

中央财政支持地方高校发展专项资金  
贵州省特色重点学科建设支持项目

公共管理导引与案例系列教材

# 农业生态学 导引与案例

NONGYESHENGTAIXUE  
DAOYINYUANLI

王 衡 主编

文雪峰 王 芬 副主编

农业生态学

中国财经出版传媒集团

经济科学出版社  
Economic Science Press

中央财政支持地方高校发展专项资金  
贵州省特色重点学科建设支持项目

公共管理导引与案例系列教材

# 农业生态学 导引与案例

NONGYESHENGTAIXUE  
DAOYINYUANLI

王 衡 主编  
文雪峰 王 芬 副主编

## 图书在版编目 (CIP) 数据

农业生态学导引与案例/王衡主编. —北京: 经济科学出版社, 2017. 12

公共管理导引与案例系列教材

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8997 - 1

I. ①农… II. ①王… III. ①农业生态学 - 高等学校 - 教材 IV. ①S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 012317 号

责任编辑: 周秀霞

责任校对: 王苗苗

版式设计: 齐 杰

责任印制: 李 鹏

## 农业生态学导引与案例

王 衡 主 编

文雪峰 王 芬 副主编

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京季蜂印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 14.25 印张 300000 字

2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 8997 - 1 定价: 46.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)

# 前言

---

本书共 10 章，内容涵盖农业生态学的基本理论和主要内容。每一章分为“导引”和“案例”两大部分：“导引”简明扼要地阐述本章涉及的主要理论和知识点；“案例”部分根据该章节的内容选编相关的 3~4 个案例。

本书主要参照引用了陈阜主编的“面向 21 世纪课程教材”《农业生态学》（第 2 版）的知识构架，引入案例分析，使相关理论知识更容易联系实际应用。

为了跟上理论和实践的发展，本书结合各章知识点，尽量挑选近期发表在核心期刊上的相关研究结果作为案例，使其跟上农业生态实践的最新发展。案例提示与思考中，我们提出一些有争议的挑战性的开放性问题，供读者锻炼自己的思维。

