

# 农业生态结构工程 原理及应用

云正明 编著



中国科学院  
《农业现代化探讨》编辑部

1985

## 内 容 简 介

《农业生态结构工程理论与应用》一书，就是根据生态学的基本原理，系统地总结了古今中外的经验教训，密切联系我国实际情况，系统地提出了一整套比较完整的农业生态结构理论，建造高效农业结构的方法和途径。本书提出了平面结构、垂直结构、时间结构、食物链结构等一系列农业生态结构的系统理论。并根据著名生态学家马世骏先生倡导的“生态工程”原理，提出了设计、建造高效农业结构的原理、思路和方法。

全书深入浅出，理论与实践并重，图文并茂，有较高的实用价值和参考价值。可供有关科技人员、农业领导干部、广大直接指挥农业生产的基层干部学习和借鉴。对具有中学文化程度的农民和农业生产专业户是不可缺少的学习资料；对于农业大专院校师生更具有重要的参考价值。

封面设计：云 天

## 前 言

这本小册子是我们近年来进行农业生态结构研究的初步总结。其中很多的观点都是在研究探索进程中，逐步积累而形成的，有一些并不见于“经传”也是很肤浅的。作者的主导思想，是想寻求一条我们自己的路子，也就是“中国式”的农业生态学和农业生态结构的理论和思路。挣脱亦步亦趋的前进规矩。这一项工作前后断断续续的约经历了五个年头。内容中的各主要部分分别在历届“全国农业生态学术讨论会”上发表过。有的则摘要刊登在有关学术刊物上。一九八四年曾以油印本形式在有关学术会议上交流（北京生态工程学术讨论会和四川新都的农业生态学术讨论会）。会上会下很多同志提出索要材料，这些同志中不但有同行研究人员，也有各院校从事教学工作的老师和很多从事和即将从事农业生态研究工作的年青同学。这一切对作者来说无疑是一个巨大的鼓励和鞭策。为了满足一些同志的希望和得到更多的批评指正，也为了把这一工作作一阶段总结。利用近半年的业余时间对全稿进行了一次系统的整理和增补。并引用了一些国内外的典型结构实例。虽然如此，但回过头来看看，小册子内容还是很不理想，自己感到还很肤浅，就农业生态结构来说还有大量深入细致的工作要做。由于时间关系，只有待以后再修订了。

为了便于参考，书后附有闻大中同志和苏陕民等同志有关生态学研究方法的文章，以及农科院畜牧所编的《鸡猪饲料成分及营养价值表》中有关部分。作者认为这三个附件，对

从事农业、农业生态工作的同志具有重要的参考价值。

在研究工作进程中曾得到马世骏、曾昭顺等老前辈的教导，也得到中国科学院农研委李松华副主任和许辛等同志的帮助和支持，在此表示谢意。

在编写过程中李书平、曾维义、何芳良、安淑平、郝连兴、王维国等同志给了很大的帮助，一并致谢。

作 者

一九八五年七月于石家庄

前 言  
序 言

第一章、当代农业面临的问题与农业生态工程发展

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 动态                              | ( 1 )  |
| 一、当代农业所面临的挑战                    | ( 2 )  |
| (一)严重的土壤侵蚀和沙化                   | ( 2 )  |
| (二)不可更新能源消耗急剧增加                 | ( 4 )  |
| (三)农业生产造成了严重的环境问题               | ( 5 )  |
| 二、农业生态工程发展动态                    | ( 6 )  |
| (一)国外更替农业简介                     | ( 6 )  |
| (二)农业生态工程——生态系统原理的应用            | ( 15 ) |
| 第二章、农业生态结构工程在农业发展中的地位及其<br>主要内容 | ( 19 ) |
| 一、提高农业生态系统功能的途径                 | ( 19 ) |
| 1、环境控制                          | ( 19 ) |
| 2、生物控制                          | ( 19 ) |
| 3、生态系统种群结构控制                    | ( 20 ) |
| 二、农业生态系统结构工程的重要意义               | ( 22 ) |
| 三、农业生态系统结构工程的分类                 | ( 23 ) |
| (一)农业生态系统的平面结构工程                | ( 23 ) |
| (二)农业生态系统的垂直结构工程                | ( 24 ) |
| (三)农业生态系统的的时间结构工程               | ( 24 ) |
| (四)农业生态系统的食物链结构工程               | ( 24 ) |

