

联合国开发计划署
中国国际经济技术交流中心

可持续农业生产系统的 理论与实践

● 主 编 樊江文 张丽梅
● 副主编 霍桂林 孙同全

中国农业科技出版社

项目组及《可持续农业生产系统的 理论与实践》编委会

主	任	田雪梅	明亚林		
成	员	洪建军	张丽梅	樊江文	霍桂林
		孙同全	王静慧	郝金莲	李景坤
		韩玉兰	马平	金花	王彦飞
		阚守清	张爱国	于贵瑞	张忠学
		王秋凤	钟华平	周海林	

项目援助机构 联合国开发计划署

项目执行机构 中国国际经济技术交流中心

项目实施机构 内蒙古赤峰市妇女联合会

项目参加单位 中国科学院地理科学与资源研究所
内蒙古赤峰市女科技工作者协会

主	编	樊江文	张丽梅		
副	主	编	霍桂林	孙同全	
编写人员		樊江文	张丽梅	霍桂林	孙同全
		王静慧	郝金莲	王秋凤	张忠学
		于贵瑞	钟华平	周海林	

序

自从进入 20 世纪 50 年代以来,随着人口激增和技术发展所带来的负面效应,农业生产的压力日趋严重。这突出地表现在农业能耗过多而效益逐年下降、成本提高,并加剧了能源危机;水资源紧缺、植被破坏和土地生产力下降;农田化学品的超量使用,造成环境污染,危及人类健康和安全等诸多方面。农业生产中出现的这一系列问题促使人们不得不对高投入、高产出这种常规的现代石油农业模式所带来的弊端进行深入的反思,进而探讨在绿色革命后,何种农业生产方式才能使农民在收入不断增长、农业生产力水平不断提高的同时减少农业生产对环境的负面影响,使自然资源的开发水平限定在生态环境可以接受的程度,达到人口、资源、环境与经济的协调发展。

最近几十年许多国家都在探索未来农业的发展方向和道路,提出了诸如有机农业、生态农业、自然农业、生物农业、再生农业、物质循环农业等农业发展的新思路,特别是在 80 年代提出了可持续农业 (Sustainable Agriculture, SA) 的概念,使世界农业的发展进入了一个新的历史时期。

1991 年联合国粮农组织在荷兰召开了农业与环境会议,通过了具有历史意义的“登博斯宣言 (Den Bosch Declaration)”及其行动纲领,进一步提出了可持续农业与农村发展 (Sustainable Agriculture & Rural Development, SARD) 的新概念,即采取某种维护自然资源基础的方式,并实行技术变革和体制改革,以确保当代人类及其后代对农产品的需求不断得到满足。这种可持续的发展能维护土地、水和动植物的遗传资源,环境不会退化、技术上应用适当、经济上可行、社会能够接受。按照美国农业部的定义,可持续农业是一种食品和纤维品的生产系统,它可以提高自然与生物资源潜在的生产能力以满足需求。同时,它应使农民挣得合理的利润,为消费者提供卫生、安全的食品,并且对环境的影响达到最小。它的内容主要包括:更充分地利用自然过程,如营养循环、固氮和有益天敌等关系融于农业生产过程;减少那些最可能影响环境或危害农民及消费者健康的农场以外的资源投入;更有效地利用植物和动物的生物基因潜力;使种植模式与生产潜力及农业土地数量的物质极限相匹配;强调通过改进农业管理,达到农林牧业的结合以及水、能源和生物资源的结合,并在保持水土的基础上,使农业生产更有效率和效益。可以看出,可持续农业不仅仅是一种思想,而且是人类为努力达到农业生产与自然和谐的一种技术对策。

目前,可持续农业的理论和方法已被世界各地的公众所广泛接受和认同。从总体上看,它的发展趋势是,注重农业生产的能量转化效率,建立节能型的农业生产体系,并逐步从低投入可持续农业 (LISA) 向高效可持续农业 (HESA) 方向发展;以产品质量和生态保护为主要目标,尽可能的保持农业生产的自然属性;建立新的技术体系,强调传统农业技术精华与现代科技的有机结合。