本书对象为研究生、高年级本科生、对科研有一定兴趣的政策制定者以及对农业生态感兴趣的读者。本书可供高等院校大学生与研究生在有关课程中使用。

本书编写中参考了其他一些相关的教科书，如《植物生理学》《环境生态学》。特此说明并表示感谢！

本书在编写过程中得到了贵州财经大学公共管理学院相关领导的大力支持，在此表示感谢！

本书各章节的撰写分工如下：

王衡：第一、三、四、六章；文雪峰：第二、五、七、八章；王芬：第九、十章。

本书编写由于作者水平有限，难免存在不当之处，欢迎读者批评指正。

# 目 录

## Contents

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 绪论                         | 1  |
| 第一节 生态学及其发展                    | 1  |
| 第二节 农业生态学的内容与任务                | 2  |
| 【案例 1-1】蒲松龄《农桑经》中的农业生态学思想      | 4  |
| 【案例 1-2】广东传统农业的生态学智慧           | 8  |
| 【案例 1-3】农业生态学的开拓与大学使命的担当       | 14 |
| 第二章 农业生态系统                     | 26 |
| 第一节 生态系统概述                     | 26 |
| 第二节 农业生态系统                     | 28 |
| 第三节 典型农业生态系统简介                 | 29 |
| 第四节 农业生态系统服务功能与价值              | 31 |
| 【案例 2-1】区域农业生态系统研究进展           | 33 |
| 【案例 2-2】中国南方农业生态系统可持续发展面临的问题   | 41 |
| 【案例 2-3】城市化过程中广州市农业生态系统服务价值的变化 | 46 |
| 第三章 生物种群                       | 51 |
| 第一节 种群的概念与特征                   | 51 |
| 第二节 种群的增长模型                    | 52 |
| 第三节 种群的数量波动与调节                 | 54 |
| 第四节 种群间的相互关系                   | 58 |
| 【案例 3-1】植物化感物质对种子萌发的影响及其生态学意义  | 60 |
| 【案例 3-2】植物病害生物防治               | 68 |
| 【案例 3-3】新型互利共生关系：青蛙搭水牛“便车”来捕食  | 72 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 第四章 生物群落 .....                                | 74  |
| 第一节 生物群落的概念与特征 .....                          | 74  |
| 第二节 生物群落的结构 .....                             | 76  |
| 第三节 生物群落中的生态位 .....                           | 77  |
| 第四节 群落的演替 .....                               | 79  |
| 【案例 4-1】植物化感作用在农田杂草防除中的应用 .....               | 84  |
| 【案例 4-2】中国西南喀斯特植物群落演替特征及驱动机制 .....            | 87  |
| 【案例 4-3】生态位模型在生物多样性保护中的应用 .....               | 92  |
| 第五章 生物与环境关系 .....                             | 96  |
| 第一节 生物的生态作用 .....                             | 96  |
| 第二节 环境因子的生态作用 .....                           | 98  |
| 第三节 生物的生态适应性 .....                            | 101 |
| 第四节 生态平衡 .....                                | 103 |
| 【案例 5-1】传粉昆虫的生态作用 .....                       | 105 |
| 【案例 5-2】海洋生物环境指示作用 .....                      | 107 |
| 【案例 5-3】桑树的生态作用 .....                         | 109 |
| 【案例 5-4】蚱类昆虫生态适应性 .....                       | 111 |
| 第六章 农业生态系统的能量流动 .....                         | 114 |
| 第一节 农业生态系统能量流动的途径 .....                       | 114 |
| 第二节 能量流动与转化的基本定律 .....                        | 116 |
| 第三节 农业生态系统的能量生产 .....                         | 119 |
| 第四节 农业生态系统的辅助能 .....                          | 121 |
| 【案例 6-1】从食物链和食物网角度对农业生态系统物质能量进行<br>高效利用 ..... | 124 |
| 【案例 6-2】对“生态系统的能量流动”几个问题的释疑 .....             | 126 |
| 【案例 6-3】贵州省 1990~2010 年间农业生态系统的能值时空分异 .....   | 128 |
| 第七章 农业生态系统的物质循环 .....                         | 133 |
| 第一节 物质循环基本规律 .....                            | 133 |
| 第二节 农业生态系统中的养分循环与平衡 .....                     | 135 |
| 第三节 物质循环中的农业环境污染 .....                        | 137 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 【案例 7-1】 农田系统氮管理的技术模式 .....         | 141        |
| 【案例 7-2】 农田生态系统中的钾循环 .....          | 142        |
| 【案例 7-3】 英国农业面源污染防控技术 .....         | 146        |
| <b>第八章 农业生态系统的调控与优化设计 .....</b>     | <b>152</b> |
| 第一节 农业生态系统的调控机制 .....               | 152        |
| 第二节 农业生态系统的分析与诊断 .....              | 154        |
| 第三节 农业生态系统的优化设计 .....               | 157        |
| 【案例 8-1】 全球黑土区土壤有机质变化态势及其管理技术 ..... | 158        |
| 【案例 8-2】 霾污染对粮食作物的影响 .....          | 163        |
| 【案例 8-3】 关于农业生态系统健康评估 .....         | 166        |
| 【案例 8-4】 工业化农业加速地球生物大灭绝? .....      | 168        |
| <b>第九章 农业资源利用与环境保护 .....</b>        | <b>170</b> |
| 第一节 农业资源的分类与特性 .....                | 170        |
| 第二节 我国农业资源状况与合理利用 .....             | 173        |
| 第三节 全球生态环境问题与农业节能减排 .....           | 175        |
| 第四节 我国的资源环境问题及保护 .....              | 176        |
| 第五节 生态系统恢复与重建 .....                 | 179        |
| 【案例 9-1】 农田外来入侵生物的控制 .....          | 180        |
| 【案例 9-2】 细菌对重金属的吸附和解毒 .....         | 183        |
| 【案例 9-3】 农业面源污染管控的国外经验 .....        | 187        |
| <b>第十章 生态农业与循环农业 .....</b>          | <b>195</b> |
| 第一节 生态农业与循环农业的产生与发展 .....           | 195        |
| 第二节 生态农业原理及技术模式 .....               | 199        |
| 第三节 循环农业原理与技术模式 .....               | 202        |
| 【案例 10-1】 “互联网+农业”新模式 .....         | 205        |
| 【案例 10-2】 国外典型循环农业模式 .....          | 208        |
| 【案例 10-3】 我国农业循环经济的发展模式 .....       | 211        |
| 【案例 10-4】 贵州省现代山地高效特色农业典型模式 .....   | 214        |
| <b>参考文献 .....</b>                   | <b>219</b> |

