

FUHE NONGYE SHENGTAI JINGJI

复合 农业生态经济 理论与应用

李来胜 王 蔚 著

LILUN YU YINGYONG

西南师范大学出版社

前 言

人口增长、粮食不足、资源匮乏、环境恶化等是人类面临的主要生态经济问题，尤其中国这样一个地多人的农业大国，如何解决这些问题，是横亘在我们面前的紧迫任务。中国的农业属于资源强约束型农业，在保持一定农、林、牧、渔结构比例条件下，靠扩大土地等资源开发的外延而求发展是极其有限的。复合农业在合理利用生态资源、挖掘资源内在潜力、提高现实生产力等方面具有得天独厚的优势，是中国农业持续发展的重要途径。

农业人工复合群体是由生物、气候生态和社会经济技术三要素构成的生态经济系统。有关生物因素的研究文献较多，气候生态研究亦有不少成果，唯社会经济技术因素的研究，尚属薄弱环节，更无生态经济学的系统研究。鉴此，本书系统地研究了复合农业生态经济系统的基本理论，即生态经济位理论，生态经济动态平衡理论和耗散结构理论。阐述了复合农业的生态经济阈限和气候生态资源利用问题，探讨了复合农业的生态经济结构模式、生态经济效益及其应用，以促进复合农业的理论研究和生产实践取得长足进展。

生态经济位理论对于农业人工复合群体的物种配置和模式选择具有重要的指导意义。复合群体结构的配置，应在增加经济收入的同时，兼顾社会的各种需求，保护生态环境，保障系统的持久高效。复合农业与单一种植或养殖相比，有较大的生态经济动态平衡优势。由于复合种养系统有较多的人工物能输入流，亦有较多输出流，具有多维复杂结构，有利于对区域自然生态资源的合理利用和保护。复合农业生态经济系统是一个远离平衡态的开放系统，具有非线性和协同性特征，系统通过不断与外界生态经

济环境进行物质、能量和信息的交换,使系统能在时间、空间、种群和功能上保持有序结构,即耗散结构。复合农业耗散结构从量变到质变的演变过程,不仅取决于外界向系统的投入量,而且取决于系统内各子系统的发展水平和协同性。

阈限问题是复合农业宏观布局的核心问题,当人类对生态经济系统的干预程度达到一定的阈限时,其内部的结构和功能就会发生量的变化,进而出现质的跃迁。生态阈限和经济阈限所界定的资源利用数量范围是不一致的,为了达到资源利用生态上的可行和经济上的合理,可用生态经济阈限来综合,使资源的利用量不低于经济阈限下限,不高于生态阈限上限。复合农业的生态经济阈限类型可分为气候生态阈限、社会经济技术阈限、生产复合群体配比阈限等,分别表达了气候生态环境和社会经济技术要素制约作用的量限,以及一定的生态和社会经济技术背景下,复合农业在地理分布、生态经济适宜度、复合群体中不同生物比例及其生产力的相对界限。复合群体各组成要素之间存在着严格的数量比例关系,只有合理配置生态经济要素,才能实现生态效益与经济效益的最佳组合

光、热、水、气是主要的气候资源,它们不仅影响而且直接参与农、林、牧、渔各业的生产过程,能被生产对象作为物质或能量加以利用。气候生产潜力是生态潜力的主要内涵,分别以光、热、水建立的单因素生产潜力模式,其估算值与生态经济潜力差别甚大,而综合考虑光、热、水等主要气候资源的气候生产潜力估算模式,具有较高的应用价值。社会技术经济因素对保证气候生产潜力的充分发挥具有重要作用。

人是经济再生产的主体,是干预和利用生态经济系统的决策者和参与者,为了达到预期的生态经济目标,作为“主体”的人,必须根据人口规模、资源条件、环境状况、经济发展阶段、科学技术水平等,调整农业结构,协调人类生存与经济发展的关系,建

立合理的生态经济结构。复合农业结构模式的组建是一项复杂的系统工程，与一定地区社会经济的发展、生产工具的改进、生产条件和科技进步，以及人类的需要等密切相关。合理的农业生态经济结构的建立需分层次进行，一般可将其分为：宏观农业结构模式，协调农、林、牧、渔及其农、工、商等行业的适当比例关系；种植业结构模式，协调用地与养地，充分利用光、热、水等农业气候资源和多维利用土地资源与保护生态环境，实现种植业全面持续发展的关系；产业结构模式，协调各产业之间的数量、比例更趋科学合理，实现农村生态经济系统的资源、资金、劳力、市场、流通等要素的最优配置。