我国的传统农业很多带有可持续性的思想和特征。特别是最近十几年，在国际大趋势的影响下，我国的生态学和农学工作者在总结过去经验的基础上，以生态经济学原理为指导，结合中国实际，提出了诸如生态农业（Ecological Agriculture）、复合农业（Compound Agriculture）等新农业概念，初步形成了具中国特色的可持续农业理论体系，并创造了多种成功的模式。我国政府批准的《中国 21 世纪议程》已明确规定可持续农业将是我国今后农业发展的方向，并在农业发展纲要中明确地提出要在实践中贯彻和执行，这标志着我国对可持续农业的研究和应用将不断向更高层次、更高水平发展。

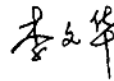
我高兴地看到，中国科学院地理科学与资源研究所和内蒙古赤峰市女科技工作者协会的科研人员在参与承担联合国开发计划署（UNDP）援助、中国国际经济技术交流中心和内蒙古赤峰市妇联负责实施的“内蒙古扶贫与妇女参与发展”项目“家庭可持续农业生产系统模式研究和示范”子项目的过程中，对贫困和生态环境退化地区农业可持续发展的原理和实践问题进行了研究和探索，并取得了许多有益的成果和经验。

在我国许多地区，生态环境破坏和掠夺性的经营是造成农民贫困的重要原因。因此，改善农户的生态环境，建立可持续的、能良性循环的农业生产系统，是促进农户从根本上彻底摆脱贫困的唯一出路。显然，这种把扶贫和可持续农业生产结合起来的尝试是十分有意义的，在此过程中创造的经验 and 模式又使得我国生态农业的理论得到验证、充实和进一步丰富。

本书是该项目成果的系统总结。它包括可持续农业生产系统的理论研究和应用研究两部分，对可持续农业生产系统的概念、系统分析方法和设计方法、配套技术体系、评价方法以及在赤峰地区的应用案例等都进行了较全面地论述和介绍，是一本具较高参考价值的好书。

我衷心希望本书能对促进有关地区乃至全国的可持续农业研究起到一定的推动作用，并预祝本书的编写者今后取得更好更丰硕的成果。

中国工程院院士
国际欧亚科学院院士
中国生态学会理事长



前 言

持续发展是人类发展进程中所面临的巨大挑战,保持农业的可持续生产是目前各国政府和科技工作者正在努力探索和解决的重大课题。

为了探索解决贫困和生态退化地区的扶贫、妇女发展和农业的可持续生产问题,从1997年开始,中国国际经济技术交流中心和内蒙古赤峰市妇女联合会承担实施了由联合国开发计划署(UNDP)援助的“内蒙古扶贫与妇女参与发展”项目,并在中国科学院地理科学与资源研究所和内蒙古赤峰市女科技工作者协会有关专家的参与下,开展了“家庭可持续农业生产系统模式研究和示范”子项目的实施工作,其目的是在扶贫和提高妇女素质的基础上,根据当地农牧业生产、自然资源和生态环境严重破坏的实际情况,研究探索出一套适于农牧户家庭采用的、能合理利用自然资源、能保持生态系统良性循环、并使其经济收入不断增长的可持续农业生产系统模式及其技术措施,以便为该地区及类似地区的农业生产提供一些有益的经验。

通过几年的努力,该子项目取得了较明显的生态、经济和社会效益,积累了许多理论研究和实施操作方面的经验和体会。本书就是对这些成果的综合反映,我们希望能起到抛砖引玉的作用。

本书分上下两部分。第一部分即前5章,是可持续农业生产系统的理论研究和对有关技术人员及农户进行培训的内容,主要包括可持续农业生产系统概论、可持续农业生产系统分析与诊断、可持续农业生产系统的优化设计、可持续农业生产系统的配套技术及可持续农业生产系统的评价等;第二部分由后4章组成,是我们在赤峰地区进行可持续农业生产系统模式研究和示范的经验总结,主要包括农牧过渡带典型地区可持续农业系统应用分析、农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统模式研究、农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统配套技术体系的集成和农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统模式实施的管理经验等内容。本书的第一章由王秋风、于贵瑞编写;第二章和第三章由张忠学、于贵瑞编写;第四章由钟华平编写;第五章由周海林编写;第六章由张丽梅、郝金莲编写;第七章由樊江文编写;第八章由霍桂林编写;第九章由孙同全、王静慧编写。樊江文、张丽梅等负责完成全书的总体构思、组织编写和统稿工作。