# 第一章

## 绪 论

### 教学要点

- 生态学概念、发展阶段；
- 农业生态学的产生、含义与发展；
- 农业生态学研究的内容、特点与任务。

### 第一节 生态学及其发展

#### 一、生态学的概念

1866 年，德国生物学家海克尔（H. Haeckel）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：生态学是研究生物与其环境相互关系的科学。此后，很多生态学家对生态学的含义及概念进行了探讨，但都未超出海克尔的定义范围。1896 年，克拉克（Clarke）曾用图解（见图 1-1）说明了生态学的概念。

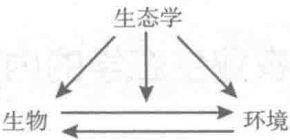


图 1-1 生态学概念

资料来源：陈阜：《农业生态学》（第 2 版），中国农业大学出版社 2011 年版。

2011 年，陈阜将生态学的概念总结为：生态学是研究生物之间、生物与环境之

间相互关系的科学。

## 二、生态学的主要发展阶段

### （一）生态学的形成

古希腊的海波诺提斯（Hippocrates）的《空气、水、场地》被认为是生态学的较早文献。1803年，马尔萨斯（Malthus）在《人口论》中研究了生物繁殖与食物的关系、人口增长与食物生产的关系。1807年，德国学者洪堡德（A. Humboldt）出版了《植物地理学》，分析了植物分布与环境条件关系。1859年，达尔文（Darwin）出版了著名的《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，德国学者海克尔提出生态学定义，标志着生态学的诞生。到19世纪末，生态学已正式成为一门独立的学科。

### （二）生态学的发展

生态学的发展主要经历了以下几个阶段：

1. 生态系统概念的提出；
2. 生态系统“食物链”的提出；
3. 系统论及计算机信息技术的运用；
4. 生态工程原理及技术应用；
5. 生态系统服务功能与价值评估。

## 三、生态学分支学科

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。理论生态学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。

## 第二节 农业生态学的内容与任务

### 一、农业生态学的概念

农业生态学是运用生态学（ecology）的原理及系统论的方法，研究农业生物之

间,以及农业生物与环境之间相互关系的应用性科学,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。

## 二、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,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。简言之,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

农业生态系统的组分包括农业生物组分和环境组分。农业生态系统的结构包括农业生态系统的层次结构、空间结构、时间结构、营养结构。

### (二) 农业生态系统的能量流动及物质循环

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流动和物质流动、转化途径、物质和能量转化利用的效率与效益,以及伴随物质流动、能量流动转化过程的信息传递和价值转移的途径及规律等内容。

### (三) 农业生态系统的生产力

农业生态系统的生产力包括农业生态系统的初级生产力和次级生产力,以及协调各级生产和提高农业系统总体生产力的途径与调控措施等内容。

### (四) 农业生态系统的人工调控与优化

农业生态系统的人工调控与优化的内容包括对农业生态系统调控机制的分析、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与技术等。

### (五) 农业生态系统的服务功能及其价值评估

农业生态系统的服务功能及其价值评估包括三个方面:

1. 农业生态系统以直接产品及农业旅游等间接服务的经济服务功能及其价值评估;
2. 农业生态系统维持土壤肥力、营养循环、净化空气等生态服务功能及其价值评估;
3. 农业生态系统提供的人文、艺术、科普教育等社会服务功能及其价值评估。

### (六) 农业资源的合理利用与生态环境保护

农业资源的合理利用与生态环境保护主要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。

### 三、农业生态学的特点

农业生态学作为一门交叉学科，具有以下特点：

1. 理论实用性；
2. 学科交叉性；
3. 研究统一性；
4. 宏观层次性。

### 四、农业生态学的任务

农业生态学的根本任务就是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，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。

