

农业资源系统耦合 模拟与应用

Simulations and Applications of
Agriculture Resources
System Coupling

朱鹤健 何绍福 姚成胜 / 著



科学出版社

www.sciencep.com

农业资源系统耦合模拟与应用

Simulations and Applications of Agriculture Resources System Coupling

朱鹤健 何绍福 姚成胜 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面论述了农业系统耦合的结构、功能和特点,提出了农业系统耦合的基本理论体系。以我国南方地区近郊农村典型的马坪镇为案例,研究该区域农业资源系统耦合的模式,从农业资源系统耦合的资源背景、结构合理化和系统耦合度三个方面,综合分析并评价了农业资源系统耦合模式,并定量评价了农业资源系统耦合的经济效益和生态效益。运用GIS与系统动力学相结合的方法,对马坪镇农业资源系统耦合进行了动态模拟,为其农业结构的调整提供了优化方案,并建立了马坪镇农业资源管理信息系统。从时空两方面定量分析了福建省农牧系统的耦合协调度的变化。书中展示了农业资源系统耦合研究的薄弱点、难点和生长点。根据研究成果,提出了推动农业资源系统耦合利用的策略。

本书可供农业科学、资源科学、地理学、环境科学和生态学等领域的科技与教育工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业资源系统耦合模拟与应用 / 朱鹤健,何绍福,姚成胜著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-024571-7

I. 农… II. ①朱…②何…③姚… III. 农业—生态系统—耦合—研究—中国 IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 072902 号

责任编辑:赵 峰 沈晓晶 / 责任校对:鲁 素

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年5月第一次印刷 印张:10 1/2 插页:2

印数:1—1 500 字数:258 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<明辉>)

自序

长期以来,我以农业问题为轴心,致力于土壤学与地理学的交叉研究。从1991年开始,我以农业资源开发利用为主要研究方向,结合研究课题培养博士生。先从研究挖掘土地农业生产潜力入手,随后研究农业资源优化配置及农业资源系统耦合,研究工作逐步深入与提高,至今已17年,已有20位学生获得博士学位,还有5位在学。鉴于农业资源优化配置研究滞后是农业资源可持续利用的瓶颈问题之一,1994年经福建省农业办公室立项,我们在福建省漳浦县大南坂农场设立试验区研究农业资源优化配置,1999年研究成果通过验收,效益显著。2000年福建省漳浦县马坪镇政府邀请我们为其做生产规划,主动要求应用该成果。借此机会,我们在该镇建立博士生实践基地,实施产、学、研相结合。根据当地的实际条件,我们在已有研究成果的基础上,把物理学上的“耦合”原理应用于农业资源优化配置上。将分散、单一的农业资源要素进行耦合开发利用,并引进新要素,使其优势互补,发挥农业资源系统耦合的优势,从而进一步挖掘农业资源的生产潜力,提高农业的综合生产效益。同时,学习任继周院士在北方草原地区和干旱半干旱地区研究农业系统耦合的系列成果,充分分析了我国传统农业生产的精华所在地——南方地区农业资源系统耦合的结构、功能和特点。认为南方地区农业生物多样性丰富,农业生态系统结构复杂,农业生产、管理水平也较高,农业生产系统可以实行农、林、牧、渔、农产品加工及涉农服务业的全面耦合。马坪镇地处厦门市(我国东南港口城市)的周边,是近郊农村的典型,属亚热带气候,生物多样性丰富,拥有亚热带作物生长的独特条件和我国南方地区农业生产的许多优势。选择其作为试验区开展以突出特色农业为特点的农业资源系统耦合研究,预期会取得比北方草原地区更为明显的耦合效益。福建省科学技术厅把这一研究列入重点项目,实施结果取得了明显的经济、社会和生态效益。随后,福建省发展和改革委员会又把本研究成果列入可转化为生产的项目推介,并给予资助在生产上推广。在此过程中,我们在农业资源系统耦合技术、机制、理论与定量化评价等方面又做了进一步探讨,以期对农业资源系统耦合的理论与实践有所推动。何绍福、姚成胜两位博士生先后参加了这个研究过程。何绍福博士的研究工作时间是2001~2005年,针对马坪镇农业资源的实际情况,研究农业资源系统耦合模式。运用GIS与系统动力学相结合的方法,建立了马坪镇农业资源耦合系统的动力学模型,为马坪镇农业结构的优化提供方案,并建立了马坪镇农业资源管理信息系统。姚成胜博士的研究工作时间是2005~2008年,定量评价了农业资源系统耦合的生产力,又采用能值理论分析方法定量分析了农业资源系统耦合的生产效益,并研究了福建省农牧系统耦合协调度的时空变化。两位博士生查阅大量文献,认真实践,顺利地完成了他们的学位论文。本书是在他们的博士学位论文的基础上,经过整合、提炼、充实、提高而成的。这项研究持续7年,如果包括前期的农业资源优化配置研究项目,则达13年之久。在马坪镇试验区参加研

