



农业部农业资源
划管理司 编

可持续农业和农村发展建设技术与应用

中国农业科技出版社

《可持续农业和农村发展建设技术与应用》编委会

顾问 张巧玲 李仁宝 李晶宜

主编 张壬午 王道龙

编委 张壬午 王道龙 计文瑛 张德永 张 彤
傅克文 赵仁智 宗良纲 宋家栋 王德荣
徐 静 胡 梅

序

1992年巴西世界环发大会以后,可持续发展问题已经引起社会各界的广泛关注。作为可持续发展战略在农业领域的具体体现以及《中国21世纪议程》的重要内容,可持续农业和农村发展(SARD)最早是1991年4月联合国粮农组织召开的荷兰“农业与环境”国际会议上所发表的《登博斯》宣言中提出的,宣言中将可持续农业与农村发展定义为:“采用某种使用和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(包括农业、林业和渔业)能保护土地、水资源和动植物遗传资源,不会造成环境退化,同时技术上应用适当、经济上可行、能够被社会接受。”并提出了进行SARD建设的三大目标,即增加农产品的生产与供应,实现粮食安全;增加农民收入,扩大就业机会,促进农村综合发展;合理利用资源,保护农业生态环境。

如何将国际社会农业发展的新趋势同我国当前农业发展的总战略相融合,是我国当前农业宏观战略研究的重大课题。为此,在国家科委社会发展司的支持下,我们自1992年起组织了“中国可持续农业和农村发展理论与实践研究”国家科技攻关项目,并在全国选建了20余个地县作为试验示范区。通过开展不同内容的专题研究,分析总结国内外农业发展中具有可持续性特征的技术与经验,提出适应于我国不同区域的可持续农业和农村发展建设模式,提出有利于资源永续利用、探索农民生活水平和农业综合生产能力,同时保护农业生态环境的农业发展道路和建设,为农业可持续发展战略在我国的贯彻实施提供理论与实践的经验,并为国家有关部门制定农业政策提供依据。

需要指出的是,人口多、经济基础薄弱、人均资源匮乏的国情,决定了我国不可能照搬西方可持续农业的原有做法和模式,而应根据可持续发展战略的内涵,结合我国人口、资源与环境特点,走适合我国国情的SARD道路,这样才能使这项事业具有持久的生命力和广泛的发展前景。

本项目是中国SARD理论与实践研究的一个专题,是国内第一部全面介绍我国可持续农业和农村发展中有关技术与实践经验的著作。全书共分五篇二十章,对SARD的理论、内涵和系统分析、诊断、评价、规划制定、模式设计、技术组装方法,以及自然资源的可持续利用,农村能源的综合开发以及农产品的加工增值技术均作了详尽论述,既是对我国近年来各试验区SARD建设经验的系统总结,又可视为我国SARD建设的工具书,同时对于可持续发展与农业宏观战略制定、自然资源管理、农业环境保护等部门的决策与研究人员以及大专院校经济科学、生物科学、环境科学、系统科学等专业的师生亦有重要的参考价值。因此,此书出版必将对我国SARD建设战略的进一步实施以及可持续发展理论的传播起到积极的促进作用。

李仁宝

1996年9月

目 录

第一篇 农业可持续发展概念及其技术原理	(1)
第一章 农业可持续发展战略的提出	(1)
第一节 当前国际农业发展的新战略	(1)
第二节 我国农业可持续发展研究与实践	(3)
第二章 我国传统农业中具有持续性特征的技术精华	(6)
第一节 我国传统农业技术的可持续性特征	(6)
第二节 我国传统农业中具有可持续性特征的主要技术	(8)
第三章 我国农业可持续发展的技术系统	(15)
第一节 农业生态系统的特性	(15)
第二节 农业技术生态经济学原理与方法	(17)
第三节 我国农业可持续发展技术内涵与特征	(22)
第四节 生态产业的概念与内涵	(25)
第二篇 农业可持续发展的自然资源开发利用	(30)
第四章 农业可持续发展中自然资源开发与保护的基本概念	(30)
第一节 自然资源的概念与开发保护原则	(30)
第二节 我国经济发展的资源约束问题	(34)
第三节 合理利用自然资源的原则与方法	(38)
第五章 土地资源的保护与利用	(46)
第一节 土地资源的基本特征及我国土地资源的现状分析	(46)
第二节 土壤质量的新概念及土地资源合理开发的基本原则	(49)
第三节 土地资源可持续利用的技术	(51)
第六章 农业生产中的水资源保护与利用	(59)
第一节 我国水资源现状分析	(59)
第二节 水资源供需平衡的宏观调控	(62)
第三节 水资源的保护与利用技术	(66)
第四节 污水的农业回用	(72)
第七章 生物资源及生物多样性的保护与利用问题	(82)
第一节 我国农业系统生物资源特征及现状分析	(82)
第二节 农业可持续发展中生物资源及生物多样性保护与利用的对策	(85)
第八章 气候资源的利用与保护	(90)
第一节 气候资源的特性功能与评价	(90)
第二节 我国气候资源的基本状况及其特征分析	(92)
第三节 气候资源合理利用的技术	(97)
第九章 废弃物农业资源化利用技术	(102)
第一节 我国废弃物农业利用现状及主要利用途径	(102)
第三篇 农业可持续发展的农业生态技术	(111)