|                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| 四、农业生态结构工程研究途径.....                           | ( 25 ) |
| (一)总结、继承.....                                 | ( 26 ) |
| (二)改造、创新.....                                 | ( 26 ) |
| (三)结构工程的最佳化探索.....                            | ( 26 ) |
| 第三章、我国古农业中的农业生态结构工程精华.....                    | ( 28 ) |
| 一、“阴阳”、“三才”、“五行”学说在农业上的应用是我国古农业生态的主要理论基础..... | ( 29 ) |
| (一)“三才”论与农业生态系统.....                          | ( 30 ) |
| (二)“三才”、“阴阳”、“五行”与农业生态平衡.....                 | ( 31 ) |
| (三)我国古农书中的养分循环.....                           | ( 32 ) |
| 二、我国古农业生态学的核心——结构工程.....                      | ( 33 ) |
| (一)我国古农业生态系统平面结构工程.....                       | ( 34 ) |
| (二)我国古农业中的高效垂直结构工程.....                       | ( 34 ) |
| (三)我国古农业生态系统的有关时间结构工程.....                    | ( 35 ) |
| (四)食物链结构与食物链“加环”.....                         | ( 36 ) |
| 第四章、农业生态系统平面结构工程调控.....                       | ( 48 ) |
| 一、农业生态系统平面结构工程失调的教训.....                      | ( 40 ) |
| (一)单纯以粮为纲是内部的错觉.....                          | ( 40 ) |
| (二)单一种植是外来的灾难.....                            | ( 41 ) |
| 二、农业生态系统平面结构工程的优化.....                        | ( 42 ) |
| (一)适宜种群选定.....                                | ( 42 ) |
| (二)种群综合评审.....                                | ( 42 ) |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| (三)最优种群的社会因素修正.....               | (43)  |
| (四)农业生态系统平面结构的两种不同<br>观点.....     | (44)  |
| 三、农业生态系统平面结构工程的主体——绿色<br>植物.....  | (45)  |
| 四、农业生态系统平面结构工程各层次间的关系             | (46)  |
| 五、农业生态系统“最佳”平面结构工程调控实<br>例.....   | (48)  |
| 第五章、农业生态系统垂直结构工程.....             | (75)  |
| 一、垂直结构工程是提高农业生态系统功能的重<br>要因素..... | (75)  |
| 二、自然资源的多层利用和种间互补.....             | (78)  |
| 三、典型垂直结构工程分类.....                 | (82)  |
| 1、地上结构.....                       | (82)  |
| 2、地下结构.....                       | (82)  |
| (一)1—1型结构.....                    | (83)  |
| (二)1—2型结构.....                    | (83)  |
| (三)2—1型结构.....                    | (84)  |
| (四)2—2型结构.....                    | (84)  |
| (五)3—2型结构.....                    | (85)  |
| (六)特殊垂直结构.....                    | (86)  |
| 四、垂直结构工程范例.....                   | (88)  |
| (一)果菇垂直结构工程.....                  | (88)  |
| (二)沧州地区枣粮结构工程.....                | (89)  |
| (三)稻鱼结构工程.....                    | (96)  |
| (四)董庄的垂直结构工程.....                 | (105) |

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| 第六章、农业生态系统的时间结构工程.....                                   | (114) |
| 一、自然生态系统时间结构的合理性.....                                    | (115) |
| 二、农业生态系统时间结构的缺欠.....                                     | (115) |
| 三、时间结构工程的主要类型.....                                       | (117) |
| (一)时间结构工程的种群嵌合型.....                                     | (117) |
| (二)时间结构工程的种群密结型.....                                     | (120) |
| (三)时间结构工程的设施型.....                                       | (121) |
| 四、时间结构工程与社会资源.....                                       | (121) |
| 五、时间结构工程范例.....                                          | (123) |
| 第七章、农业生态系统的食物链结构工程.....                                  | (125) |
| 一、食物链结构与农业生态效益.....                                      | (125) |
| 二、改变生态系统食物链结构扩大系统效益.....                                 | (126) |
| (一)扑食性动物、昆虫引入、抑制以一级产<br>品为食的害虫害兽,减少一级产品生产<br>过程中的消耗..... | (126) |
| (二)产品的“加环”,增加2—3级产品的<br>产出.....                          | (127) |
| 三、食物链“加环”种类.....                                         | (129) |
| (一)生产环.....                                              | (129) |
| (二)增益环.....                                              | (130) |
| (三)减耗环.....                                              | (131) |
| (四)复合环.....                                              | (132) |
| 四、农业生态系统“加环”特例——产品<br>加工环.....                           | (132) |
| (1)不合理的输出使农业生态系统物质能量<br>损失加大.....                        | (133) |



|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| (2) 不合理的输出加大了运输能耗 .....           | (134) |
| (3) 由于不合理的输出加大了城市生态系统<br>污染 ..... | (134) |
| 五、食物链结构工程范例 .....                 | (137) |
| 第八章、农业生态系统复合结构工程 .....            | (150) |
| 〔附〕(1) 农业生态系统能流研究方法 .....         | (153) |
| (2) 农田生态学的若干研究方法 .....            | (183) |
| (3) 农业生态系统主要产品能量物质成分<br>表 .....   | (193) |