究工作的博士生还有李新通、程炯、章牧等，在其他地区开展了农业资源利用和保育相关研究的博士生有阮伏水、朱连奇、郑建闽、钱乐祥、陈松林、曹文志、张学雷、陈健飞、黄炎和、廖善刚、张文开、关琰珠等多位，他们都为本课题提供了有益的研究思路、方法和资料，可以说本书汇集了众多人的智慧。他们积极进取、实践创新的勤学精神，激励我努力学习，认真地指导他们的研究全过程，并对本书进行统稿，促成出版，体现了我们师生真诚合作、教学相长的精神风貌。本书系统总结与完善了农业系统耦合理论，展示了农业资源系统耦合模式与定量化评价的研究成果，其对机制的论述和明显效益将加深人们对农业资源系统耦合作用的认识，有助于推动农业资源系统耦合在农业生产中的应用。在统稿过程中，我着力突出反映农业资源系统耦合研究的薄弱点、难点和生长点及其推广应用的策略，希望能引导今后的研究朝纵深方向发展，并尽快用于生产实践。因此本书对我们而言，既是前阶段研究的总结，又是今后继续研究的指导书。现在，农业资源系统耦合效应还不太引人注意，希望本书的出版能引发同行广泛深入地研究这个问题，尽快发挥其在生产中的作用，同时也为我们持续研究创造更好的条件。农业资源系统耦合建设实际上是农业生产从无序到有序、从局部到整体的发展过程，它不仅是农业资源系统内各要素的相互协调，还包括磨合、调控、约束甚至限制。只有在微观和宏观层面上调节好农业资源系统的各耦合单元之间的关系，力争使这些关系处于最佳状态，才能最大限度地挖掘农业资源系统的内在潜力，充分发挥农业资源系统耦合的效益，达到减少外部资源的投入，实现低投入、高产出的生产效果。最终达到在微观上实现优质、高产、低耗、高效的农业生产的目标，在宏观上实现农业生态系统的持续、快速和良性发展的目标。

本研究先后得到福建省农业办公室、福建省科学技术厅、福建省发展和改革委员会、福建省亚热带资源与环境重点实验室和福建师范大学地理科学学院等单位的资金支持。试验区工作得到漳浦县副县长阮伏水博士，马坪镇政府杨益民、杨和来等领导同志和村民的热情帮助与合作，在此对上述单位和个人谨表谢意。

目前，还很少见到关于我国南方地区农业资源系统耦合的研究报告，可资直接对比参考的资料很少，而农业资源系统耦合效益评价定量化研究工作又处于初始阶段，有些问题还带有探索性。因此书中难免有错误与疏漏之处，敬请读者批评指教。我们将继续努力深化这项研究，并尽快促成其在农业生产中广泛应用。

朱鹤健

2008年10月

于福建师范大学自然资源研究中心

前 言

面对全球严峻的生态危机，资源科学研究重点发生了重大变化。资源科学研究从个体、局部走向一般、整体；由定性转向定量、半定量；从静态分析走向动态预测；从自然评价转向注重社会经济分析；从常规手段转向高新技术应用。研究方法和手段日益现代化，资源科学内部学科的交叉以及与其他科学的交叉为资源科学研究注入了新的活力。可持续发展观更成为当代资源科学研究的基本指导思想。农业是人类社会最古老的物质生产部门，也是对自然资源依赖最大的产业部门。长期以来，农业在一定程度上存在着把单项技术作为研发活动主要方式的倾向，缺乏与其他相关技术衔接，致使大量科研成果难以发挥有效作用。因此，农业资源开发利用必须坚持整体观、系统观。农业系统耦合是建立在农业系统科学、生态学、资源经济学、地理学等相关学科理论基础之上的一种全新的农业系统理论。本书系统论述了农业系统耦合的理论基础，选择我国农业发达的南方农村地区具有典型代表意义的福建省漳浦县马坪镇为试验区。在马坪镇建立农业资源系统耦合模式，并进行量化研究，以期使人们加深认识农业系统耦合的结构、功能和特性，并在农业生产实践中不断推行农业系统耦合，促进农业生产持续、高效、稳定发展。

本研究采用了以下几种研究方法：①理论分析法。本研究运用农业系统科学、生态学、资源经济学、地理学等相关学科的理论，对农业系统耦合进行理论分析。②室内实验研究、野外定位观测和实地调查访谈相结合的方法。在马坪镇建立试验样区，对样区土壤样品进行物理、化学和生物学特性的测定。对马坪镇的农业资源系统耦合模式进行定位观测，分析其投入、产出状况。访问马坪镇农民和农业科技人员，详细了解传统农业的具体生产情况。③地理学、资源环境经济学、系统动力学等相关的研究方法。采用 GIS 技术与方法，建立马坪镇农业资源管理信息系统。采用资源环境经济学中的生态系统服务评价方法、能值分析方法，分析马坪镇农业资源系统耦合的生产力以及耦合的结构、功能和特性。运用 GIS 与系统动力学相结合的方法，建立马坪镇农业资源耦合系统的动力学模型，为农业结构的优化提供方案。设计了农牧系统耦合协调度，定量评价福建省农牧系统的耦合协调状况。

