

立体农业 原理与技术

刘中柱 刘克辉 主编

福建科学技术出版社

立体农业 原理与技术

刘中柱 刘克辉 主编

福建科学技术出版社 1988年·福州

立体农业的原理与技术

刘中柱 刘克辉 主编

*

福建科学技术出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 14.5印张 1插页 318千字

1989年1月第1版

1989年1月第1次印刷

印数: 1—4,640

ISBN 7-5335-0194-2

S·31 定价: 4.20元

前 言

在农业现代化过程中，如何把现代科学技术同我国农业的优良传统结合起来，走出一条符合我国国情的具有中国特色的农业现代化道路，是广大农业工作者关心的问题。这几年，不少研究和实践工作者在调查研究基础上，对此问题进行了广泛的讨论，这对我国农业技术的改造，农业生产的发展，乃至农业科技体制改革，都是很有意义的。

立体农业是指在单位面积土地（或水体）上，通过种植业、养殖业、加工业的巧妙结合，建立多物种共栖、多层次配置、多级质能循环利用的立体种养模式和配套技术。其目的在于提高土地和光能的利用率或固氮效率，增加物质生产量，并在取得最大的经济效益的同时，达到改善土壤理化性状，维护生态平衡的目的，把农业生产建立在长周期的良性循环之中。

立体农业在我国兴起不是偶然的。它是在人多地少条件下，发展农村经济的客观需要，是我国以精耕细作为核心的传统农业技术发展的必然结果；也是在新技术革命推动下，现代农业技术向综合方向发展的必然趋势。正是这些原因，立体农业才迅速地从种植业的间套作，向牧业、渔业、副业、加工业方面发展，成为多产业、多部门互相结合，传统技术和现代技术互相渗透的综合性技术。

任何科学技术的发展，都需要一个过程。这个过程即是方法的完善，理论的提高和认识的统一的过程，而加速这个

过程的最好办法是不断实践，不断探索，不断总结。基于这个认识，我们在总结多年来从事立体农业生产实践和理论研究的基础上，编写了这本书，希望它能够起到抛砖引玉的作用，进一步推动立体农业的发展。

全书共分十五章和一个附录。第一章至第五章主要从概念、原理、发展历史和发展前景等方面，讨论立体农业的理论和方法；第六章至十五章分别介绍稻田、蔗田、旱地、果园、菜园、林木、水体、庭院等立体农业类型的模式和配套技术；第十四、十五两章是区域性立体农业规划及其实施效果的实践总结；附录选摘了分布在全国的108个立体农业的典型实例。

本书各章分别由下列人员编写：第一章——刘中柱、刘克辉；第二章——刘克辉；第三章——刘克辉、徐其兴（第三节）；第四章——刘克辉、范维培；第五章——张海眼；第六章——刘中柱；第七章——张海眼；第八章——柯文涛；第九章——龚钧智；第十章——魏文麟；第十一章——徐其兴（第四、六节）、张和根（第一、二节）、杨睦忠（第二节部分）、刘克辉（第二、五节）；第十二章——陈飞天、王丽玲（第三节）、连家雄（第二节）、刘克辉（第一节）；第十三章——林文忠；第十四章——郑金贵、陈超；第十五章——余学茂；附录——陈超。全书由刘中柱、刘克辉主编。

本书第一、二两章承蒙沙征贵、陈飞天、金茂霞、陈宁、吴璧恩、郑伟文、余学茂、魏文麟、陈人珍、蔡嘉源、张立先、杨睦忠、连家雄等同志参加讨论并提出宝贵意见，特致谢忱。

由于立体农业涉及的学科多，问题复杂，有些概念、术

语也还在进一步探讨中，加上我们水平有限，疏漏乃至错误之处在所难免，希望广大读者批评、指正。

刘中柱

1987年10月

目 录

第一章 立体农业的概念和内容	(1)
第一节 立体农业的概念.....	(1)
第二节 立体农业的内容.....	(6)
第三节 立体农业的地位和作用.....	(15)
第二章 立体农业的产生和发展	(32)
第一节 古代多层次种植的产生.....	(32)
第二节 种植业和养殖业结合的悠久历史.....	(38)
第三节 我国立体农业技术的继承和发展.....	(41)
第四节 国外立体农业概况.....	(48)
第三章 立体农业增产的原理	(57)
第一节 提高农业资源利用率.....	(58)
第二节 提高物质的转化和利用率.....	(75)
第三节 利用生物学上的互补效应.....	(81)
第四章 立体农业研究的若干方法	(90)
第一节 立体农业类型的划分.....	(90)
第二节 立体模式微域气候观测法.....	(95)
第三节 作物生长发育研究法.....	(99)
第四节 土壤养分测定法.....	(104)
第五节 作物光合作用研究法.....	(110)
第六节 作物群体冠层结构研究法.....	(114)
第七节 作物产量分析法.....	(115)
第八节 立体模式能流分析法.....	(118)

