的过程中是逐级减少的。一般来说,在输入到某一个营养级的能量中,只有10%~20%的能量能够流动到后一个营养级,也就是说,能量在相邻的两个营养级间的传递效率是10%~20%。为了形象地说明这个问题,可以将单位时间内各个营养级所得到的能量数值,由低到高绘制成图,这样就形成一个金字塔图形,叫做能量金字塔(图1-1)。可以看出,营养级越多,在能量流动过程中消耗的能量就越多。

了解农业生态系统的能量流动,可以帮助人们合理地调整生态系统中的能量流动关系,使能量持续高效地流向对人类最有益的部分。例如,如果把作物秸秆当燃料烧掉,人类就不能充分利用秸秆中的能量。如果将秸秆作饲料喂牲畜,让牲畜粪便进入沼气池,将发酵产生的沼气作燃料,将沼气池中的沼渣作肥料,就能实现对能量的多级利用,从而大大提高能量的利用效率。再如,在一个草场上,如果放养的牲畜过少,就不能充分利用牧草所能提供的能量;如果放养的牲畜过多,就会造成草场的退化,使畜产品的产量下降。只有根据草场的能量流动特点,合理确定草场的载畜量,才能保持畜产品的持续高产。

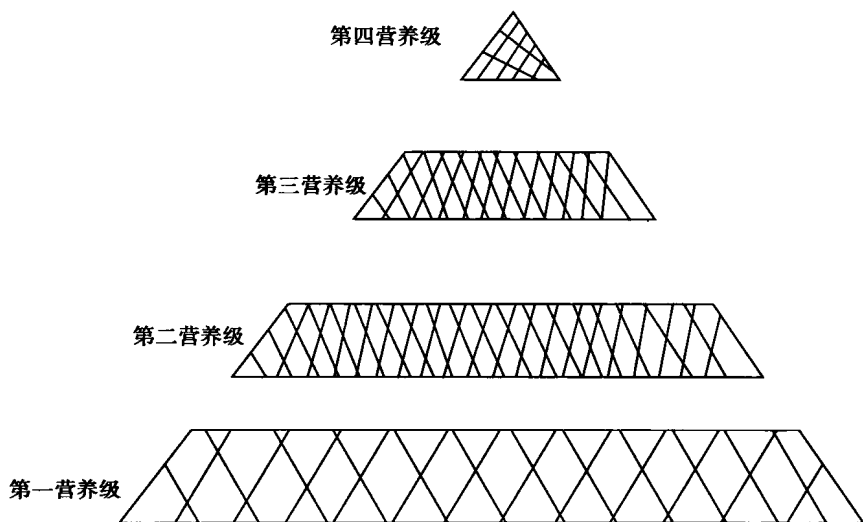


图 1-1 能量金字塔

(三) 农业生态系统的物质循环

生态系统的物质循环与能量流动一样，也是生态系统的基本活动。生物有机体为了自己的生存和发展，不仅要不断地输入能量，还要不断地完成物质循环。物质在有机体和生态系统中起着双重作用，既是用以维持生命活动的物质基础，又是能量的载体。能量和物质是同时沿着食物链流动、传递的，但能量流动是单方向的，而物质流动则是循环的。能量是生态系统一切活动和过程的最终推动力，物质是构成系统中生命与非生命组分的原材料，两者是缺一不可、相辅相成的。能量总是由高效能到低效能的单方向流动，一切自由能只能利用一次；物质在生物群落的作用下可以被反复多次利用，形成循环流动。