本书主要内容为：

1) 论述农业系统耦合的理论基础，包括农业系统耦合的原则、驱动力及其结构、功能和特性，构架了农业系统耦合的基本理论体系。

2) 在客观评价马坪镇农业自然资源条件和社会经济条件的基础上，提出马坪镇农业资源系统耦合建设的指导思想，设计农业资源系统耦合模式。运用野外实验观测、室内土壤分析、投入产出模型分析等多种方法，对农业资源系统耦合运行后的生态效益和经济效益进行微观层面的分析。并从农业资源系统耦合的资源背景、结构合理化和系统耦合度三个方面，综合分析并评价农业资源系统耦合模式。

3) 根据试验区农业生产的实际情况, 运用地理信息系统技术和系统动力学 (system dynamics, SD) 模型相结合的方法, 对马坪镇农业资源系统耦合进行了动态模拟, 为其农业结构的调整提供优化方案, 并建立了马坪镇农业资源管理信息系统 (Mapping Agriculture Resources Management Information System, MARMIS)。

4) 应用能值理论的研究方法, 对马坪镇农业资源系统耦合模式和传统农-果系统进行了能值分析, 通过各种能值指标, 对比两种农业系统的能值投入产出结构、对农业生产环境的影响, 以及两种农业系统的可持续水平, 从微观层面定量揭示农业资源系统耦合的结构、功能和特性。

5) 定量评价马坪镇农业资源系统耦合模式的生产力。通过生态生产力和经济生产力的测算, 从宏观层面定量揭示农业资源系统耦合的生态效益和经济效益。同时探讨了农业系统生态生产力和经济生产力的 13 种耦合模式, 综合判定农业系统的综合生产效益。

6) 为阐明福建省农牧系统的耦合关系, 从时空两方面定量分析福建省农牧系统的耦合协调度的变化。

7) 根据研究结果, 提出了推动农业资源系统耦合利用的策略。

目 录

自序

前言

第1章 农业系统耦合及其研究进展	(1)
1.1 农业系统耦合理论的相关概念	(1)
1.1.1 农业系统耦合和耦合系统的基本内涵	(1)
1.1.2 农业系统相悖的含义	(2)
1.2 农业系统耦合的必要性及其研究意义	(3)
1.2.1 农业系统耦合的必要性	(3)
1.2.2 农业系统耦合的研究意义	(7)
1.3 农业系统耦合理论的研究进展	(9)
1.3.1 生态地理区域农业系统的耦合(横向耦合)	(9)
1.3.2 前位生产层与后位生产层耦合(纵向耦合)	(10)
1.3.3 农业系统的生态耦合(种间耦合)	(10)
1.3.4 农业系统耦合的时空特性	(11)
1.3.5 农业系统耦合的界面理论	(11)
1.4 农业系统耦合理论研究展望	(14)
第2章 农业系统耦合的理论基础	(16)
2.1 农业系统科学理论	(16)
2.1.1 农业系统耗散结构理论	(16)
2.1.2 农业系统动力反馈理论	(16)
2.1.3 农产循环系统技术理论	(17)
2.2 生态学理论	(18)
2.2.1 种群生态学理论	(18)
2.2.2 生态系统生态学理论	(18)
2.2.3 景观生态学理论	(19)
2.2.4 生态位理论	(19)
2.3 经济学理论	(20)
2.3.1 产业经济学理论	(20)
2.3.2 资源优化配置理论	(20)
2.3.3 循环经济理论	(20)
第3章 农业系统耦合的结构、功能与特性	(22)
3.1 农业系统耦合的基本原则	(22)
3.1.1 整体效应原则	(22)

3.1.2	综合效益原则	(22)
3.1.3	“三个协调”原则	(22)
3.1.4	因地制宜原则	(22)
3.1.5	市场导向原则	(23)
3.2	农业系统耦合的驱动力分析	(23)
3.2.1	自然驱动力	(23)
3.2.2	人为驱动力	(24)
3.3	农业系统耦合的特征	(26)
3.3.1	农业系统耦合的耦合键与耦合类型	(26)
3.3.2	农业系统耦合的耦合度	(27)
3.4	农业系统耦合的结构	(28)
3.4.1	农业系统耦合的空间结构	(28)
3.4.2	农业系统耦合的时间结构	(31)
3.4.3	农业系统耦合的生态位结构	(33)
3.4.4	农业系统耦合的生产层结构	(34)
3.5	农业系统耦合的功能	(36)
3.5.1	较高的农业综合生产力水平	(36)
3.5.2	较高的输入输出水平和资源转化率	(37)
3.5.3	较高的农产品加工率	(37)
3.5.4	较强可持续发展能力	(37)
3.5.5	较高的组织程度	(37)
3.6	农业系统耦合的特性	(38)
3.6.1	结构性	(38)
3.6.2	整体性	(38)
3.6.3	层次性	(38)
3.6.4	集约性	(38)
3.6.5	多样性	(38)
3.6.6	开放性	(40)
3.6.7	系统动力学特性	(40)
第4章	农业资源系统耦合模拟与分析——以马坪镇为例	(41)
4.1	马坪镇农业资源和社会经济条件分析	(41)
4.1.1	马坪镇简介	(41)
4.1.2	马坪镇农业自然资源分析	(41)
4.1.3	马坪镇农业发展的社会经济条件分析	(47)
4.1.4	马坪镇农业资源管理信息系统	(48)
4.2	马坪镇农业资源系统耦合及其效益分析	(54)
4.2.1	马坪镇传统农业生产系统的特点分析	(54)
4.2.2	马坪镇农业资源系统耦合的指导思想	(56)