第五章 立体农业发展的必然性	(129)
第一节 生存空间的有限性.....	(129)
第二节 生存空间的可延性.....	(143)
第三节 立体农业发展的必然性.....	(152)
第六章 稻田立体农业技术	(165)
第一节 概述.....	(165)
第二节 稻萍鱼立体模式的田间结构.....	(166)
第三节 稻萍鱼立体模式的配套技术.....	(177)
第四节 稻萍鱼立体模式的增产原理及效益.....	(186)
第七章 蔗田立体农业技术	(201)
第一节 概述.....	(201)
第二节 蔗田立体农业的基本原理.....	(206)
第三节 蔗田立体农业的基本内容.....	(209)
第四节 蔗田立体农业的基本结构.....	(212)
第五节 蔗田立体农业的总体功能.....	(216)
第六节 蔗田立体农业的栽培技术.....	(218)
第八章 旱地立体农业技术	(227)
第一节 概述.....	(227)
第二节 薯地立体农业技术.....	(230)
第三节 玉米地立体农业技术.....	(235)
第四节 “双千田”立体农业技术.....	(245)
第五节 旱地立体农业增产的原理.....	(248)
第九章 果园立体农业技术	(252)
第一节 概述.....	(252)
第二节 不同类型果园的特点及其立体农业模 式.....	(256)
第三节 果园立体栽培技术.....	(259)

第十章 菜园立体农业技术	(273)
第一节 概述.....	(273)
第二节 蔬菜地立体栽培技术.....	(275)
第三节 区域性蔬菜立体栽培技术.....	(287)
第十一章 立体林业技术	(292)
第一节 概述.....	(292)
第二节 中亚热带山地立体栽培.....	(298)
第三节 温带山地立体栽培.....	(307)
第四节 热带乔木林立体栽培.....	(309)
第五节 农田防护林立体栽培.....	(315)
第六节 混交林的类型和方式.....	(318)
第十二章 水体立体农业技术	(321)
第一节 概述.....	(321)
第二节 淡水立体养殖技术.....	(325)
第三节 海水立体养殖技术.....	(347)
第十三章 庭院立体农业技术	(357)
第一节 概述.....	(357)
第二节 庭院立体农业的经营目标和类型.....	(362)
第三节 庭院立体生产技术.....	(366)
第四节 城市庭院立体生产技术.....	(372)
第十四章 安溪县龙门乡立体农业试点阶段效果	(376)
第一节 龙门乡的自然条件和社会经济基础.....	(377)
第二节 区域立体农业规划.....	(379)
第三节 科技开发项目进展和效果.....	(387)
第十五章 霞浦县东吾洋区域立体农业规划和实施效果	(394)

第一节	东吾洋的自然条件与社会经济概况·····	(394)
第二节	东吾洋区域立体农业总体规划设计·····	(400)
第三节	总体规划设计的实施初步效果·····	(411)
附 录	立体农业模式范例 108 例·····	(422)

第一章 立体农业的概念和内容

我国农业正处在由传统农业向现代化农业转化的历史过程。赵紫阳总理在五届人大四次会议上的“政府工作报告”中指出：“要把现代科学技术的研究成果同我国农业精耕细作的优良传统结合起来”，这是建设我国农业现代化的重大方针，也是农业科学研究的基本方向。只有使现代化农业科学技术同我国农业的优良传统相结合，才能走出一条符合我国国情，具有我国特色的农业现代化道路。

建国以来，农业科技人员和劳动人民在传统的间套作技术基础上发展起来的立体农业模式和技术，就是传统技术与现代技术相结合的产物，它广泛应用于农、林、牧、副、渔的各个方面，把各业有机联系起来，最大限度利用农业的自然资源和社会资源，达到经济效益、社会效益、生态效益的高度统一。因此，研究立体农业的原理、结构和技术，进一步完善各种立体农业的模式，对我国传统农业技术改进和农村经济的综合发展，都有深远的意义。

第一节 立体农业的概念

立体农业的概念目前在我国还存在着不同的理解和看法。

立体农业是指在一定区域范围内，根据不同海拔高度的农业资源的垂直分布，合理安排种植业、养殖业和加工业，

使三者有机联系，构成一个多层次、多产业，经济上高效益，生态上良性循环的立体农业经营技术，又称垂直梯度立体农业。这个概念从一定区域范围的整体性出发，着重研究山、田、海、滩的立体布局和不同层次上资源的综合利用，在一定意义上是农业区域的延伸和发展⁽¹⁾。