在项目实施和本书的编写过程中,联合国开发计划署、中国国际经济技术交流中心、内蒙古赤峰市妇女联合会、中国科学院地理科学与资源研究所、内蒙古赤峰市女科技工作者协会和项目区各级政府等单位给予了大力支持和具体指导。此外,联合国开发计划署的田中敏裕先生、郭瑞香女士、葛友俐女士、何进先生和中国国际经济技术交流中心的王静、高晓虹、田缘诗、孙宁、张丽、杜长林等同志在项目管理等方面;内蒙古赤峰市妇女联合会的刘枫桐、王丽、白希良、武海燕、范宝田等同志在具体业务等方面;内蒙古赤峰市巴林右旗的

左秀云、刘彩云，敖汉旗的刘亚琴和宁城县的陈玉芝、李秀芬等同志在组织落实等方面；内蒙古赤峰市女科技工作者协会的张晶莹、翟兆屯等同志在项目设计和实施等方面；中国科学院地理科学与资源研究所的梁颢、裴晓菲、王淑强等同志在提供资料等方面都作出了重要贡献，对此我们表示衷心的感谢。

我们还要特别感谢李文华院士在百忙之中为本书作了序，并为项目和本书的编写提出了许多宝贵的指导性意见。

由于时间关系，加之我们的水平有限，项目实施及本书编写工作肯定存在不少的缺点和错误，在此求教于同行，以便今后我们能加以改正和充实。

编者

2000年12月

目 录

上篇 可持续农业生产系统的基本原理

第一章 可持续农业生产系统概论	(3)
第一节 可持续农业生产系统的概念和内容	(3)
第二节 可持续农业生产系统的结构、功能与支持系统	(7)
第三节 可持续农业生产系统的基本原理	(15)
第四节 可持续农业生产系统的模式	(25)
第二章 可持续农业生产系统分析与诊断	(30)
第一节 系统分析与诊断概述	(30)
第二节 系统分析与诊断的资料收集和统计	(32)
第三节 农业资源状况评价	(37)
第四节 系统因子关系分析与诊断方法	(40)
第五节 可持续农业生产系统预测	(47)
第三章 可持续农业生产系统的优化设计	(51)
第一节 可持续农业生产系统优化设计的特点与设计原则	(51)
第二节 可持续农业生产系统优化设计的内容	(54)
第三节 可持续农业生产系统优化设计的基本程序	(55)
第四节 可持续农业生产系统优化设计的主要方法	(56)
第四章 可持续农业生产系统的配套技术	(70)
第一节 可持续农业生产系统的主要技术类型	(70)
第二节 可持续农业生产系统的主要实用技术	(88)
第三节 可持续农业生产系统的技术应用和装配	(106)
第五章 可持续农业生产系统的评价	(111)
第一节 可持续性的概念及其指标(体系)的确立	(111)
第二节 农业生产系统可持续性特征及评价指标体系建立的一般原则	(123)
第三节 可持续农业生产系统指标体系一般框架的建立及评价方法	(131)

下篇 可持续农业生产系统模式的研究与实践

第六章 农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统应用分析	(141)
第一节 农牧过渡带典型地区环境识别	(142)

第二节	农牧过渡带典型地区农业生产系统现状分析·····	(148)
第三节	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统应用诊断·····	(157)
第七章	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统研究·····	(161)
第一节	农牧过渡带典型地区农牧结合的生产结构优化调整·····	(161)
第二节	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统优化模式研究·····	(171)
第三节	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统模式的实施·····	(184)
第八章	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统配套技术体系的集成·····	(196)
第一节	现有技术体系概况·····	(196)
第二节	可持续农业生产系统模式技术体系的集成·····	(198)
第九章	农牧过渡带典型地区可持续农业生产系统模式设计和实施的管理经验·····	(214)
第一节	设计和实施需考虑的政策问题·····	(214)
第二节	设计和实施需考虑的技术和管理问题·····	(216)

上篇 可持续农业生产系统的基本原理

第一章 可持续农业生产系统概论

农业是国民经济的基础，农业的发展从根本上制约着工业和其他产业的发展。20 世纪 70 年代以来，以欧美为代表的发达国家的“石油农业”遇到了诸如资源危机、环境污染等一系列问题，发展中国家的“绿色革命”虽然使农业生产有了较大的发展，在解决贫困地区的粮食问题上起到了很大的作用，但是，由此所带来的资源消耗的不断增长、地区间发展的不平衡等已使得一些地区的农业持续发展受到了严重威胁。在人口日益增加和粮食短缺的压力下，农业的持续发展逐渐成为农业生产所追求的目标和趋势，成为农业科学研究的新热点。1991 年联合国在荷兰召开会议首次正式提出“可持续农业”的概念。可持续农业的根本宗旨是正确处理农业发展与资源、环境、社会的关系，特别是人与自然的关系。当前，各国政府、国际机构、研究部门和非政府组织都在以农业可持续发展为目标调整农村发展的政策、科学研究方向及组织形式。