#### 【案例 1-1】

#### 蒲松龄《农桑经》中的农业生态学思想<sup>①</sup>

《农桑经》是清朝著名小说家蒲松龄的农学著作，作者向人们展示了丰富而深刻的农业生态学思想。这种思想主要体现在对生态环境中的日照、温度、水分、土壤等自然元素对农作物的影响的阐述，以及对在自然环境中同种或异种生物之间辩证关系的分析，在此基础上阐释了合理利用水、土壤、动植物等生态环境资源，并对这些加以保护的观念。《农桑经》成书于清康熙年间，而生态学这一概念的出现诞生于此后的 19 世纪，由德国人海克尔提出。因此全书没有关于生态学的概念，却渗透着作者的生态学思想。研究学习蒲松龄的《农桑经》中的生态哲学思想对于深入探索我国传统农书中的生态农业生产方法，并逐步建立和完善现代中国农业可持续发展理念有着重要意义。

#### 一、关于农作物与环境限制因子之间的关系

环境限制因子是指在自然环境当中，对于植物生长有着影响的各种因素。其中占主导地位的是日照、水、土壤等植物生长所必备的条件，只有满足以上条件，植物的生长才不会被限制。如果这些外在条件发生了改变，对于农作物的生长将产生巨大影

<sup>①</sup> 王雷雷：《蒲松龄〈农桑经〉中的农业生态学思想》，载《安徽农业科学》2017 年第 13 期。

响。因此如何保证这些限制性因素不发生变化或者使其变化幅度在人类的控制范围内,对于相关研究来说是一个不小的挑战。正是由于这种迫切的需求,因而需要花费大量精力去研究其中的规律。研究我国的传统农书,借鉴我国传统农业生态思想,对于我国现代农业的发展有着重要的参考价值。

### (一) 植物与光和温度之间的关系

“田多者,以惊蛰后方可耕。耕太早,则地不发苗。太晚,又恐天暖虫生,苗难立。”植物的生长需要合适的温度,天气冷导致土壤温度低,植物生长困难。天气暖和的时候,植物的天敌虫子也从冬眠中复苏。在古代没有先进农药技术的情况下,农作物只能任由虫子啃食,而解决这个矛盾的方法就是在天气不冷不热的时候将植物种下,首先满足了植物生长的温度需要,其次虫子尚未复苏,待到其复苏,农作物已经生长起来,对于病虫害有了一定的防御能力。这种解决矛盾的方法不仅体现在农作物的种植阶段,同样也体现在植物的成熟阶段。“棉花,种不宜早,恐春冷伤苗;又不易晚,恐秋霜伤桃。”过早过晚都不利于植物的生长。在种植农作物的时候,不仅要考虑农作物的成活问题,更要兼顾到其成熟的问题,种植的目的是收获,是否收获成功,对于农民的生存至关重要。因此,对植物生长的统筹兼顾就显得尤为重要。而对于早种或者晚种的时间选择,作者没有给出精确的时间,而是让农民根据具体的情况具体分析,这样的选择才具有科学性。“大约在清明、谷雨间,酌其冷暖,略早种之,苗虽不密,而节密桃多,晚则苗虽盛而桃稀。”可见光和温度对于植物的重要性。植物的生长是一个过程,对于这个过程的控制,古人对实践经验进行了总结,选择合适的种植时间对于种植目的的实现就显得十分关键。

### (二) 不同植物对水的不同需求

不同的植物对水的需求不同。栽植不同的农作物,要了解其对水的需求,在此基础上对其进行合理的灌溉,以符合其生长规律,获得最大的效果。《农桑经》中就不同植物对水的不同需求进行了描述,例如“稗堪水旱,种无不熟。最易生,收最少。”稗这种植物无论是水多还是水少,都能够很好生长并且最终成熟,但是其产量比较少,从而抵消了其易生的优点。还有些农作物耐旱,对水的需求量少。“苽地,耕而种之,则耐旱。不然,亦滂一遍。”苽麦耐旱,种植的时候只要大水漫灌一遍便可以了,十分简单。然而有些植物对于水的需求很大,尤其是一些水生植物,一旦缺乏水,轻者生长不好产量下降,重者农作物很快便死亡了。“苻:三月份种,以肥土填坑底上用河泥,不可缺水。”苻是水生植物,没有水的润养,对它的生长是很不利的。