生态经济效益是人们在经济实践活动中所获得的生态经济成果与消耗的活劳动和物化劳动之比。讲求生态经济效益是人们从事一切经济活动的基础，也是人类社会发展的客观要求。为了最有效地利用自然资源和保护生态环境，不仅需要进行短期经济效益分析，以尽量少的资源消耗，取得最佳生态经济成果，而且需要建构和选择长期的最优生态经济结构模式，以达持续提高生态环境质量，促进社会经济持久发展的目的。一个合理的复合农业结构模式必须具备高产稳产的产量效益；充分利用资源，积极保护资源的资源利用效益和能源利用效率；及其经济效益与社会效益兼顾的社会经济效益。

自然界中生物种间互补与竞争关系，为复合农业提供了生态学理论依据。人们可以通过选择生物种类，运用合理的管理技术等，能动地发挥生物间的互补作用，削弱、抑制种间和种内的竞争，实现单位产出多、产品质量优和生态经济效益高的目标，最大限度地发挥资源的潜力，不断提高资源的产出率。

不同类型的复合农业模型具有不同的生态经济结构、功能和效益等特征，亦存在着不同的地域适应性。以农为主，农林、农牧的合理结合，可以形成一个互利共存的生态经济系统，农业为

林业、畜牧业提供粮食；林业为农业提供生态屏障，为畜牧业提供饲料；畜牧业为农业、林业提供肥料和肉、奶、蛋产品。使复合农业按生态经济规律进行科学组合，有序的衔接，使资源空间得到全方位的开发，时间得到充分的利用，从而获得良好的生态效益、经济效益和社会效益，促进农、林、牧各业持续、稳定、协调地发展。

本书的完成，得到了叶谦吉教授的大力支持和热情指导。西南农业大学经贸学院王锡桐教授、宋淑芳教授、赖景生教授在教学科研的百忙之中，审阅了全书文稿，提出了许多宝贵意见；西南师范大学钟章成教授、刘清泉教授、西南农业大学经贸学院戴思锐教授、李俊德教授，中国农业大学韩湘玲教授、王宏广博士，西南师范大学王力博士，西南师范大学出版社，在本书完成过程中给予了关怀和帮助，在此一并致谢。

由于本人的理论水平和实践经验有限，书中的不足与缺点在所难免，恳请读者批评指正。

李来胜 王 蔚
1997 年 10 月于重庆

目 录

第一章 导 论	(1)
第一节 复合农业的实践及生态经济功能	(4)
一、复合农业的概念	(4)
二、复合种植的发展历史及在农业生产中的作用	(6)
三、复合种植发展的哲学解理	(15)
第二节 复合农业生态经济理论研究概述	(18)
一、理论依据	(18)
二、研究领域	(20)
第三节 研究的主要内容和方法	(27)
一、研究意义	(27)
二、问题的提出与依据	(33)
三、主要内容和方法	(36)
第二章 复合农业生态经济系统的基础理论	(39)
第一节 生态经济位理论	(39)
一、生态位理论	(39)
二、经济位理论	(42)
三、生态经济位理论的应用	(43)
第二节 生态经济动态平衡理论	(46)
一、生态经济动态平衡的内涵	(46)
二、复合农业的生态经济动态平衡模型	(47)
三、复合农业的生态经济动态平衡理论要点	(51)
第三节 复合农业生态经济系统的耗散结构理论	(53)
一、熵、耗散结构理论	(53)
二、复合农业生态经济系统引入耗散结构理论的问题	(55)

三、复合农业生态经济系统的耗散结构分析	(56)
四、复合农业生态经济系统耗散结构理论要点	(63)
五、耗散结构理论在复合农业建模中的应用	(64)
第三章 复合农业的生态经济阈限	(67)
第一节 生态阈限和经济阈限	(67)
一、阈的涵义	(67)
二、生态阈限	(69)
三、经济阈限	(71)
第二节 生态经济阈限及表达形式	(73)
一、生态经济阈限	(73)
二、生态经济阈限的表达形式	(76)
第三节 复合农业生态经济系统的阈限分析	(84)
一、系统的边界	(84)
二、系统的组成因素	(85)
三、复合农业生态经济系统阈限类型	(86)
四、复合农业生态经济系统阈限的性质	(90)
五、复合农业生态经济系统不同阈限的作用机制	(93)
第四章 复合农业的气候资源利用理论	(97)
第一节 气候资源的涵义及与农业生产的关系	(97)
一、气候资源涵义	(97)
二、气候资源类型	(98)
三、气候资源与农业生产	(98)
第二节 气候资源的生态经济属性	(100)
一、整体性	(100)
二、有限性和无限循环性	(101)
三、变化性	(101)
四、资源密度低	(103)
五、计量困难性	(104)