4.2.3	马坪镇农业资源系统耦合特色主导产业的选择	(56)
4.2.4	马坪镇农业资源系统耦合的模式	(58)
4.2.5	马坪镇农业资源系统耦合的效益分析	(59)
4.2.6	马坪镇农业资源系统耦合综合分析评价	(66)
4.3	马坪镇农业资源耦合系统的系统动力学建模	(69)
4.3.1	系统动力学及其开发语言简介	(69)
4.3.2	马坪镇农业资源耦合系统 SD 模型的构建	(71)
4.3.3	系统发展方案设计及系统仿真模拟	(76)
第 5 章	马坪镇农业资源系统耦合定量化探析	(82)
5.1	农业资源系统耦合的能值分析	(82)
5.1.1	能值理论与方法的研究进展	(82)
5.1.2	马坪镇农业资源系统耦合的能值分析	(84)
5.2	农业资源系统耦合生产力分析	(93)
5.2.1	农业系统生产力研究进展	(93)
5.2.2	农业系统耦合生产力研究概况	(97)
5.2.3	马坪镇农业资源系统耦合生产力的定量研究	(98)
第 6 章	农牧系统耦合协调度时空变化研究——以福建省为例	(123)
6.1	福建省农牧系统生产情况简介	(123)
6.2	福建省农牧系统耦合协调度研究的理论基础及方法	(125)
6.2.1	福建省农牧系统耦合协调度研究的理论基础	(125)
6.2.2	福建省农牧系统耦合协调度的计算方法	(126)
6.2.3	数据来源及处理	(128)
6.3	福建省农牧系统耦合协调度的时序变化分析	(128)
6.4	福建省农牧系统耦合协调度的空间变化分析	(130)
6.5	福建省发展节粮型畜牧业的优越条件及其发展模式	(132)
6.5.1	节粮型畜牧业发展条件辨识	(132)
6.5.2	农牧系统耦合协调发展模式	(134)
第 7 章	农业资源系统耦合利用的策略	(136)
7.1	建立农业资源系统耦合利用必要性的理念	(136)
7.2	加强农业资源系统耦合关键技术的研究	(137)
7.2.1	系统耦合整体效应的研究	(138)
7.2.2	系统纵向耦合利用的研究	(139)
7.2.3	系统横向耦合利用的研究	(139)
7.2.4	系统生态耦合利用的研究	(140)
7.2.5	农业资源系统耦合定量化研究	(141)
7.3	因地制宜, 推行不同模式的农业资源系统耦合	(142)
7.3.1	山区农业资源系统耦合利用模式	(143)
7.3.2	平原区农业资源系统耦合利用模式	(144)

7.3.3 沿海特色农业区农业资源系统耦合利用模式	(145)
7.4 加大政策引导力度,推动农业资源系统耦合应用	(146)
7.4.1 构建循环型大农业,为发挥耦合整体效应创造条件	(146)
7.4.2 加强统一规划,实施耦合开发	(147)
7.4.3 把握好系统耦合的发展趋势,改变系统相悖局面	(148)
7.4.4 从制度上保证农业资源系统耦合利用的推行	(149)
7.4.5 实施农业的产业化战略,带动农业资源系统耦合建设	(150)
主要参考文献	(151)
彩图	

第1章 农业系统耦合及其研究进展

1.1 农业系统耦合理论的相关概念

1.1.1 农业系统耦合和耦合系统的基本内涵

系统耦合源于物理学(万里强和李向林,2002),它是指两个或两个以上的体系或者运动形式之间,通过各种相互作用而彼此影响的现象。系统耦合一词在20世纪80年代中后期由任继周将其引入农业系统科学,1994年任继周首次在农业系统生态学的内对系统耦合的概念进行了明确的界定,即两个或两个以上性质相近似的生态系统具有相互亲和的趋势,当条件成熟时,可以结合为一个新的、高一级的结构功能体,这就是系统耦合(任继周和万长贵,1994)。系统耦合的根本原因在于系统自由能的积累,系统自由能可由如下公式表示(任继周和万长贵,1994;Katchalsky,1971):

$$F = E - TS \quad (1-1)$$

式中: F 为系统的自由能; E 为系统的总能; T 为热力学温度; S 为系统的熵。在一定的温度条件下,当能量投入较大而熵恒定时,自由能(F)增大,自由能不断积累,促使系统进入非平衡态。当自由能增加到一定限度后,就成为不稳定的势能(这种势能就是不同系统之间发生系统耦合的动力),它需要寻找新的出路,或通过信息反馈来降低系统自由能的积累,以维持系统的稳定。在自然状态下,这一过程类似于生态系统向顶级状态发展。