### (三) 植物与土壤因子之间的关系

土壤是农作物生长的载体,农作物从土壤中获得其所必需的养分。因此土壤的优劣对于植物的影响非常大,不同的植物对于土壤的要求也不尽相同。“坑洞土、旧屋

墙，最宜高粱、黍、稷。”坑洞土和旧屋墙相对于其他土壤来说比较贫瘠，而高粱和黍、稷这三种作物对于土壤要求不高，故而为了不浪费土地，种上这三种作物是比较合适的。同样是贫瘠的土壤，假如不需要种植粮食作物的，还可以种上油料作物。“第一年，先种芝麻，一则荒地易于辨苗，二则此物宜新垦。”新垦的土地都是比较荒凉缺乏养分的，同时杂草丛生，芝麻不易被草淹没，同时需要的养分也不是很多。因此古人选择将芝麻种植在荒地上面是有一定道理的。对于另一种作物大豆来说，无论肥地还是瘦地，都能生存。“大豆：宜上旬种。肥地宜稀，瘦地宜密。”根据不同的土壤，选择不同的种植方式，这是《农桑经》所阐释的基本思想，做到具体问题具体分析，这样的种植方法才是科学有效的。还有一些植物的种植需要大量养分，例如桃树。“桃连肉埋粪土中，至春生，合土移栽，三年结实。”桃树种子初种阶段需要大量的养分来发育成桃树，因此需要种植在肥沃的土壤上面。

## 二、农田生态系统内部的辩证关系

一个农田区域的内部有着各种各样的动植物，有同种，也有异种的。不仅异种之间有竞争关系，同种植物之间也会有竞争关系。异种之间甚至有着相互依存的关系，考量这些农作物之间复杂的关系，需要大量的实践，并在实践总结的基础上加以理论化。这不仅是对古代传统农业知识的总结，更有利于现代农业借鉴。

### （一）作物与杂草之间的辩证关系

杂草通常对于农作物来说是有害的，因为田地里的养分是有限的，而杂草的生命力比农作物强，吸收养分的能力也比较强，造成草多欺苗。农作物生长速度低于杂草的生长速度，杂草盖住了农作物的阳光，最终的结局就是农作物缺乏养分和阳光而死亡。所以对田地进行管理并锄去杂草是很有必要的。“凡田荒，锄草务尽，勿使遗草杂禾中，安坐土上，必要翻根在上，听其自死；不然着土复活。”这句话表明杂草的生命力很顽强，只有把它连根拔起，才能消灭它。禾苗最怕杂草窃取养分，除草应当务求干净，不留杂草于田间。但是杂草有的时候不能及时锄去，因为农作物的现状制约了除草的实施。“稻性弱，不能扇草，苗三寸，速锄，贵频，又宜冒雨蓐之。”水稻刚生长的时候还是比较脆弱的，这时候锄草不仅不能帮助水稻的生长反而有害于其生长。只有待到秧苗发根之后，除草才是有益的。

### （二）作物种群内部的辩证关系

在农作物的种群中，每一个个体之间都是竞争关系，必须有效控制这种竞争，避免因这种竞争而影响整个种群的生长。在一定面积的土地里种植农作物，太稀了，传花授粉受到影响，农作物的产量上不去；太密了，农作物之间的竞争太大，导致个体之间为争阳光而只长茎秆、不长果实，同样影响产量。选择一个适度的种植密度对于农作物的生长来说十分重要。“稀穀大穗，来年好麦。其收不少，而地力不竭。”种麦的时候撒种子要稀，只有这样长出的麦子才有一点空间，便于获得必要的阳光和