立体农业即在单位面积土地上（如一丘田、一口塘、一片山林、一个果园），以提高单位面积的生物产量和经济效益、生态效益为主要目的，运用“空间三维结构原理”，巧妙地把种植业、养殖业和加工业结合起来，建立多物种共栖、多层次结构和多级物质循环利用的综合性技术。这一概念着眼于单位土地（包括水体）上立面空间环境资源的开发利用，是在现代科学渗透下，我国传统的间套种技术的发展⁽²⁾。

立体农业是农业发展到一定阶段的农业经济学概念，即“三维立体网络经济结构”。它包括农业系统的广度、深度和高度三个方面。农业的广度是指农、林、牧、鱼、草、虫、菌等生物生产领域，称“生物生产功能维”，表现为门类不同的生产结构；农业的深度，指可控的温度、光照、水分、气体、土壤、劳动力、工具、肥（饲）料及管理技术等农业资源和农业生产力诸要素，称“资源开发功能维”，表现为素质不一的资源利用结构；农业的高度是指农副产品加工、贮藏、运输、销售等经济增值环节，称“经济增值功能维”，表现为不同发展水平的商品生产和商品流通，即为大农业的农村产业结构。这个立体农业概念与上面二个概念有原则性的区别，它实际上是农业经济系统建设的总体目标，着眼于整个大农业经济系统的优化，以提高系统的功能⁽³⁾。

此外，有的把立体农业与农作物多熟制、间套作等同起

来，称立体农业就是间套作，有的把立体农业与生态农业等同起来，忽略了二者之间的共性和个性；还有的把立体农业分为广义和狭义两种，狭义的立体农业是指单位面积上立空间立体种养的技术，即技术性概念；广义的立体农业除了立体种养技术外，还包括整个农业系统的“三维立体网络经济结构”的经济学概念⁽⁴⁾。

显然，上述关于立体农业概念的理解，都是出自不同的实践，从不同的角度对立体农业进行研究的成果。这些概念，对立体农业的深入发展，无疑都是有益的，都应当成为研究立体农业的基础。

本书所论述的立体农业，是相对于平面农业而言的，从它的特征和功能来看，主要是技术性概念，即包含着上述第一、二两种含义。既有区域内垂直梯度的立体种、养、加工布局的含义，又有单位面积上立体空间种、养、加工配置的含义，二者互相结合，在小面积上提高光能、土地等农业资源的利用率，在大范围内，因地制宜，进行区域的立体布局，通过各种立体种养技术，发挥区域的整体优势。

基于上述，立体农业的概念可以综合表述如下：立体农业是在单位面积土地上（或水体中），根据土、光、水、气、热等自然资源的特点和不同农业生物的特征、特性，进行立体种养，建立多物种共栖、多层次配置、多级质能循环利用的立体农业模式及其综合性技术，从而合理地利用自然资源、生物资源和人类生产技能，获得较高的物质生产量和经济效益。同时，防止土壤肥力衰退，减少环境污染，维护生态平衡，使农业系统处于长周期的良性循环之中。这个立体农业概念包含以下几个要点：

1. 必须是以最大的经济效益为首要目标，为此而强调积

极的科学管理和合理投入，同时注意维护生态平衡。经济效益是实现生态效益的物质基础，生态效益是经济效益的保障，任何持久稳定的经济效益都必须建立在良性的生态循环之中，而任何良性的生态循环没有物质保证也是不可能实现的。

2. 必须是单位面积土地上立面空间的资源开发利用。

3. 必须是多层次、多物种、多级质能循环的种养加结合。

4. 必须十分注意土壤肥力的保护和提高，并使其生产力稳定发展。

马克思曾经指出：“在农业中（采矿业中也一样）问题不只是劳动的社会生产率，而且还有由劳动的自然条件决定的劳动的自然生产率。”（《资本论》第二卷，第864页）。土地不仅是农业生产中必不可少的立体生产资料，而且是最重要的决定着“劳动的自然生产率”的“劳动的自然条件”。从这一点上讲，提高单位面积产量，并保护土壤肥力，是立体农业的基础，也是获得最高经济效益的保证。同时，又是维护农田生态环境良性循环的基本条件。

这样一个立体农业概念，是相对于平面农业而形成的。正如数学中平面几何向立体几何发展一样，在农业生产中由平面农业向立体农业发展，也是农业科学随着人类和土地、环境之间矛盾的发展而发展的客观规律。因此，了解传统平面农业的特征，将有助于加深对立体农业概念的理解。

众所周知，人类生活的世界是三维结构的立体空间。空间量除而积之外，还有体积。根据科学估算，大约在32亿年前原始生命在海洋里诞生。4亿年前陆生植物出现，2亿7千万年前，蕨类大森林充斥地球。紧接着是裸子植物、被子