第三节 农业气候资源的数量、质量及其生产潜力	··· (104)
一、农业气候资源的质量分级	····· (105)
二、农业气候资源的数量分析	····· (106)
三、农业气候资源的生产潜力	····· (110)
四、社会技术经济因素对生产潜力的影响	····· (121)
第四节 农业气候资源的开发利用途径	····· (122)
一、农业气候资源的使用价值	····· (122)
二、农业气候资源在空间上的开发利用	····· (123)
三、农业气候资源在时间上的充分利用	····· (126)
四、农业气候资源在强度上的充分利用	····· (129)
五、农业气候资源开发利用实例分析	····· (131)
第五章 复合农业的生态经济结构模式	····· (140)
第一节 复合农业的生态经济要素	····· (140)
一、生态要素	····· (140)
二、科学技术要素	····· (141)
三、经济要素	····· (142)
第二节 复合农业生态经济要素的配置方式	····· (144)
一、平面结构	····· (144)
二、立体结构	····· (145)
三、平面网络结构	····· (146)
四、立体网络结构	····· (146)
第三节 复合农业生态经济结构模式	····· (147)
一、宏观农业结构模式	····· (148)
二、种植业结构模式	····· (149)
三、产业结构模式	····· (150)
第四节 复合农业生态经济结构理论的应用	····· (151)
一、长江三峡库区的生态经济问题	····· (152)
二、长江三峡库区复合农业经营模式	····· (155)

第六章 复合农业的生态经济效益·····	(158)
第一节 生态经济效益概念及评价方法·····	(158)
一、生态经济效益的概念·····	(158)
二、生态经济效益的评价方法·····	(159)
第二节 复合农业的生态经济效益指标体系·····	(168)
一、产量效益·····	(168)
二、资源利用效率·····	(169)
三、能量利用效率·····	(173)
四、社会经济效益·····	(178)
第三节 复合农业的生态经济效益原理·····	(183)
一、复合种植的效益基础·····	(183)
二、复合农业的效益原理分析·····	(187)
第四节 复合农业典型范例的效益分析·····	(195)
一、大田作物复合群体的生态经济效益·····	(195)
二、农林复合群体的生态经济效益·····	(200)
三、农牧复合群体的生态经济效益·····	(209)
Abstract·····	(214)
参考文献·····	(225)

第一章 导 论

生态经济问题是全球人类面临的重大现实问题。科学技术水平的迅猛发展，一方面带来了人类文明和社会进步，带来了经济的迅速增长和全球的繁荣；另一方面也给人类社会带来了一系列的生态环境问题，诸如全球性的“温室效应”和酸雨的加剧、大气臭氧层的破坏和自然资源的过度开发、土地和水分资源的日益紧缺以及环境污染的日益严重，都直接地威胁到人类的生存和社会经济的持续发展。加之人口的剧增、需求的增加，使当今人类社会正面临着人口、粮食、能源、资源、环境等五大生态经济问题的严峻挑战。

倘若世界在今后相当长的时期内仍然保持目前的发展态势和社会格局，我们就会愈来愈感到世界人口的繁衍和世界耕地资源缩减所导致的人类粮食包袱的沉重。虽然从1971年~1985年，世界谷物总产增长39.9%，但同期世界人口也增加了30.0%，人口的增长使粮食产量增加捉襟见肘。因此，如何在有限的耕地上生产更多的粮食以满足人类日益增长着的粮食需求，就成为生态经济学研究的一个重要命题。

生态经济学反对用孤立的、片面的、静止的观点去观察问题和分析问题，它要求人们对复杂的人口、粮食、资源等生态经济问题进行全面地、系统地、多层次地考察分析，从它们之间的相关联系、相互影响中作出综合评判。因此，当前经济发展的一个最重要问题就是正确处理人与自然的关系，发展社会生产力不应建立在贪婪地索取自然资源的基础上，不应过多地取之于大自然，还应自然资源采取保护、节约、再生和储备等有效政策，实现