当条件参量适当时,促使生态系统延伸的势能可使不同生态系统实现结构与功能的重新结合,从而形成不同生态系统的汇聚,产生新的、较高一级的生态系统。它不是原生态系统量的增大,而是产生了质的新的结构功能体,这个新的结构功能体在能量的驱动下,形成了新的能量流、信息流和物质循环,它连通了两个或两个以上的生态系统,生态系统的耦合因而发生,由此而产生的这个新的、高一级的系统就称为耦合系统(林慧龙和侯扶江,2004;万里强和李向林,2002;任继周,1999;任继周和万长贵,1994)。

农业生态系统所固有的开放性及其自由能积累所导致的生态系统外延特性是农业系统耦合的根本动力。农业系统耦合可从多方面促使生态系统生产力的释放,促进生态系统的进化。根据任继周等的研究,农业系统耦合主要从以下四个方面促使农业生态系统生产力的释放,即系统耦合所产生的催化潜势、位差潜势、多稳定潜势和管理潜势(林慧龙和侯扶江,2004;万里强和李向林,2002;任继周和万长贵,1994)。

(1) 系统耦合的催化潜势

系统耦合过程如同化学反应,正、逆向过程并存。如给以催化,不但能加快反应速度,还可以使逆向循环减弱,增加系统自由能通量密度。在农业生态系统中,在系统生产的适当环节以生产资料的形式投入能量或元素(如灌溉、施肥、耕作、投入饲料等)为正向催化。以收获农产品的形式取走能量或元素(如收获植物性产品、动物性产品等)为负向催化。在系统耦合过程中,这两种相反的催化同时存在,将保持农业生态系统中物质和

能量有序而畅通地定向流动,获得较多的产品,因而其生产力的提高是显而易见的。

(2) 系统耦合的位差潜势

任何系统,其非平衡态是绝对的,平衡态是相对的、偶存的。不同系统由于自由能积累不同而产生势能位差,即位差潜势。不同系统之间,如具有耦合可能的同质性系统,系统之间的亲缘关系越远,其位差潜势也越大(任继周和胡自治,1980)。应用于生产,其系统耦合所致的增产幅度也越大。这种位差潜势,往往表现为市场价格之差,如系统 A 的产品优势(某些方面自由能廉价而大量积累)与系统 B 的价格优势(某些方面自由能积累的不足),在市场经济发展的基础上就表现出位差潜势。如美国西部放牧带与中西部的玉米带,通过易地育肥养牛业加以耦合,使生产水平提高 6~10 倍;中国东南部农耕区和西北部畜牧区,在两区交汇的边缘,从西南到东北画一条斜线,在该线的两侧,历史上曾分布着一系列“茶马市场”,如云南大理、四川西昌、甘肃临夏、陕北榆林、河北张家口等地,都曾是“淘金者”的乐园。这就是农耕系统与畜牧业系统耦合,其位差潜势得以释放的结果。宁夏平罗县宝丰清真牛羊肉屠宰批发市场位于农耕区与草原畜牧区交汇地带,在位差潜势作用下,通过市场作用生成了一个其功能远高于农耕区和畜牧区自身功能之和的耦合系统(王宁等,2000a,b,c)。

(3) 系统耦合的稳定潜势

复杂系统比简单系统总体功能更为稳定,这种稳定正是由于多种局部的不稳定成分的不断变化调节形成的。耦合系统组分复杂,虽然子系统位差潜势变化不定,但保证了系统自由能总量较为恒定,故其生产水平较为稳定。多稳定潜势是耦合系统的基本特征之一,系统耦合后所形成的新系统,由于转化阶增加,结构相应复杂,从而使震荡衰减,这无异于农业系统中的安全阀,可避免生产水平和经济效益的大幅度起落,维护生态系统高水平的平滑运转。

(4) 系统耦合的管理潜势

不同生态系统经过耦合,可把低层系统综合为高级系统,就形成了等级系统,并有了等级系统的调控特性。农业生态系统本质是人为调控下的自然-经济-社会的复合等级系统,其生产水平越高,管理所做的贡献就越大。超循环的农业耦合系统可以使生态系统管理水平大大简化,而管理强度明显增强。