第一节 可持续农业生产系统的概念和内容

农业生产是人们通过有意识的活动来获取农产品的生产事业。一定区域农业生产的总体构成了该地区特定的农业生产系统。农业生产系统是由人们长期对自然改造、适应所建立的，它既包含人为创造或改造的部分，也包含自然形成物的集合。同时，农业生产系统又是社会、经济系统的重要组成部分。此外，人们要合理组织农业生产，还必须采用相应的农业技术体系对其施加控制管理。因此，农业生产系统是一个人为控制的生态—经济—社会复合大系统，具有开放性和行为的目的性。

一、系统的概念和分类

（一）系统的概念

系统科学认为，系统是事物存在的普遍形式，如一个生物体是一个系统、一个企业是一个系统、一个社会组织也是一个系统。系统的概念由来已久，但直到 1911 年才被 F.M.Taylor 引用到科学领域，并被赋予特殊涵义。目前，系统已被广泛应用于各个领域，但由于人们对系统的认识和研究范围的不同，对系统的定义也有所差异。一般来讲，不同的系统定义是对某个研究领域客体特征的体现。下面是两个比较有代表性的系统概念。

系统论的创始人奥地利理论生物学家 L.V. 贝塔朗菲 (L.V.Bertalanffy) 对系统的定义是：“相互联系的诸要素的综合体。它的任务是推导和形成那些能普遍适用于系统的一般原理。”钱学森 (1983) 给出了系统更为完整的定义为：“由相互作用和相互依赖的若干组成部

分结合而成的具有特定功能的有机整体。”也就是说，系统必须由两个或两个以上的、相互之间存在某种联系、并以整体方式共同完成一定功能的组分构成。

（二）系统的分类

1. 按系统的形态分类

（1）自然系统与人工系统 自然系统是指山川、河流、动植物等自然物的集合，是自然发生与形成的系统。人工系统是人为满足某种需要、实现某种目的而用人工方法建立起来的物体，如机械、工厂等的集合。

（2）实体系统与概念系统 以实体的、物理方面的客观存在物所构成的系统称为实体系统，如宇宙系统、人-机系统等。与此相反，以概念、原理、制度等非物理方面的存在物所构成的系统称为概念系统，如科学技术体系、法律系统、标准系统等。

2. 按系统的性质分类

（1）静态系统与动态系统 静态系统是指表征系统状态的变量不随时间的变化而变化。动态系统则相反。

（2）控制系统与行为系统 控制系统是为了控制对象系统而组成的各种装置的集合。行为系统则把为达到目的的行为也作为系统组成部分，如人类系统、社会系统、经济系统都可以看作行为系统。

3. 按数学模型性质分类

（1）定常系统与时变系统 定常系统是指系统模型的参数不随时间的变化而变化，而时变系统的模型参数是时间的函数。

（2）连续系统与离散系统 连续系统的状态变量可以在连续空间内取值，而离散系统的状态变量在取值区间内是间断的。

（3）确定系统和随机系统 确定系统是指系统对每个输入的信息将产生一种可以预测的效应，且对同样的输入其效应是一致的，而随机系统对于规定的输入其效应是不可重复的，即不可能期望对同样的输入得到同样的效应。

（4）线性系统与非线性系统 线性系统是指描述系统的状态方程都是线性函数，而非线性系统的状态方程中有一个以上的非线性方程。

4. 按系统的复杂性分类

（1）简单系统 仅包含相对少量的要素和相互作用关系，或仅包含相对少量的参数和变量的系统。

（2）复杂系统 包括大量要素，其中绝大部分参数和变量是可以度量的系统。

（3）大系统 是高阶系统和中介系统的集合。它通常是规模庞大、子系统众多、组成要素复杂、影响广泛、伴随有各种不确定因素（特别是人为的因素）和对立因素的交叉、渗透、影响，具有复杂的结构和功能的系统。