# 第一章 当代农业所面临的问题 与农业生态工程发展动态

一九七三年罗马俱乐部的一篇研究报告中指出：当今人类面临的问题有五个方面。即：人口爆炸、食物、资源（不可再生资源的消耗）、环境污染、工业基金。这五方面的问题几乎都涉及到农业。其中，食物一项主要是农业问题。根据联合国粮农组织总干事萨马乌的预测：“到2000年，世界人口将会超过60亿，他们对农产品的需要将比1980年高出50%至60%，发展中国家对粮食和其它农产品的需求将会增加一倍。所以，在最近几年作出一些可影响1990年至2000年期间对世界粮食状况的决定性措施，将是非常紧迫的……。”，在过去一段时间里为了解决对粮食和农副产品的需求，人类采取的对策基本有三方面。

1、迅速的扩大耕地面积：基本上是采取大量开垦荒地，毁林开荒、围湖（海）造田等手段进行的。

2、采取大量不可再生能源投入农业生态系统的方法，换取较高的生产效率：从本世纪四十年代以来，一些发达国家，开始实行大面积机械化耕作，大量施用化肥、农药、除草剂、饲料添加剂等一系列措施。

3、农业技术的改革提高和新品种培育。

这些对策很快的发挥了巨大作用，使粮食和农产品有了飞速的增长。例如，美国1940~1970年三十年间，投入农业的能量增加了3.2倍。使它的玉米产量由1945年的260斤/亩，增加到1978年的800斤/亩；奶牛的产奶量几乎增加了一倍。

使他变成了粮食主要出口国（世界粮食出口总量的五分之三是来自美国）；半个世纪以来，英国农业产量至少翻了一番，主要作物小麦亩产由1939年的300斤，增加到1978年的700斤。这种形势对缓和人类对食物的需求产生了不容忽视的积极作用。

### 一、当代农业所面临的挑战

在这些巨大成功面前，人们认为“主宰自然”已经成为现实，发展农业的最佳途径已经找到。开始沾沾自喜。

“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利，在第一步都确实取得了我们的预期结果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把一个结果又取消了。美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其它各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍光了，但是他们梦想不到，这些地方竟因此成为荒芜不毛之地……”——恩格斯——

是的，像历史重演一样，在巨大的第一次成功以后，一系列不祥的乌云开始出现了。

#### （一）严重的土壤侵蚀和沙化

不合理的开垦使森林每年以1800~2000万公顷的速度，从地球上消失，《保护绿色的地球》国际讨论会——1982年）据联合国估计：如果让目前趋势发展下去，到本世纪末，世界上沙化面积将从现在的20亿英亩扩大到75亿英亩。由于水和风的侵蚀，美国四亿多英亩的农田，每年每英亩流失肥沃的表土层6.8吨（一般情况下一层厚度超过一英寸的耕层土壤，需要1~2个世纪才能形成）。根据美国艾奥华州立大学的布切尔估算，美国目前每生产一磅谷物，就要流失10磅

土壤。目前美国约有4000—8000万公顷土地因严重土壤侵蚀而无法耕种或勉强进行农业生产。

二十世纪五十年代后期，苏联在干旱多风的中亚大草原开垦，10年内开垦了6000万公顷（合9亿亩）。但是，1963年一次“黑风暴”就毁掉了三分之一，20万公顷农田变成了沙海。1969年一月份几天之内，克拉斯诺达尔、罗斯托夫等地，又有82万多公顷冬小麦毁于“黑风暴”。大自然的惩罚是如此的迅猛，十年之功毁于一旦，引起后患无穷。

哥伦比亚150年中砍掉了150万公顷森林，导致200万公顷土地变成了荒漠，水土流失面积2000万公顷，每年约有21万公顷耕地颗粒无收，200多万公顷宜农地不再适合农田。