水分,同时也保存了地力。

### (三) 不同作物种群之间的辩证关系

我国传统农业因其小农经营,每家每户自给自足的生产无法形成规模效应,这也造成了农业科技的落后。在考量古代农作物种植水平的时候,不得不明确其病虫害的防治手段。在缺乏农药的条件下,中国人在长期的劳动实践中不断总结,得出了依靠不同作物的自然性能防治病虫害。“豆地宜夹麻子,麻能避虫。且日后刈豆留麻,主人自芟用之,亦小益也。”豆子这种农作物很害怕虫害,而麻因为其天生的避虫功能可与豆一起种植,虽然占据了一定的土地,但保证了豆子不受虫害,而麻也能被利用,一举两得。这充分体现了古代农民的智慧,也能为现代人提供借鉴。一些农作物之间是相辅相成的,但有些作物之间却是相互对立的。“种先漂去秕谷,秕则多变胡麦。”种植水稻的时候,一定要把里面的秕谷去除,不然会长成胡麦,而胡麦的生命力比较强,容易侵占其他水稻的生存空间,降低产量。

## 三、传统农业生态思想对当代社会的价值

### (一) 确立人与自然和谐的农业生态关系

今天我国生态哲学研究中争论最多的是要不要尊重自然,走出还是走进“人类中心主义”等伦理问题。确立人与自然的和谐生态关系,正好可以借鉴并学习我国历史上深厚而悠久的农业生态思想。它强调在天地人的关系中必须按自然规律办事,顺应自然,谋求天地人的和谐。这就是“天地变化,圣人效之”“与天地相似,故不违”“周知乎万物,而道济天下,故不过。”在这种条件下,“天行健,君子以自强不息。”我国传统农业崇尚“天人合一”,遵从“天地人物的和谐与统一”,是系统论,是整体观。它注重农业生产系统的整体特性,注重研究要素和要素之间、要素与系统之间、系统与环境之间的关系,并且按照生物有机体与农业环境条件相统一的基本原理采取相应的农业技术措施,从而在传统农业时期创造了较高的土地生产率和资源利用率。在人与自然和谐的基础上建立起来的我国传统农业是与西方农业截然不同的体系,我国“天人合一”的传统思想更有别于西方工业文明主宰自然和统治自然的思想,值得认真学习和借鉴。

### (二) 借鉴传统农业生态思想,发展现代生态农业

在理顺了人与自然的关系之后,就要利用现代科技发展的成果发展现代生态农业。现代生态农业是一种在人类积极参与下,遵循现代农业生态学理论指导,利用农业生物和环境之间、生物种群之间的相互关系,通过合理的生态结构和高效的系统机能进行能量转化和物质循环,并按照人类理想要求进行物质生产的有机综合的农业体系。

在国内,现代生态农业自20世纪50年代初出现以来,其实践和理论不断发展,特别是生态农业概念的基本内涵不断充实完善,尽管表述的内容不尽相同,但总体观

点是基本一致的：我国生态农业是运用生态经济学原理、系统工程的方法，采用现代科学技术和传统农业的有效经验，进行经营和管理的一种良性循环、持久发展的现代化农业发展模式。现代生态农业的本质特征是一种发展农业的系统的、整体的、全局的思想，是一种发展农业的优化组合技术，还是一种促进农业可持续发展的原则。它具体包含有许多先进的内容：（1）减少化石能源的投入，更多地依靠生物技术措施；（2）加强系统内部的物质再循环，以节约来自外部的能量及资源投入；（3）十分重视土壤肥力的维持和增进；（4）减少对环境的影响，大力发展可持续农业；（5）保护生物系统的多样性；（6）将农业生产和农业加工相结合；（7）利用生物特性，降低生产投入。

## 【案例 1-2】

### 广东传统农业的生态学智慧<sup>①</sup>

广东省地处热带、亚热带地区，农业历史悠久，是中国传统农业文化的代表性区域之一。在历史的长河中，广东先民引进和积累了大批具有岭南特色的传统农业技术，其中很多都符合现代生态农业的理念，具有宝贵的文化智慧和传承价值。