1.1.2 农业系统相悖的含义

系统耦合的另一面就是系统相悖。系统相悖是指两个或两个以上系统,在进行系统耦合时,所发生的系统性的结构不完善结合和由此导致的功能不协调运行。这是系统耦合的对立面和系统耦合的障碍,也是解放系统耦合生产潜力的关键(任继周,1995)。在自然条件下,系统相悖可以通过系统的自组织过程使之和谐、协调,但在不合理的人类活动的干扰下,系统相悖往往愈演愈烈,不仅成为系统耦合、解放生产力的障碍,还可能使生态系统受损或崩溃。对于农业系统来说,系统相悖主要是指植物生产层与农业生产环境、植物生产层与动物生产层、农产品生产与农产品加工之间的不协调,以及由此而导致的农业系统整体功能的不协调现象。例如,大规模的垦草种粮、陡坡垦殖、农耕区缺乏草食动物使大量秸秆资源浪费、畜牧区过度放牧等都是农业生产中典型的系统相悖。农业

系统相悖是农业生态系统生产效益低下农业生产环境退化的主要原因。通俗地讲,系统相悖就是在不适宜的地区、不适宜的时间里,进行了不适宜的农业生产活动。

在进行系统耦合的过程中,往往伴随着系统相悖,系统相悖导致系统耦合的不完善运行。然而任何形式的系统相悖,都有可能同时孕育生产潜势和机遇。农业生产中既含有系统相悖的负面因素,也含有系统耦合的正面因素。因势利导,把握好系统耦合的大趋势,是促进农业可持续发展的必由之路。

1.2 农业系统耦合的必要性及其研究意义

1.2.1 农业系统耦合的必要性

1.2.1.1 农业资源的特性决定其开发时必须进行系统耦合

农业资源是指人们在从事农业生产或农业经济活动中可以利用的各种资源,包括农业自然资源和农业社会经济资源。农业自然资源主要指自然界存在的,可为农业生产服务的物质、能量和环境条件的总称,包括水资源、土地资源、气候资源和物种资源等。农业社会经济资源指社会、经济和科学技术因素中可以用于农业生产的各种要素,主要有人口、劳动力、科学技术和技术装备、资金、经济体制和政策以及法律法规等。农业资源有其自身的诸多特性,这些特性决定了农业资源在开发利用时进行系统耦合的必要性,主要表现在以下几个方面。

(1) 农业资源的有限性和难以替代性

农业是国民经济的基础,农业资源则是农业与农村乃至人类社会得以生存和发展的物质基础和根本保证。随着人口的增长和人们生活消费水平的提高,人类对农业资源开发利用的数量不断增加,但与此相矛盾的是,农业资源具有有限性,因为农业资源在一定地域、一定时限及一定的科技水平下其规模和总量是有限的。以我国为例,农业自然资源绝对量大,人均相对量少,特别是耕地紧张、水资源不足已成为中国农业持续发展的重要限制性因素。以接近实际的耕地面积 1.3 亿 hm^2 计,13 亿人口人均只有 0.1 hm^2 左右;人均淡水资源占有量不足 2300 m^3 ,分别为世界平均数的 $1/3$ 和 $1/4$ 。据估计,21 世纪 20~30 年代,中国的人口将达到 15 亿~16 亿,届时人均耕地占有量和人均淡水占有量可能分别下降到 0.08 hm^2 和 1800 m^3 ,较目前均减少 $1/5$ 强,中国的人口与资源的矛盾将进一步加剧(石玉林和封志明,1997)。但受农业资源有限性的限制,要靠大规模地投入新的资源,尤其是自然资源来缓解这一矛盾是不现实的。因此,只有充分挖掘农业资源的潜力,利用农业系统的系统耦合等手段,提高资源的利用率,做好农业资源的节约与保护工作,促进农业资源的可持续利用,才能满足整个国家人口和经济的不断发展对农业资源的要求。

各项农业资源对于农业生产而言往往都具有大致相同的重要性,而且难以替代。如土地资源不仅是农业生物生长发育的基地,更是生长发育所必需的水分和养料的主要来源。土地资源的数量、质量和位置都影响着农业的产出,而且在很大程度上制约着农业生产利用的方向(虽然目前某些国家和地区发展无土栽培技术,但是都只能进行很小规模的生产,不可能取代全世界大约 130 亿 hm^2 的土地资源)。气候资源的光照和热能是绿色植物进行光合作用和生命活动的基础条件。水资源也是农业生产的基础条件,只有

在适宜的水分条件下生命体才能完成如蒸腾作用、光合作用等生理和生命过程,水分同时也是生命有机体的重要组成部分。任何一种农业资源要素都很难单独对农业生产起到其应有的作用。因此,只有通过系统耦合才能将农业资源各要素有机地组合在一起,并把它们的状态和数量配比关系调控到农业生产的适宜程度,才能提高农业系统的综合生产能力。可见,在某种意义上说,农业生产力的高低取决于农业资源各要素的耦合效应——系统耦合状况的好坏。