第十章 立体种养技术	(111)
第一节 我国立体种养技术发展概况	(111)
第二节 我国当前立体种养的类型与层次结构	(112)
第三节 立体种养的优化设计技术及主要立体种养模式	(115)
第四节 实现我国农业持续发展的立体种养技术	(122)
第十一章 物质循环利用技术	(134)
第一节 地质大循环及其对人类生产活动的影响	(134)
第二节 生物小循环与人类对物质的利用技术	(135)
第三节 物质循环利用的接口技术及沼气发酵残余物的综合利用	(145)
第四节 物质循环再生与多级利用	(152)
第十二章 农村能源综合建设技术	(157)
第一节 中国农村能源战略与农村能源综合建设	(157)
第二节 农村能源生态工程	(165)
第三节 农村能源建设实用技术概要	(167)
第十三章 庭院经济与开发利用技术	(179)
第一节 庭院开发规划设计	(179)
第二节 我国北方平原庭院开发类型及发展趋势	(183)
第三节 庭院经营的主要模式与经营技术要点	(186)
第四篇 实现农业经济良性循环的农副产品增值技术	(191)
第十四章 农副产品加工贮藏与农业可持续发展	(191)
第一节 农副产品加工贮藏的意义	(191)
第二节 农副产品增值技术的实施原则	(193)
第五篇 区域农业可持续发展建设的宏观调控技术	(196)
第十五章 区域农业可持续发展建设宏观调控技术的基本概念	(196)
第一节 农业可持续发展的区域宏观调控的特点与内容	(197)
第二节 农业生态经济系统调控的理论基础——农业生态系统控制论	(199)
第十六章 农业生态经济系统诊断的方法	(202)
第一节 农业生态经济系统能流分析	(202)
第二节 农业生态经济系统的物流分析	(206)
第三节 农业生态经济系统的价值流分析	(207)
第四节 系统诊断方法的应用(案例分析)	(208)
第十七章 农业可持续发展建设的综合评价	(213)
第一节 农业可持续发展综合评价的基本概念	(213)
第二节 综合评价指标体系	(215)
第三节 评价指标权重及指标基准值的确定	(219)
第四节 综合评价的方法	(225)
第五节 综合评价实例	(230)
第十八章 区域农业可持续发展建设规划方法	(236)
第一节 区域农业可持续发展建设规划的基本概念	(236)
第二节 县级农业可持续发展建设综合规划的制定	(238)
第三节 农业可持续发展规划的定量方法	(243)
第四节 规划实例	(244)

第五节	农业可持续发展试验区建设综合规划中应注意的问题	(247)
第十九章	区域农业可持续发展模式的系统设计	(248)
第一节	模式设计的基本原则	(248)
第二节	农业可持续发展模式设计的特点与设计步骤	(250)
第三节	黑龙江省拜泉县农业可持续发展建设分区及其相应的模式设计	(252)
第二十章	农村生产结构调整技术	(255)
第一节	农村产业结构调整的内容与原则	(255)
第二节	农业生产结构调整方法	(261)
参考文献		(278)