#### 一、种养模式

##### （一）桑基鱼塘模式

基塘农业，尤其是产生于明代中叶的桑基鱼塘，是珠三角地区传统的特色农业，是生态农业、循环农业的典范。清光绪《高明县志》对桑基鱼塘系统中的物质循环有以下记载：“基种桑，塘蓄鱼，桑叶饲蚕，蚕屎饲鱼，两利俱全，十倍禾稼。”蚕桑和养鱼互相依托，互相促进，形成水陆互动、良性循环的生态型农业。

有关桑基和鱼塘的面积比例，一般为 3:7 或 4:6。“顺德各属，所养塘鱼之基塘，多采用四水六基制，即四成为塘，六成为基，其基面俱栽种桑树。”桑基鱼塘与养猪业结合则形成了更大的循环农业系统，实现了桑、蚕、鱼和猪的共养。在清代的顺德地区，“鱼、猪、蚕、桑四者齐养。养浮萍，以供喂猪，得猪屎以培桑，得桑叶以养蚕，得蚕渣以培桑，又可养鱼及利浮萍。”桑基鱼塘是以顺德为代表的珠三角地区农民在长期生产实践中充分利用当地优越的水陆资源创造出来的一种特殊耕作方式，是一个完整的、有机的人工生态系统，在当今社会经济发展背景下仍具有较高的传承价值。

##### （二）稻田养鱼模式

在广东历史时期，稻鱼轮作是稻田养鱼的主要形式。唐代刘恂《岭表录异》有

<sup>①</sup> 赵飞、章家恩：《广东传统农业的生态学智慧述论》，载《生态科学》2015 年第 2 期。

载：“新泷等州（今新兴、罗定一带）山田，拣荒平处以锄锹开为町畦。伺春雨，丘中聚水，即先买鲩鱼子散于田内。一二年后，鱼儿长大，食草根并尽。既为熟田，又收鱼利。及种稻且无稗草，乃齐民之上术也”。可见在唐代，粤西地区的农民已开始通过养鱼来除草，将荒地变成稻田。清初屈大均所著《广东新语》有载：“广州诸大县村落中，往往弃肥田以为基，以树果木。基下为池以畜鱼，岁暮涸之，至春以播稻秧。大者至数十亩，其筑海为池者，辄以顷计。”可见在明末清初，果基鱼塘与稻鱼轮作的结合产生了良好的经济效益，在珠三角地区被大面积使用。通过稻鱼轮作，既能增加土壤肥力，提高水稻产量，又能够为鱼提供更多的食物来源，提升鱼的品质。1909年，美国农业部土壤局局长、美国土壤学家金（King）在考察珠三角地区稻鱼轮作时已注意到了这一点，“浅的池塘是可以在干旱期排干水的，它们只有在雨季才被用来养鱼，排水后的池塘可以用来种植作物。饲养在比较肥沃池塘里的鱼能够在市场上卖出更高的价格。无论是植物还是动物都可以增加池水的肥力，食物越充足，鱼就长得越快，并且肉质越好。”

民国时期，稻鱼共作在广东地区已较为多见，并有学者开始予以关注。曾任广东省农林局水产主任兼中山大学农学院水产养殖学讲师的淡水鱼类专家李象元对稻鱼共作模式有深入研究，认为：“稻田养鱼，我国行之已久，广东之乐昌、茂名迄今尚极流行。惜未能普遍，倘能积极提倡推广，于农村副业之增益，不无弥补。”其研究发现，稻田养鱼具有重要的生态和经济价值。“稻田所养之鱼类，既能捕食害虫，而其所排之鱼粪，又可为稻作之良好肥料。并藉其游泳之热能，增高稻田之水温，以促进肥料之分解，则更宜于稻之吸收；倘若投给饲料，复可减少追肥，于除害施肥，两有补益。至稻作收获量增加，不问可知。且利用固有之稻田，稍加整理，即可放养鱼类，非特减少购地筑池等巨大之费用，即饲料亦较筑池养育所投者为少。”