5. 按系统和环境之间的关系分类

（1）孤立系统 与外界没有物质交换、能量交换的系统。自然界中不存在真正的孤立系统，但有时可将外界对所研究问题影响很小或可忽略不计的系统近似地看成孤立系统。

（2）封闭系统 与外界只有能量交换，没有物质交换的系统。

（3）开放系统 与外界不仅有物质交换，而且还有能量交换的系统。

二、可持续农业的概念

20 世纪前、中期, 农业的工业化取得了突飞猛进的成就。随后它便露出一系列人们始料未及的副作用, 严重限制了农业的持久发展。为了解决常规现代化农业带来的种种问题, 发达国家针对其自身农产品相对过剩的状况, 提出了自然农业、有机农业、生态农业等概念, 但因众多原因而难以实际运行。1985 年美国加利福尼亚州会议通过“持续农业研究教育法”, 并成立了“持续农业研究所”, 揭开了持续农业研究的序幕。此后, 得到全世界许多国家的响应。农业的可持续发展作为解决环境与发展的唯一出路已经成为当前农业科学界的共识。1987 年, 联合国环境与发展世界委员会 (WCED) 在《我们共同的未来》(Our Common Future) 中正式提出可持续发展的概念。1992 年联合国环境与发展大会通过《21 世纪议程——可持续发展》。这表明, 人类已把实现“持续发展”作为共同追求的美好目标列入日程。

可持续发展是指地球上人类社会的一切发展事业既要满足当代人的需求, 又尽可能小地破坏环境和过度消耗自然资源, 以保证对后代人的需要供给不构成危害的发展道路。可持续发展的内涵可以归结为经济持续、生态持续和社会持续三个方面, 即以自然资源的可持续利用和保持良好的生态环境为基础, 以经济可持续发展为前提, 以谋求社会的全面进步为目标。它既强调经济和社会发展, 又强调保护自然资源和环境, 是经济问题、社会问题、生态问题三者互相影响的综合体。但值得注意的是, 可持续发展是从宏观的角度来对待和解决环境与发展问题, 强调各社会经济因素与生态环境间的联系和协调, 寻求人口、经济、资源、环境之间的协调发展。

农业是国民经济的基础, 农业生产的持续发展是全社会持续发展的前提。1991 年 4 月, 联合国粮农组织 (FAO) 提出了可持续农业的概念, 并把可持续农业定义为: 重视农业与环境的联系, 通过管理和保护自然环境资源, 并调整技术和机构改革方向, 以确保获得并持续满足目前几代人和今后世代代人类的需要。

三、可持续农业生产系统概念的提出

(一) 现代农业生产所面临的主要问题

1. 发达国家农业生产面临的主要问题

17 世纪英国工业革命之后, 工业原料的需求和人口数量的不断增加, 使传统农业面临着极大的挑战。二战以后, 除一些被证明行之有效的技术进一步物化并转入工业化生产外, 农业科技的不断创新, 加上当时国际市场廉价的能源, 到 20 世纪 70 年代, 发达国家以物化科技为中心的农业现代化已达到相当高的水平。以美国为例, 20 世纪的前 70 年, 玉米单产提高了 4 倍。然而, 这种产量的提高是建立在消耗大量的化石能基础上的, 因此是高投入的。同时, 由于一味追求高利润而采用连年种植单一作物, 结果造成病虫害加重和种类增多、土壤中养分失去平衡、化肥和农药用量增加、水土流失、政府补贴加大、农产品价格升高、环境污染等诸多问题, 给社会、环境、经济的发展带来严重的影响。

2. 发展中国家农业生产面临的主要问题

20 世纪 60 年代初, 国际水稻研究所和国际小麦玉米改良中心相继成立, 随其育成的半矮秆水稻和小麦在世界范围内的推广, 引发了农业的一次重大变革——绿色革命。绿色革命

的核心同发达国家的农业现代化一样，仍是依靠大量增加水、肥、农药等物质和能量的投入。发展中国家实施绿色革命初期，粮食产量有了大幅度的提高，基本实现了粮食的自给自足。印度是实施绿色革命的发展中国家之一，它从1966年开始实施绿色革命，经过15年的时间，到80年代初基本实现了粮食低水平自给。然而，实践证明，绿色革命也存在负面作用，首先是其只适用于少数肥水条件较好的地区，造成地区间贫富差距加大。其次，由于新增的利润都被消耗在其他环节上，农民并未因粮食产量的增加而获得更高的收入。为此，印度政府不得不增加财政补贴，用于补偿因化肥、农药、农机、灌溉等增加的开支。第三，因滥垦土地、砍伐森林、大量使用农药等造成了土地沙化、水位下降、环境污染等一系列环境问题。