在文明古国之一的埃及，尼罗河每年定期泛滥，不但给河口处三角洲沉积大量的肥沃土层，使它的肥力不断的得到定期补充；另一方面河水带走了干旱地区的土壤盐分；这些河水进入地中海，促进了喜碱性浮游生物的繁衍，这些生物是鱼类的好饵料，保证了沙丁鱼的产量。但是，为了扩大耕地面积和廉价电能，从1959年开始修筑阿斯旺水坝。1970年大坝完工了，截住了定期泛滥的河水，也截住了供给三角洲的肥沃粉沙。肥源断绝了，土壤生产力显著降低。土壤盐分得不到定期淋洗，使土壤盐渍化威胁日益严重。海水含盐量降低、浮游生物减少，沙丁鱼饵料减少了，以致近海的沙丁鱼产量由1965年前的年产1.5万吨，几乎降到了零。

在我们国家，历史造成的恶果比比皆是，解放后虽然党和政府采取了一系列治理措施，也取得了明显的成效。但是由于单纯“以粮为纲”等一些左的思潮影响，也产生了一些严重后果。比如，由于不合理的开垦草原约一亿亩，引起

了砂化、碱化。据统计,全国沙漠面积由五十年代的16亿亩,增加到目前的19亿亩。每年砂化面积达2000万亩;围湖造田的结果,使淡水水产品急剧减少,淡水鱼捕捞量由50年代60多万吨,降到70年代的30万吨左右,几乎减少了一半。同时,由于湖泊容水量减少,降低了对江河水的调节作用(仅江汉湖区就减少了调整湖容30亿立方米),引起了水害频繁,降低了对气候的调节能力。由于森林过量砍伐,植被减少,使水土流失加剧,据初步统计,全国水土流失面积,已由解放初期的115万平方公里,扩大到目前的150万平方公里,每年流失量达50亿吨,损失氮、磷、钾的数量相当于4000多万吨化肥。

## (二) 不可更新能源消耗急剧增加

为了维持农业生态系统的高产出,化肥、农药、机械的投入越来越多。据著名生态学家奥顿提供的资料:“西方工业化国家依靠工业能量输入的增加,在发展农业的道路上,通常规律为农作物产量增加一倍是以工业能量输入增加十倍为代价。”目前美国的化肥用量等于1950年的10倍。到1970年美国每生产一卡营养,所需的矿物能(石油或天然气)为2.1卡,其中:生产一千卡的水果和蔬菜,需投入石油能2千卡,生产一卡动物蛋白,消耗的石油能源是20—30卡,比1940年增加了2.6倍。有人计算了一下,假如其它国家也以美国一样的标准投入,那么世界上已探明的石油贮量只够维持13年。苏联科学院的B. A. KOBHAK有个初步计算,他说:“据估计美国生产世界农产品的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ ,如果世界农业水平提高到美国水平,每年需 $100—120 \times 10^{15}$ 千卡能量,其中 $\frac{1}{3}$ 为人工来源能量, $\frac{2}{3}$ 为太阳能,所以落后地区用能将增加5—

10倍”（美国在粮食产量翻番上所用的化肥用量增加了20倍）。

为了对付抗药性日益增加的病虫害，美国每年要消耗各种农药5亿公斤，尽管如此，每年依然有37%的潜在作物产量损失于杂草和病虫害。据估计，到本世纪末，农药的使用量将达到10亿公斤。

虽然我国农业发展比较落后，但根据有关部门统计，每亩化肥用量已达12市斤（有效成分），比世界平均水平9.1斤高出了32%，已接近了美国的用量。北京郊区农村，目前化肥用量比1962年增加了8—14倍，个别地区每亩化肥用量超过了三百斤，据统计，1977年比1965年全国农机动力量增加了8.3倍，化肥供应量增加了2.6倍，但农业生产总收入只增加了0.8倍。像北京郊区每亩耕地耗电量高达91度，远远超过了西德（52度）、英国（34.5度）、美国（29.3度）和日本（22.6度）。

所以，按这种趋势发展下去，能源问题日趋紧张，已成了当今世界资源所不能承受的沉重负担，是必须严肃对待的大问题。

### （三）农业生产造成了严重的环境问题

环境污染是世界性的重大问题之一，抛开工业污染不谈。在农业生产的过程中对环境的大面积污染已经造成了严重后果，同时这种污染面更广，治理难度也更大。水土严重流失的结果，造成了内陆水体内的大量泥沙沉积，根据有关调查材料，美国内陆水体沉积的泥沙量大约27亿吨。根据陕西和潼关水文站记载，我国黄河下泄泥沙达16亿吨，黄河河床每年升高10厘米，黄河干流上的七大型水库，库容减少达

40%、有的已达四分之三。

随着水土流失，大量的化肥农药也流入水体，对水体的动植物区系造成严重影响。例如，美国密执安湖中DDT含量为0.000002PPM，由于食物链浓集作用，湖内虫体内DDT浓度就达到了0.014PPM，吃虫的鱼体内就达到了3—6PPM。已经不堪食用。