### （三）稻田养鸭模式

稻田养鸭在广东，特别是珠三角地区较为多见。广东历史上的主要做法是，在特定时间段内，放鸭人收取种稻人的一定费用，将鸭赶到稻田里除虫除草。葡萄牙人克路士（Cruz）在明嘉靖年间到过广州，在其著作《中国志》（1569~1570年在葡萄牙出版）就记载了此类现象。“鸭子在稻田里一直吃到晚上，管船的人从稻田主人处接受一笔钱，作为放鸭子到田里吃食的报酬，因为鸭子清理稻田，吃掉长在稻田里的杂草。”鸭子不仅吃杂草，还能捕食稻田中的螾蜍、蝗虫、稻蝻、粘虫等多种害虫。《广东新语》载：“广州滨海之田，多产螾蜍，岁食谷芽为农害，惟鸭能食之。鸭在田间，春夏食螾蜍，秋食遗稻，易以肥大，故乡落间多畜鸭。”

### （四）葑田养鱼模式

葑田（又称为薹田、浮田）是在浅水中利用竹木或水草作为承载物并在其中种植水生作物的浮动农田。这种模式在人多地少、水系众多的珠三角地区存在历史悠久。

晋《南方草木状》便记载了广东地区葑田的存在。明末清初，葑田在珠三角地区已有大面积的出现，以种植薤菜为主，冬天则去葑田种水芹菜等作物。“广州西郊，每池塘十区，种鱼三之，种菱、莲、茨菰三之，其四为薤田。薤无田，以篾为之，随水上下，是曰浮田。冬时去以种芹。予诗：上有浮田下有鱼，浮田片片似空虚。”水上种植水生蔬菜，兼养鱼，进一步提升了水塘的生产力，其经济收益高且能基本实现旱涝保收。葑田的存在也为水上鸟类提供了更多的栖息地，增加了生物多样性。该模式不仅具有良好的生态与经济效益，同时也具有较高的景观价值。

## 二、轮作与间套作

### （一）轮作

为了保持农业生产体系的自我维持，肥料及微量元素需要实现再循环。在自我维持系统中，轮作是充分利用土地、光热资源和时间资源从而保证土地利用率和生产力增加的方法之一。在轮作中，有些作物能增加或维持可利用氮元素的水平，例如豆科植物以及被翻耕到土壤中的绿肥作物。明清时期珠三角地区的水稻种植区，大多采用“双季稻+冬种或冬闲”种植模式。《广东新语》有载：“广州之稻，每十月获终，即起土犁晒，根萎霜凝，则可以不粪。”冬季休耕期对农田的翻耕，能加速土壤有机质分解转化，从而使土地在一定程度上保持或增加肥力。《四千年农夫》对清末广州地区的冬种模式也有记述。“一般都种双季稻，在冬季或早春时节，田里可能还会种植其他谷物、卷心菜、油菜、豌豆、黄豆、韭菜和姜等农作物，不停地轮作以使农田全年食物总产量最大化。”

广东种植芭蕉，“前期作物大都为水稻，且每先种蔗一二年而后种香蕉。”民国早期，“水稻—甘蔗—芭蕉”的轮作制度已十分普及。《广东新语》对增城地区的蕉蔗轮作已有记载。“增城之西洲，人多种蕉，种至三四年，即尽伐以种白蔗。白蔗得种蕉地，益繁盛甜美。而白蔗种至二年，又复种蕉。其蕉与蔗相代而生，气味相人，故胜于他处所产。”该文献中所载的正是增城特产——水南白蔗，蕉蔗轮作对白蔗品质的提升起到了重要作用。鹤山县是广东烟草的重要产地之一。道光《鹤山县志》记载，在一些地势高、较为干燥的地区，不适合种植早稻，通过烟草和晚稻的轮作，能够“易瘠土为沃土，晚稻所收倍过于腴田。”目前这种模式在粤北的南雄地区仍有一定面积的应用。

### （二）间套作

传统农业强调多种经营，合理的间套作可提供大量的小生境，这些小生境之中能种养各种不同的动植物，充分利用空间生态位，进而形成多样化、相对稳定、产品多元化的农业生产系统。明清时期的广东地区，采用水沟、高畦（即高畦深沟系统）进行蔬菜与果树间套作的栽培制度十分多见。特别是在果树栽培的早期，合理的间套作能有效利用地力，经济效益明显。“种柚经三年久始有收成，世人视之以为太过久