3. 我国农业生产面临的主要问题

20世纪60年代末，我国已开始采用以消耗大量化石能为特征的“石油农业”。由于产量的不断增加，我们取得了用占全球不到8%的耕地，养活了占全球22%的人口的世界奇迹。进入70年代后，我国农业出现了化肥使用量激增和机械化、半机械化舍饲畜牧业迅猛发展等前所未有的变化，人们的生活得到了明显改善。在取得上述成绩的同时，我们也付出了惨痛的代价。如1981年四川发生的大水灾，在很大程度上是由于长江上游森林的乱砍滥伐造成的；由于长期大剂量使用各种剧毒农药以及连作等原因造成天敌丧失、棉铃虫抗药性倍增，90年以来棉铃虫大发生，华北地区棉花总产、单产降低30%以上；由于过度抽取地下水（尤其是深层地下水）用于农业等目的，河北省沧州、衡水、京、津等地连成面积达1.5万~2万平方公里的地下水位漏斗区，地下水位每年平均下降1.5米；由于黄河上游及中游不断增加引黄灌溉和灌溉时大量浪费，能源及工矿业大发展，加上近几十年干旱频繁，黄河已连续发生十几次断流，而且断流持续的时间越来越长，间隔时间越来越短。

我国是个农业大国，也是一个人口大国，人口、资源和环境的矛盾已成为农业生产发展的一个突出问题。目前，我国农业生产发展面临的主要问题是：

(1) 农村用地资源占有量低，且呈下降趋势 按照我国资源条件，合理的人口承载量应该是9.5亿。1992年我国人口普查的数字是11.6亿，而且我国人口仍以每年1500万的速度在增加，而由于城市化的发展与工业化的加快，耕地正以每年40万公顷的速度在减少。据统计，我国实际人均耕地相当于世界平均水平的1/3，森林覆盖率13.9%，人均林地面积0.12公顷，只有世界平均水平的1/2。

(2) 农用资源质量下降，农业生产力受损 当前我国农业用地由于长期耗竭性利用，土地肥力下降，耕地沙化面积扩大，水土流失加剧，质量退化严重。现在我国沙化土地在华北、西北内陆、东北、华南及沿海地区都有分布。受沙化危害的农田达400多万公顷，草场467万公顷。目前，沙化土地仍以每年1.6万公顷的速度在扩展。我国沙漠化虽有自然风力的原因，但主要是人为因素的影响。据资料表明，沙漠化的原因，过度开垦占25.4%，过度放牧占28.3%，过度开采占31.8%，自然风力作用仅占5.5%。

(3) 农业用水资源匮乏 由于工业用水与城市生活用水数量上升，加剧了农业用水的难度。现在我国农业用水年匮乏量达3000亿立方米以上。

(4) 农业中对资源的浪费与破坏现象严重 在对农田耕作过程中不注重投入，乱垦、滥伐使土地肥力下降，致使农业产量受影响，农业生态环境严重破坏。同时，我国农业资源利用率低，也造成资源的浪费，如我国的光能利用率仅为发达国家的60%，养殖业的报酬率

仅为发达国家的 2/3。

(5) 不注意农业生态环境保护, 污染日益加深 农业对自然环境的依赖性决定了其对环境污染的反应程度, 农业对自然环境依赖性大, 其对环境污染的反应程度也大。近年来, 环境污染已给我国农业带来巨大的损失。此外, 在农业生产中由于生产者的生态意识薄弱, 长期大量使用化肥和有毒高残留农药, 也严重破坏了农业生态环境。

(6) 农业科技落后 我国农业科技整体水平比较低, 表现在农业科技投入不足、科技贡献率低、农业劳动者素质低等方面。

由上可知, 人们以往的环保观念差和粗放生产经营模式, 造成了生产中资源的过度开发利用和环境污染, 破坏了生态环境, 使我国农业生产的可持续性遭到破坏。

(二) 可持续农业生产系统概念的提出

农业生产的根本任务是为人类提供生活资料, 而人类对这些物质和能量的需求是持久的, 且这种需求随人口的增长呈增加趋势。这就要求农业生产系统本身要具有持续性, 能够源源不断地供给并相应地增加生活资料的生产量。但是, 由于现代化农业片面追求农业生产的高效率和高效益, 使得农业资源和农业生态环境遭到越来越严重的破坏, 极大地限制了农业生产的持续发展。在这种形势下, 可持续农业生产系统概念应运而生。