(2) 农业资源的系统性和层次性

农业资源是农业自然资源和农业社会经济资源的总称,各项农业资源之间有着密切的相互关系,组成农业资源的各要素之间相互依存、相互联系、相互制约,形成一个有机的整体。因此,农业资源系统表现出多因素、多层次、多结构、多功能的特点。在一定的水、热、光照条件下,形成与其相适应的植被、动物和微生物群体。这些生物又反作用于水、热、光照和土壤。动物在它的生命活动过程中多方面地影响着植被,还可能间接地改良和疏松土壤。微生物(细菌、真菌等)不仅常常依附于动、植物,其在土壤中也有非常重要的作用(如根瘤菌吸收游离氮素,供豆科及其他高等植物利用,许多微生物参与有机质的分解)。任何一个农业资源系统都是由许多层次的各类子系统组成,如种植业子系统、畜牧业子系统、林业子系统、农产品加工子系统等。种植业子系统又可以再分成粮食作物种植子系统、经济作物种植子系统、油料作物种植子系统、饲料作物种植子系统等。因此,农业资源系统具有鲜明的层次性。只有在系统生态学的指导下,从资源的系统性和层次性出发,充分发挥各个子系统的功能,通过耦合形成大农业耦合系统(将植物生产、动物生产、微生物生产以及农产品加工业和涉农服务业有机协调地耦合在一起的农业系统),才能提高系统的稳定性和生产水平,实现农业资源的合理和科学开发。

(3) 农业资源的时序性和区域性

由于热量、光照、降水等农业资源具有因季节变化的时序变化规律,再加上农业生产对象的生物学特性不同,农业资源的开发具有一定的时序性。例如,我国受季风气候控制的南方地区具有春季气候温和、春雨多,夏季高温多雨,秋季高温干燥,冬季温凉湿润的时序性特征。林业经营一般要 20 年左右的时间才开始获利,果树栽培经营获利则往往需 3~5 年,而草业开发往往当年种植当年获利。农业生态系统的物质循环和能量流动也是先从第一性植物生产开始,再向植食动物、肉食动物、微生物延伸。同时,因受地带性和非地带性因素的影响,农业资源的区域性特点非常明显,而且较为复杂。农业资源的质、量、时、空及其组合特点不同,使得诸如光照、热量、水分、矿物质和农业技术等要素在区域分布与组合上有很大的差异。因此,不同地区的农业生产条件和农业资源开发利用情况有很大的差别。于是,农业系统在陆域上,也就有了所谓的农区、牧区、林区等农用地利用功能分区;在水域上,有功能差异性更大的利用功能分区,如淡水养殖区、海产养殖区等。而且在农业国际化进程加快和国际经济日益全球化的今天,农业资源在跨国界甚至全球尺度上分区和配置也越来越具有重要意义。只有在农业资源的禀赋条件基础上,因地制宜地进行优化区域农业资源配置和耦合,才能形成多时序搭配的时间结构、多区域组合的空间结构、多物种依存的物种结构的跨区域的高效农业耦合系统。

(4) 农业资源的多用性和再生性

农业资源往往具有多种功能、多种用途和多种适宜性。例如,森林既可以提供木材

和林副产品,又可以净化大气、涵养水源、保持水土、防风固沙、调节气候,也可以发展生态旅游(疗养和观赏等)。显而易见,许多农业资源在本质上是可再生(可更新)的,但这种可再生性(可更新性)不是必然的、绝对的和无条件的。如果合理利用农业资源,就会使大多数农业资源得到不断更新,只是它们各自的循环再生(更新)途径和循环再生(更新)速度不同而已,如气候资源的季节变化,水资源的循环,土壤肥力的恢复和提高,生物体的不断繁殖与死亡、分解等。但是,如果不合理利用农业资源,使之遭到严重破坏,就很难在短时间内恢复更新,甚至不可再生(不可更新),如农田变为沙漠、生物种类的灭绝等。然而在历史上“以粮为纲”和“重用轻养”的开发模式的长期影响下,已经造成农业资源一定的浪费和破坏。目前,切实可行的做法是按照循环再生原理,通过系统耦合,合理地组合和安排好各项农业资源的用途,形成合理的空间结构、时间结构和生态位结构,实现资源的多级循环和可持续利用。

1.2.1.2 农业生产的特性决定农业系统耦合建设的必要性

农业生产是人类社会最古老的社会经济活动,包括作物栽培、树木种植、畜禽饲养、水产养殖、食用菌培养、农产品加工、涉农服务等。它是人们有意识地利用生物特有的生长机能和农产品的特性,把自然界的物质和能量转化为人类所需要的食物和其他物质与非物质资料、经济产品的生产劳动,并有着区别于其他生产劳动的特点。这些特点也决定了农业耦合系统建设或者说农业系统进行耦合的必要性,主要表现在以下几个方面。