植物以及由昆虫、鸟兽等组成的绚丽多彩的大千世界。这个时候生物的空间分布是立体状态的，不同高度、深度（湖泊、土壤）都有不同的生物在适宜的立体空间，形成层次分明，井然有序的复合体。如森林里有多个层次的乔、灌、草植物，上有飞禽，下有走兽，土壤中有各种昆虫、微生物；水中不同深度有不同的水生动物、浮游生物等。它们盘根错节，纵横交错，形成一个多层次、多物种、各种食物链互相依存的自然生态系统。在这个系统中，居于生物间的互生互长关系，不仅有较高的单位生物量，而且能维持物质、能量输入和输出的平衡，保证自然生态系统的稳定发展。

人类开始农业生产后，原始的多层次生物群落结构受到破坏，人们在一片土地上种一种作物，在一个饲养场里养殖一种家畜家禽，农业生物分布从自然的多层次复合状态，转变为单一种群的平面式分布状态，亦即平面农业。

平面农业在人类农业史上延续2千多年，从生产力的发展水平看，可分为传统的平面农业和现代的平面农业。前者生产力发展缓慢，生产水平低；后者由于科学技术的进步和无机能源的大量投入，曾一度在西方发达国家中获得高额产量。但无论那一种，都是以水平扩展为特征的。即单一种群，单一层次，依靠增加平面种植面积或大量无机投入达到增产的目的。与平面农业相对应的立体农业，核心是立足于垂直空间的利用，而不是平面的扩张；变单一物种、单一层次种植为多物种多层次搭配；变单一产业的分散经营为种、养、加工和农、林、牧、副、渔的结合，从面在山、水、地、田上充分利用立面空间的环境资源，达到少投入，多产出，持续多产的目的。

第二节 立体农业的内容

立体农业研究的基本内容是立体农业模式的物种结构、空间结构、时间结构、食物链结构和技术结构。这五种结构的科学性和协调性，是优化立体农业模式，提高立体农业三大效益的关键。

这里所说的模式是指各种立体结构诸要素的组合形式，它是在一定地区条件下，具有相对稳定的，可以重复的物种组合、时空配置及相应的配套技术。

众所周知，现代农业生产中提高生产效率的途径主要有3方面：即环境控制、生物控制和生物种群结构控制。环境控制是变不利的自然条件为有利的自然条件，提高生物对环境的吸收利用率，其中包括增加投入以改善环境素质；生物控制指通过物种遗传性的改造和选择，改善物种种性，增强生物的生产力；种群结构控制属于生物和环境综合控制的范畴，即运用系统工程原理，根据生物遗传性和对环境因子的要求以及环境资源的特点，组成相互协调的有机整体。由于生物种群结构控制具有综合性的特征，因而它对提高立体农业模式的功能有着重要的意义。

立体农业模式是局部范围内高效能的农业生态系统、农业经济系统和农业技术系统的集合体。一方面是由于模式中的各个物种，包括生产者（绿色植物）、消费者（食草与食肉动物）和分解者（微生物）根据其在物质循环中的地位和作用，与资源环境密切联系，形成有机网络；另一方面也是很重要的方面是人类的干预。即人类根据自己的经济目标，借助合理的结构设计和投入，改造和提高农业生态系

统，使之具备明显的社会经济特征，构成农业生态——经济——技术综合系统。在这个过程中，没有科学的结构和管理技术的投入，就不可能实现高效益的经济目标，这是立体农业技术的关键所在。

一、物种结构

这里所说的物种是泛指立体模式中各种农业生物的种或品种的总称。物种是立体农业物质生产的主体。物种结构是指模式内农业生物种类的组成、数量及其彼此关系。

物种的多样性是立体农业最重要的特征。在一般的复合模式内，物种包括：绿色植物——进行光合作用的一年生和多年生植物，即初级物质生产者；草食性动物和肉食性动物——畜、禽、鱼、虫等，它们是以初级物质为食料进行次级物质的再生产者；微生物——真菌、细菌等，它们以物质的转化、分解为主要功能。立体农业物种通常是很复杂的，据估计，在稻萍鱼立体模式中的初级生产者除水稻、红萍等外，还有藻类82种，杂草100多种；消费者的种类和数量也很多，如浮游动物、底栖动物、鱼类、昆虫类约180种，其中有初级消费者和次级消费者⁽⁵⁾；微生物分解者广泛分布于植物、动物、水体和土壤中，其种类和作用，有的至今没有研究清楚。在如此繁多的生物群体中，如何选择适合的物种组合，协调各种生物之间的关系，是物种结构研究的课题。因此，在一定程度上讲，物种结构是创建高效能立体模式的关键。

理想的物种结构是对环境资源的最大限度的适应和利用，它可以在同等物质和能量输入情况下，借助结构内部的协调力达到增益的效果。为此，设计立体农业的物种结构，应该考虑以下几点：