目前, 对可持续农业生产系统尚未有明确的定义。一般认为, 农业生产可持续发展是指农业生产能够长久地维持较高的农产品产出水平。它需要建立在生态可持续发展的基础上。因此, 可持续农业生产系统可以看作是人们在环境与经济协调发展思想指导下, 按照生态学原理和生态经济学原理, 运用系统工程的方法, 将现代科学技术与传统农业技术相结合, 通过管理、保护和合理利用土地、水、植物和动物等资源, 并按人类社会需求进行物质生产的有机整体。

农业生产系统中包括农业、林业、渔业、畜牧业、加工业等多个子系统, 是一个庞大而复杂的开放性大系统, 物质、能量和养分循环始终贯穿于生产者、消费者和分解者之间。调整好各子系统的结构关系, 确保物质、能量和养分在各子系统间的良性循环, 是实施可持续农业生产系统管理的重要途径。

第二节 可持续农业生产系统的结构、功能与支持系统

系统的结构与功能是密不可分的两个范畴, 是系统具有的两个普遍属性。系统的结构是指系统内部各元素的关系及作用, 是系统的内部规定性。系统的功能说明了系统与环境的关系及作用, 是系统的外部规定性。然而, 结构是相对稳定的, 功能是系统与环境相互作用过程中表现出来的, 是系统内部固有能力的外部体现, 归根结底是由系统结构决定的。因此, 系统功能的发挥, 既由系统结构决定, 又受环境条件的制约, 这说明了功能对结构的绝对依赖和相对独立的双重关系。

一、农业生产系统的结构、功能和性质

(一) 农业生产系统的结构

农业生产系统的结构由三个方面决定: 首先是构成系统的要素; 其次是要素在系统空间的位置和时间尺度上的状态; 最后是要素间的联系方式和相互作用关系。只有三个方面完全

相同的两个系统才是结构完全一样的系统。

1. 农业生产系统的组织结构

农业生产系统的组织结构是指构成农业生产系统的要素通过农业管理实践而组织起来的空间框架和思维体系,以及这些要素在功能上的关联。它由人文系统和生态系统两个一级子系统构成。人文系统又由农业经济系统、农村社会系统、农业技术系统和人口系统组成。生态系统又由环境系统、资源系统组成。人文系统中的行为主体包括政府、市场、农民合作组织和农户。环境、资源系统是社会经济系统的生存空间即系统环境。

(1) 人口系统 人类的食品需求都是通过农业生产供给的,人口的不断增长将造成农业生产系统中人—地、人—环境、人—资源的矛盾激化,从而要求在现有的资源环境下提供更多的农业产品。但农业产品主要是由农村劳力生产提供,因此,当我们研究人口系统对农业生产系统的影响时,主要指农村人口。

(2) 农业生态环境系统 农业生态环境系统主要由3个层次组成,分别是农田生态系统、地域生态系统和流域生态系统。

(3) 农业经济系统和社会系统 农户、组织、政府及市场是农业经济系统的主体,同时又是社会系统的主体。现实运行中,社会系统和经济系统是难以分割的。教育水平、公民素质、福利水平、技术普及、组织方式、行为规范、民俗都通过经济系统最终作用于环境系统。

(4) 农业技术系统 农业技术的实质是农业经营者对农业生产系统实施直接调控的手段。各种农业技术受自然条件和社会条件的制约,而且各项农业技术都不是孤立存在的,它们相互依存,构成了农业技术体系。

2. 农业生产系统的物种结构和环境结构

物种结构是指农业生产系统中由不同物种、类型、品种以及它们之间不同的量比关系所构成的系统结构。例如,平原地区的稻麦系统,丘陵地区的棉麦系统。在不同区域,农业生产系统由不同比例的各种地貌类型构成,山、水、田面积的差异很大,相应地生物种类及其数量关系也不同。人们可以通过某种方式改变系统的环境结构,而且也可以通过引种和选种等育种手段调整农业的物种结构。