生态与经济的协调发展。

一个国家的经济发展规模与速度,不决定于人们的主观愿望,而主要是决定于人类的经济活动与生态资源开发利用所采取的方式,只有当人类的经济活动按照生态经济规律的要求办事,并结合区域的实际情况,建立新的生态与经济协调发展的生产方式时,才能实现社会物质再生产和生态资源再生产的良性循环。在经济发展实践中,人们越来越认识到经济发展规模不能超过生态资源的承受能力,这就要求经济发展的战略应是以提高经济效益为中心,走出一条低耗、高效、高产、优质、无污染的发展经济的新路子。农业生产上应在保持生态平衡的前提下,产出优质、高产、品种齐全、无污染的农副产品,以满足国民经济发展和人类日益增长的物质生活、精神生活需要。在现代化建设中,对于生态资源的开发利用,一要考虑对生态系统带来的影响,即生态效益的大小,二要考虑自然资源的利用能带来多大的经济效益,三要考虑,也是最根本的,就是要考虑生态效益与经济效益的最佳结合,考虑生态资源的永续利用、循环利用和综合利用。

在宏观农业(包括农、林、牧、渔各业)生产中,增加农产品靠什么?靠提高单位面积上的产量水平,还是靠扩大可耕地面积?土地资源调查结果表明,在世界许多地区,特别是亚洲和非洲的广大地区,在保持一定农、林、牧、渔结构比例情况下,扩大耕地已飘渺无望,惟有靠现有耕地现实生产力的提高。因此,从长远和系统观点看,人工复合种植和养殖在充分合理利用生态资源方面具有得天独厚的优势,表现在各作物生育与气候的季节性相适应,充分利用土地和气候等生态资源,用利避害,有利于宏观农业的全面发展和持续增产。

和全世界的形势一样,中华民族的发展和进步面临着人口、土地、粮食、资源和环境等生态经济问题的严峻挑战。能否在这世纪之交,特别是下世纪初,顺利解决这些问题,直接关系到国家

的前途和民族的命运，所以引起了我国政府和全体科学界的普遍关注。1994年3月国务院第16次常务会议通过了《中国21世纪议程》，该议程在其序言中指出：“人类认识到通过高消耗追求经济数量增长和先污染后治理的发展模式已不再适应当今和未来发展的要求，而必须努力寻求一条人口、经济、社会、环境和资源相互协调的、既能满足当代人的需求而又不对满足后代人需求的能力构成危害的可持续发展道路。”可持续发展的根本点是经济、社会的发展与资源、环境相协调，核心就是生态与经济相协调。

中国的农业属于资源强约束型农业，以水、土为中心的农业自然资源相当匮乏，人均占有量逐年下降。资源约束制约着粮食等主要农产品的供给，与人口增长、收入水平提高及相应的食物消费结构变化所引发的对农产品的品种和质量需求的刚性扩张，构成了一对突出的矛盾。农业生产的增长满足不了需要的增长将是今后较长时期内的主要矛盾。根据我国农业自然资源不足的基本特点，在保持一定农、林、牧、渔结构比例条件下，靠扩大土地等自然资源开发的外延而求发展是极其有限的。农业人工复合群体在充分合理利用生态资源、挖掘资源内在潜力、提高现实生产力等方面具有得天独厚的优势，是中国农业持续发展的重要途径。

复合农业是一个生态经济技术系统，由生物群体、生态环境和社会经济技术三个子系统构成。生物群体包括栽培植物、饲养动物、微生物，还包括生物间的竞争与互补及代谢产物；生态环境包括气候和土壤等，由于土壤的物理、化学性质是在一定的气候背景下形成的，因此，本书所指生态环境主要是光、热、水、气、土等气候生态环境；社会经济技术子系统作为人为环境，包括社会经济因素，如人口密度、劳力、交通、市场价格等，生产条件，如灌溉、施肥水平、病虫害防治能力等，以及技术条件。人类是复合农业生态经济系统的主宰者，人的劳动和智慧能在很大程度

上控制、调节和改善这个系统的能量转化和物质循环，促使生物与生态环境相吻合，使之更符合人类社会经济发展的需要（图 1.1），充分发挥不同地区农业气候资源优势，提高现实生产潜力。