由于化肥农药用量的增加，污染了食物和饲料，严重的影响着人类的健康，每年美国约有4.5万人农药中毒，其中200人中毒致死。据我国有关单位1980年调查，农产品中有机氯农药残留严重，仅粮食一项超过国家标准的约占15~20%，后果是十分令人担忧的。

当前农业生产所面临的挑战，实际就是大自然加给我们的惩罚。在这种严峻的事实面前，人们开始认真地检查过去我们的作法是否得当？比如，一位美国科学家形象地指出：“在地平线上出现乌云，这些乌云对美国农业是否仍有继续满足国内及世界市场对粮食及农产品需要的能力投下了阴影”。

## 二、农业生态工程发展动态

针对当前农业生产面临的挑战，国内外很多有识之士开始了新途径的探索。20年来，在理论研究和生产实践上都作了大量的工作。出现了很多学派和各种各样的提法。这些提法作法虽然各有千秋，但其基本思路大同小异。归结起来不外乎“在生产粮食和农畜产品的同时，保护农业生态环境，永续的利用农业资源，使农业能持续地支持人类的生活需要和物质文明”。

### （一）国外更替农业简介：

为了解决当代农业所遇到的严重问题，国内外开始探索

农业的新出路，这种不同于古老农业，又区别于现代农业的这种新农业，国外称其为更替（替代）农业（Alternative agriculture），属于更替农业的有很多种：

### 1、关于生态农业：

“……生态农业的哲学思想是基于如下前提：事物的诸方面从根本上是相互关联的，自然秩序具有内在的和谐。这种自然秩序是受一些明确的规律和原理所制约的，人在这一自然秩序中起着精心的管理者的作用。作为一个农民则是自然的伙伴。农业必须是一个创造性的过程，而决不是一个机械过程。因为农业是一个生物的活系统，而不是一个技术的或工业的系统。农业活动的影响和后果始于土壤，经过生物金字塔而最终达于人。生态农业即是人精心地对待农业，使其与自然秩序相和谐。——Merrill, 1983

“所谓生态农业就是建立和管理一个生态上自我维持的低输入的，经济上可行的小型农业系统，使其能在长时期里不对其环境造成明显改变的情况下具有最大的生产力……。生态农业需满足如下几方面的要求：1、必须是自我维持的（包括能量）；2、必须是多样性的；3、单位面积的净生产量必须能象常规农业那样高；4、通常应是小规模的；5、在经济上必须是可行的；6、绝大部分农产品在农场内进行加工；7、在伦理学和美学上是可以接受的”。

——Kiley—worthington. 1981

### 2、关于生物农业：

“可以认为生物农业是一个系统，该系统试图提供一个平衡的环境，从而维持土壤肥力和控制病虫害，同时仅用适度的能量和资源输入来维持最适的生产力。所以生物农业的



目的是发展一个持续的农业，一个自我维持的农业，一个以自然生态系统为指南的农业。……生物农业的基本原则包括：1、通过营养物质的循环使土壤、植物以及动物和人的健康联系起来；2、不适宜的耕作实践而造成的土壤不平衡及土壤流失会降低整个循环的良好状况；3、所有的有机废物要返回到土壤中；4、这种返还是必须的，否则将造成污染和营养缺乏；5、要保持土壤的层次性：分解的有机物在表面，下面是腐殖质——这意味着要最少地扰动土壤；6、动物和植物应共存于系统中；7、土壤应被植物所覆盖；8、该处的资源应适于维持那里作物的生长”——Hedgc, 1982

### 3、关于有机农业：

美国农业部的有机农业调查组在调查报告中指出（U、S、D、A、1980）：

“有机农民对他们所从事的有机农业是基于如下的信念：1、自然是资本。——能量集约的常规农业把人放在一个与自然相对立的位置，而有机农业却非常重视有限的营养资源，注重于营养的循环；2、土壤是生命的源泉。——对于农业之未来，土壤的质量和平衡（即土壤具有一定水平的有机质，细菌和各种生物的活动以及微量元素和其它营养）是极为重要的，人和动物的健康与土壤的健康直接相关；3、养育土壤而不是养育作物——健康的植物、动物和人是由于平衡的、具有生物活性的土壤造成的；4、多样化的生产系统——从生物和环境的角度看，单一种植都是不稳定的；5、独立性——通过减少对能量集约型的生产和分配系统的依赖而使有机农业具有很大的独立性；6、资源是有限的，自然界也是有限的。总之，有机农业是生态上协调的、资源利用