3. 农业生产系统的空间结构

空间结构是指生物各个种群在空间上的不同配置。空间结构可分成水平结构和垂直结构。水平结构是因地理位置原因而使环境要素形成纬向或经向的水平渐变结构或由社会原因所形成的同心圆式水平结构。农业生物要素随着环境要素的地理空间变化也形成相应的条带状或同心圆的水平分布。同时,其他非地带性因子的作用还会使生物形成镶嵌分布。这些作用的结果最终使生物个体间形成规则的、随机的、成丛的各种水平结构格局。垂直结构又称为立体结构。环境因子可因海拔高度、土层和水层深度等变化形成垂直渐变结构,在不同的垂直环境中有不同的生物类型或数量。在生物群落内,不同的物种可配置在不同形式的立体结构中。

4. 农业生产系统的时间结构

所谓时间结构是指在生态区域内各个种群的生长发育和生物量积累与当地资源协调吻合状况。不同地区,供应生物需要的自然资源大多数是随时间变化而变化的,如何从时间上合理搭配各种自然资源,使自然资源得到充分合理利用,以达到提高系统生产力的目的,同

时,使从外界投入的物质能量与作物生长发育的需要紧密配合、防止外界物质和能量投入量的过多或过少等等,都是表征时间结构的指标。

5. 农业生产系统的食物链结构

食物链结构是指系统中生物与生物之间,生产者、消费者和分解者之间以食物营养为纽带所形成的食物链和食物网,它是构成物质循环和能量转化的主要途径。系统中的许多食物链结构是生物在长期演化过程中形成的,如果在食物链中增加新环节或扩大已有环节,使食物链中各种生物更充分地、多层次地利用自然资源,一方面会使有害生物得到抑制,增加系统的稳定性;另一方面还会使原来不能利用的产品再转化,增加系统的生产量。

6. 农业生产系统的产业结构

农业生产系统的产业结构包括3个层次:第一层次是指种植业、林业、畜牧业、副业、渔业等各个农业生产部门的内部结构;第二层次是指种植业、林业、畜牧业、副业、渔业等各生产部门之间的比例关系和组合方式;第三个层次是农村产业系统中农业与工业、商业、运输业、建材业以及服务业之间的关系。产业结构可以用各业的产值、用地构成、劳动力占用和资金占用构成等指标反映。

(二) 农业生产系统的功能

农业生产系统的功能是农业生产系统结构产生的结果,它包括系统各组分之间的以及流入和流出系统的物质流、能量流、信息流、价值流、商品流和资源流。

1. 能量流和物质流

能量流和物质流二者密切相关。对农业生产系统来说,太阳能和人的外加能量包括人力、畜力、机械能、施用的农用化学品和灌水中所包含的制造能是主要的输入能量。通过光合作用,绿色植物将太阳能转化为化学潜能,然后化学能沿食物链营养级单向、逐级地向顶部流动。在沿食物链的能量流动过程中,每一个营养级上都有能量损耗。从一个营养级到另一个营养级的能量转化效率为10%左右,即前一级总能量的大约10%被下一级所吸收,其余为呼吸所消耗,这就是林德曼的“百分之十定律”。人为的外加能量不像太阳能那样,直接进入能流,但它的输入对食物链上的能量转换常起到辅助作用。

农业生产系统中,物质流是循环进行的,其循环方式是:环境中的营养物质被生产者吸收,经过食物链,消费者从生产者处获取农产品,使物质逐级转移。各种有机物质最终由还原者分解成为无机物质又返回环境供生产者再次吸收利用。可见,物质循环的同时伴随着能量流动,二者都是在营养结构中进行的,食物链则作为物流、能流的输送渠道。

2. 信息流

信息的传递过程包含3个基本环节,即信息的产生、信息的传输和信息的接收。多个信息传递过程相交便形成系统信息网。信息在信息网中不断被转换和传递,就形成了信息流。在物质循环、能量流动的过程中,伴随着大量的信息传递,这些信息包括物理信息、化学信息、生命信息、营养信息、行为信息、社会信息、经济信息,大气、土壤和水则作为信息传输的通道。正是由于这些不断传递着的信息才使系统各构成要素之间紧密联系,从而保证了物质循环和能量流动的有序性和无限性。人类作为系统的调节者,不但通过自然过程获得、利用自然信息,而且通过广播、电视等方式获取各种社会信息,主动建立更为有效的人工信息网。