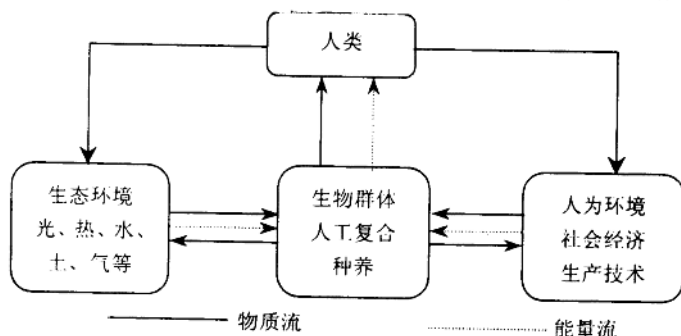


图 1.1 复合农业生态经济系统构成示意图

第一节 复合农业的实践及生态经济功能

一、复合农业的概念

复合农业是人工复合种植和养殖的总称，是充分利用土地、时间和空间的先进生产技术系统。它具有广泛的生态经济合理性、灵活性和多样性，许多社会学家、人类学家、农学家研究发现，世界上所有民族都从事人工复合种植或养殖。复合农业包括间作、套作及立体种植和养殖等。

（一）间作（intercropping）

在同一田地上于同一生长期内，分行或分带相间种植两种或两种以上作物的种植方式。间作因为成行或成带种植，可以实行

分别管理。特别是带状间作种植，较便于机械化或半机械化作业。与分行间作相比能够提高劳动生产率。

农作物与多年生木本作物（植物）相间种植，亦为间作。木本植物包括林木、果树、桑树、茶树；农作物包括粮食、经济、园艺、饲料、绿肥作物等。采用以农作物为主的间作，称为农林间作；以林（果）业为主，间作农作物，称为林（果）农间作。

（二）套作（relay cropping）

在前季作物生长后期的株行间，播种或移栽后季作物的种植方式，称套作。如于小麦生长后期每隔3行~4行小麦播种一行玉米。对比单作，它不仅能阶段性地充分利用空间，更重要的是能延长后季作物对生长季节的利用，提高复种指数，提高全年总产量。它主要是一种集约利用时间的种植方式。

间作和套作都有作物共处期，所不同之处是，前者作物共处期较长，后者作物共处期较短，每种作物的共处期都不超过其全生育期的一半。

（三）立体种植（multiplestorey cropping）

在同一农田上，两种或两种以上的作物（包括木本植物），从平面上、时间上，多层次地利用空间的种植方式。由于凡是立体种植都有多物种、多层次地立体利用气候资源的特点，都有构成复合群体的阶段，因此，实际上立体种植是间套作和复种的总称。它也包括山地、丘陵、河谷地带，不同作物沿垂直高度形成的梯度分层带状组合。如半湿润地区低山丘陵常见的山顶种树，山腰种果树或牧草，山脚种粮食、经济作物和蔬菜等。

（四）立体种养（multiplestoreyed cropping and raising）

在同一块田地上，作物与食用微生物、农业动物或鱼类分层利用空间种植和养殖的立体结构；或在同一水体内，高经济价值的水生植物与鱼类、贝类相间混养、分层混养的结构。前者如玉米（甘蔗）和菌菇、稻和鱼共同种养；后者如藻类（海带）和扇贝、海参共养。这是我国 80 年代以来立体种植向更广阔领域发展的结果。

二、复合种植的发展历史及在农业生产中的作用

（一）历史溯源

中国是世界上人工复合种植历史最悠久的国家，中华民族是世界多熟种植的鼻祖。美国学者金（F. H. King）本世纪初专程来华考察，于 1911 年发表了《四千年的农民》，首次向世界展示了中国人工复合种植的风采。尔后，英国学者霍华德（S. A. Howard）的“农业圣典”，及美国学者罗德（J. I. Rodale）的“堆肥农业与园艺”，均对中国的人工复合种植作了高度评价和赞扬。然而，近年来，人类学、考古学和地质学家的研究指出，多熟种植是世界所有民族所从事的一种历史最悠久的种植方式。本世纪中叶特别是 70 年代以来，由于世界人口剧增，耕地相对减少，人工复合种植受到包括工业化发达国家在内的所有国家的广泛重视。美国近十多年来推广小麦和大豆复种，西欧推广小麦和饲料作物复种，便是佐证。