广义的物质循环也被称作生物地球化学循环，它多指各种化学元素在全球范围内生物与环境之间的循环流动。而生态系统的物质循环，则通常

是指生命活动必需的元素或无机化合物在生态系统中的循环流动。

生物有机体在生活过程中，需要 30 ~ 40 种元素。其中，如碳、氧、氢、氮、磷、钾、钠、钙、镁、硫等元素的需要量很大，称为大量元素；有一些元素虽然需要量极少，但对生命是不可缺少的，如硼、氯、钴、铜、碘、铁、锰、钼、硒、硅、锌等，叫做微量元素。这些基本元素首先被植物从空气、水、土壤中吸收利用，然后以有机物的形式从一个营养级传递到下一个营养级。当动植物有机体死亡后被分解者生物分解时，它们又以无机形式的矿质元素归还到环境中，再次被植物重新吸收利用。这样，矿质养分不同于能量的单向流动，而是一次又一次地被利用、再利用，即发生循环。能量流动和物质循环都是借助于生物之间的取食过程进行的，在生态系统中，能量流动和物质循环是紧密地结合在一起同时进行的，它们把各个组分有机地联结成为一个整体，从而维持了生态系统的持续存在。在整个地球上，极其复杂的能量流和物质流网络系统把各种自然成分和自然地理单元联系起来，形成更大更复杂的整体——地理壳或生物圈。生物圈中能量的源头是太阳能，而物质却都是由地球提供的。在生物圈中，组成生物体的碳、氢、氧、氮、磷、硫等化学元素，不断进行着从无机环境到生物群落，又从生物群落回到无机环境的物质循环。

例如，绿色植物通过光合作用，把大气中的 CO_2 和水合成为糖类等有机物。植物合成的含碳有机物被各级消费者所利用。植物生产者和动物消费者在生命活动过程中，通过呼吸作用，又把 CO_2 释放到大气中。植物生产者和动物消费者的遗体被分解者所利用，分解后产生的 CO_2 也返回到大气中。另外，由古代动植物遗体变成的煤和石油等，被人们开采出来后，通过燃烧把大量的 CO_2 排放到大气中，也加入到生态系统的碳循环中去。由此可见，碳在生物群落与无机环境之间的循环主要是以 CO_2 的形式进行的。大气中的 CO_2 能够随着大气环流在全球范围内运动，因此，碳循环具有全球性。

由于农业生态系统是一个开放式的人工生态系统，其物质循环过程与自然生态系统有明显的区别。自然生态系统生产的有机物基本上都保持在

系统内部，许多矿质元素的循环可以在系统内保持动态平衡，基本上实现自给自足。农业生态系统生产的农副产品，往往被大量地输出到农业生态系统以外，因此，必须经常输入大量的物质，如肥料、种子等，才能使农业生态系统的物质循环正常进行。此外，现代农业还需要消耗大量的石油、电力等能源来配合肥料、种子等农用生产资料物资的投入。

在农业生态系统子系统农田生态系统的物质循环中，土壤碳、氮、磷、硫等养分以及水分循环是最为重要的，因为它们决定了土壤质量以及农田生态系统的生产力和可持续特性。每种养分（包括水分在内）都按照自身的过程和规律进行转化和循环，并且这些养分之间通过相互作用构成一个或多个复杂的生态过程。农田生态系统物质循环分为土壤与环境之间的物质循环以及土壤内部物质循环。土壤和环境之间的物质循环是以土壤为核心，沿着一定的途径从环境到达土壤，再从土壤到环境，不断地进行物质和能量循环流动；土壤内循环则是自然界生物地球化学循环的有机组成部分。在农田土壤系统中，碳氮循环是物质循环的基础并影响和控制其他物质或养分循环过程。所以，考察农田土壤生态过程常以碳氮转化和循环过程的研究为基础，即通过揭示碳氮土壤生态过程的特性和机理以及碳氮转化、循环过程与其他物质（养分和水分等）循环过程的关系，最终实现优化和调控土壤物质循环过程。

中国耕作土壤可持续利用的核心问题是有机质数量的耗竭和质量的恶化，这直接导致土壤功能的衰退。由于土壤有机质是影响土壤可持续利用最重要的物质基础，碳氮循环和截获的研究已经成为相关领域的前沿研究课题。在农田生态系统中，作物通过光合作用固定 CO_2 并转化出相当数量的植物残体和分泌物（包括动物残体及排泄物）；后者进入土壤，在土壤动物和微生物的作用下完成分解、转化、合成等一系列过程。植物残体（包括动物残体）以及土壤自身的有机质在土壤中的分解是一个生物化学过程，通过这个过程，碳以 CO_2 的形式归还到大气中；而氮、磷、硫和微量元素以无机的形态释放到土壤中，供高等植物利用；部分养分被土壤微生物同化为微生物生物量，参与土壤微生物的快速周转过程。在植物残体