(1) 农业生产自然再生产过程与经济再生产过程的交织

农业生产自然再生产过程与经济再生产过程的交织是马克思早已阐明的农业生产的最主要的特征。农业是以有生命的生物为主要的劳动对象,利用生物有机体生长发育过程进行主要的生产劳动。而生物有机体的整个生命过程中,从生长发育、繁殖到死亡,自始至终都有自然力的参与(周立三,2000),受自然界生命活动规律的控制。例如,种植业和林业的生产过程是绿色植物从环境中获得二氧化碳、水和矿物质,通过光合作用将它们转化为有机物质供自身生长、繁殖。畜牧业和渔业的生产过程是家畜和鱼类以植物(或者少量动物)产品为食物,通过消化合成作用转化为自身所需的物质以维持自身的生长、繁殖,这一过程也是将植物性产品转化为动物性产品的过程。动植物的残体和排泄物可以为微生物提供养料来源,并将有机质分解后重新加入动、植物再生产的循环过程,这个过程也是动、植物性产品转化为微生物性产品的过程。即使发展到现代化农业的今天,农业生产仍受到自然条件的巨大影响,不仅对特大的洪涝、干旱、风灾、雪灾等无法抵御,而且对某些自然因素的影响(如光照条件、积温条件)依然敏感。因此,农业生产与其他生产活动相比,更严格遵循自然界生命活动的规律,对自然环境也具有更强烈的依赖性。

与此同时,与其他生产活动一样,农业生产也是一种经济再生产过程。农业生产者在特定的农业生产活动中结成一定的生产关系,并通过农业生产获得自己所需要的农产品。这些农产品可以供生产者自己消费,也可以作为生产资料投入下一个农业生产过程,还可以通过交换获取其所需的其他消费和生产资料。农业生产者利用自己生产的农产品以及通过交换获得的其他生活和生产资料,不仅可以维持自身的生存,还可以不断进入下一个生产过程,保证农业生产周而复始地继续下去。通过人的有效劳动,合理配

置与布局、推广科学技术、改良品种、增肥改土、改进经营和管理调控方式、提高资源的利用率等,并辅以经济、行政和政策等措施,才能达到高产、优质的目标。

综上所述,单纯的自然再生产过程只是生物有机体与自然环境之间的物质与能量的交换过程(生态循环过程)。当人类有意识地劳动,并通过劳动改变动、植物生长发育的过程和条件,以获得自己所需的食物和其他物质与非物质资料时就成为农业生产。因此,只有将农业生产的自然再生产条件和经济再生产条件进行有机综合考虑,尤其是通过加强生态耦合,将农业生产各自然再生产过程有机地组合在一起,使农业系统形成合理的空间结构、时间结构和生态位结构,实现资源的多级循环和可持续利用,并通过农业耦合系统的建设,才能将农业生产各生物生产层联系在一起,而且将农产品加工业和涉农服务业也一并有机地耦合在一起,使得各个农业生产部门相互结合、相互促进,在相互间形成比较稳定的物质供应、服务和配比关系,从而形成能够实现农业综合发展的均衡协调的农业产业化体系。这样可以保证对农业生产过程的调控既符合生物生长发育的自然规律,也符合社会经济再生产的客观规律,从而在总体上增强农业抵抗风险的能力,获得较高的综合效益。

(2) 农业生产具有明显的地域性

地域性首先表现为农业生产的对象——农业生物与自然环境的统一性(周立三, 2000)。根据达尔文自然选择学说,生物只有适应环境才能生存,也就是说,自然界中的每种生物对环境都有一定的适应性。各种作物、林果、家畜、食用菌等生物都具有各不相同的生物学特性和适生环境,即使是同一类生物也因其不同的品种具有不同的形态特征和生态适应性。有的耐阴,有的向阳;有的喜暖湿,有的耐温凉;有的早熟,有的晚熟;有的体大,有的个小;有的是陆地生物,有的是水生生物,有的是水陆两栖;有的在空气中飞行(蜜蜂、飞禽等),有的在陆地爬行等。

同时,由于不同地区的气候、土壤、水等自然资源和农业生产技术水平、农民种植喜好、经济基础等不同,其农业生产利用方式也有所不同,从而出现农业生产地域分工(territorial division of agriculture)。农业生产地域分工是按照充分、合理、有效地利用地区有利条件,充分满足国家和地方需要的要求,实行农业生产在地域上的合理分工,来获得以最小的社会支出取得最大的经济效益。农业生产地域分工的高度发展就形成了农业生产区域化与专业化。例如,我国北方的耕作方式以旱作为主,粮食作物以小麦和杂粮为主。南方以水作为主,粮食作物以水稻为主,而且种植制度的变化从北部的一年一熟变为华南的一年三熟。东部季风气候区,人口密度和劳动力数量大,文化教育普及程度和科学技术发展水平较高,是传统的农区。西部大陆性气候区人口密度小和劳动力数量少,文化教育普及程度和科学技术发展水平较低,是传统的牧区。福建省境内的农业生产地域分工也非常明显,它形成5个特色农业专门生产区:粮食为主生产区(鹭峰山-戴云山以西的粮食为主生产区和西部武夷山单-双季稻生产区)、水果为主生产区(闽东南南亚热带水果生产区和闽西北中亚热带水果生产区)、茶叶生产区(以安溪为中心的闽南乌龙茶生产区、以福安为中心的闽东绿茶生产区和闽北乌龙茶生产区)、牧草生产区(闽东南低丘果-牧-草生产区和内地牧草区)以及闽西南丘陵烤烟生产区(章家恩和饶卫民, 2004)。这孕育着空间耦合的潜势。