我国自秦汉以来，就从休闲制逐步向精耕细作的传统农业过渡。公元 1 世纪东汉时期，在黄河中下游地区就有麦后复种豆的记载；公元 6 世纪，农学名著《齐民要术》一书中已总结了间作套种、混种和复种的经验；唐朝时南方有稻麦、稻稻一年两熟；宋、元以后，麦套棉、稻套稻已较多；明朝以后，以南方出现的水稻为中心的一年二作，北方出现的以小麦为中心的二年三作已较普

遍。但在 1950 年以前的长时间里，人工复合种植发展甚缓。

1950 年以来，随着农业生产条件的改善，如农田基本建设、灌溉面积的增加，养猪业、化肥工业的发展，优良品种的培育，以及科学技术水平的不断提高，以间套复种为基本内容的人工复合群体得到了很大发展。在农业气候资源允许的情况下，北方传统的一年一作发展为两年三作或一年二作。南方的一年一季稻或麦稻二作，发展为大面积双季稻或水旱三作、旱三熟等。总的说来，形成了许多新的农、林、牧、渔组合和多种人工复合种养模式，提高了复种指数。我国复种指数，1949 年为 128%，1988 年达到 151.3%，平均增加 25%，约增加播种面积 0.25 亿 ha，有力地促进了我国农业生产的发展。

从上述农业人工复合种植的发展历史可以看出：

(1) 农业人工复合种植是世界上最古老的种植制度，它伴随着人类从混沌走向有序，富有极强的生命力，在世界农业发展中占有重要地位，是目前人类解决人口、粮食、资源等生态经济问题的重要途径之一。

(2) 农业人工复合种植发展的动力，从根本上讲，乃是人口增多，耕地相对减少。实行复合种植的充分必要条件是充足的热量和水分条件，必要条件是保证相应的物质、技术投入。例如，我国人工复合种植主要分布在华北、华南、华中、华东、西南、西北内陆灌区及东北南端。无论水田、水浇地或旱地，还是平原、丘陵、盆地或山地高原，复合农业处处可见。从西北向东南，复合农业呈现发展、强化、多样化趋势，这与气候生态条件、农业生产条件及社会、经济技术条件从西北向东南的变化态势相一致，也与人口、耕地矛盾从西北向东南愈来愈加剧的变化趋势相同步。

(3) 人工复合种植从低级向高级发展，复合农业生态经济系统更具有强化的耗散结构，因为该系统外的物质、能量人工投入不断强化，表现为系统内的熵增由大变小，即高产、高效。同时，

复合农业能集生态、经济于一身。这些都是人工复合种植经久不衰、永葆活力的原因所在。

(4) 人工复合种植迅猛发展不仅表现在整体复种指数的近似线性增加,而且表现在原有复合农业模式继续发展的基础上,赋有各种功用的复合农业模式如雨后春笋竞相涌现,如粮经结合、粮油结合、农牧结合、农林(果)结合、粮菜(瓜)结合、用养结合等。从某种程度上讲,人工复合种植已成为世界农业生产的主要内容。

(二) 生态经济效益

1. 高产

试验研究和生产实践证明,合理的人工复合种植和养殖比单作更具高产的优势。从气候、土地资源来说,在单作的情况下,时间和空间都没有得到充分利用,太阳能、热量、水分、土壤养分有一定浪费,而复合农业在一定程度上弥补了单作的不足,能较充分地利用农业气候资源和土地资源,把它们转化为更多的农产品。从社会资源利用来说,我国人均耕地少,但劳动力资源丰富,又有精耕细作的传统经验,实行人工复合种植和养殖,可以充分利用多余劳动力,扩大物质投入,与现代科学技术相结合,实行劳动密集、科技密集的集约生产,能显著提高单位面积土地生产力。

据统计,1951年~1979年,29年间我国水稻增产量中,由于扩大复种面积增加的稻谷产量占43%。双季稻占水稻面积的67%,大面积的双季稻比单季稻产量高(《农业气候学》,北京农业大学农业气象专业编,农业出版社,1987年)。1952年~1979年我国南方13个省市增产粮食981亿kg,其中48%是复合种植得到的。可见,通过人工复合种植和养殖,充分合理地利用气候和土地资源,是提高农、林、牧、渔产量的重要途径。同外国比