第一篇 农业可持续发展概念及其技术原理

第一章 农业可持续发展战略的提出

第一节 当前国际农业发展的新战略

一、资源、环境、人口是当今世界面临的突出问题

自进入 70 年代以来,随着人口激增,导致食物需求已超过谷物增长的速度;农业能耗过多,投入效益逐年下降,成本提高,加剧了能源危机;水资源紧缺、土地资源退化,导致植被破坏及土地生产力下降;农田化学品超量使用,污染环境,危及人类健康与安全等问题的出现,证明“经济增长”并不是“发展”的全部,发展应从线性函数转为系统函数。这就促使人们不得不反思高投入、高产出现代化农业模式的利弊,探讨在继绿色革命之后,什么样的农业生产体系才能使在农民纯收入不断增长,农业生产力水平不断提高的同时,减少农业生产对环境的影响,保护自然资源,使自然资源的开发程度限定在生态环境可接受的程度之内,以满足当代及未来社会对食品、纤维的需求。现代常规农业给环境和社会带来的问题,促使许多国家都在探索未来农业的发展方向和道路,并提出了如有机农业、生态农业、生物动力农业、再生农业等各种替代农业(Alternative Agriculture)生产方式;美国相继又提出了低投入可持续农业(LISA)、低外部投入可持续农业(LEISA)及高效可持续农业(HESA);并对农业持续性方向进行了深入的研究与实践;许多发展中国家,如印度尼西亚、泰国、苏丹、尼泊尔、巴基斯坦、埃及以及肯尼亚等国在八十年代与“国际环境与发展研究所”(IEDI)进行了农业持续发展的项目实践,墨西哥、巴西、印度也从宏观和微观两个层次就农业持续发展进行了探讨。1991 年联合国粮农组织在荷兰登博斯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)和行动纲领”,宣言中所提出的“可持续农业与农村发展(SARD)”新概念的定义是:“采取某种使用和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(包括农业、林业和渔业)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。”其特点在于:

- (1) 首次把农业持续性发展与农村发展联系在一起;
- (2) 力图把各种农业的持续性要素系统组合到一个综合网络之中,从而使其更具可行性。

1992 年联合国环发大会 (UN Conference on Environment and Development) 以后, 农业持续发展的战略已被越来越多的人所接受并在不同的水平上进行了研究与实践。有人曾经指出: 这种新的农业形式将成为“下一次的农业革命, 它与上一次农业革命不同, 上一次是给农民带来了拖拉机、杂交玉米、化肥、农药”, 而这一次首先从思想观念的变革开始。在这种观念变革之中, 人们最关心的是如何从以还原论为基础的化学集约化农业转向以整体论为基础的种群与环境不断强化的农业, 因此难度会更大, 至今国际上尚未形成统一的思想体系; 从追求的目标侧重点上看, 至少可分为三个学派, 理论研究上仍处于初期阶段 (Harwood, 1989), 致使国外所提出的适应持续发展的各种农业替代形成与名称多样并随着人们认识在实践中的不断深化而在不断调整与变更, 这也反映出西方科学家的求实态度。

二、农业持续发展重点

由于西方工业化国家经济基础雄厚、资源丰富, 主要关心的是生活、环境质量、生产成本以及减少农业补贴等问题, 因此, 在农业持续发展上, 突出如下几个侧重点:

- (1) 重视减少现代农业耗能, 提高能量转化效率, 建立节能型农业生产体系;
- (2) 范畴上, 主要限于种植业, 农场规模;
- (3) 目标以产品质量与生态环境保护为主, 牺牲经济效益的案例在初期阶段较为多见, 但目前已开始从低投入 (LISA) 向高效率化 (HESA) 可持续农业方向发展;
- (4) 开始从理论、观念上的争论转向新技术体系的探索, 特别重视我国和发展中国家传统农业技术精华的引进与应用, 但由于西方传统观念的束缚, 就如何将东方传统的技术精华与现代科技有机结合进行整体组装方面重视不够, 且多侧重农田耕作方式的研究。

三、国外的农业持续发展研究

近年来, 国外在农业持续发展途径探索过程中, 在方法与技术方面的研究主要有如下几个方面:

- (1) 通过生态系统概念在农业上的应用, 以克服现代科学技术高度专业化及还原论倾向所带来的生态经济失调问题;
- (2) 从植物个体、农田以及农场系统等不同层次上各类环境因素考察农业生产力, 研究系统投入产出相互关系, 生产效益与资源价值的长期平衡得失关系, 以求得有利于获取提高农业生产力的正确调控关系与评估方法;
- (3) 农业生产系统中养分循环及土壤管理的生态学研究, 达到控制化肥、厩肥施用量, 限制系统载畜量及污染物处理, 调整生产布局和农林景观, 建立农林复合系统并为保护饮水、食品及环境质量和土壤有机物科学管理提供科学依据;
- (4) 自 1962 年美国 Howard 及 Odum 首先使用生态工程 (Ecological Engineering) 一词后, 在环境保护和污染物处理与利用工程领域 (如污水净化利用工程等) 发展较快; 而在农业生态工程研究比较薄弱; 虽然在运用生物多样性及景观生态学, 依据地形、地貌进行立体种养方面也有不少报道, 但多以总结中南美传统农业技术, 在解决其低生产力问题上没有突破。因此, 已出现了国外专家着重对我国这方面成就的肯定与效仿, 在运用计算机建立信息

系统、专家系统以及应用软技术方面发展较快,在景观规划设计,系统结构调控方面也有报道。

总之,国外在农业可持续发展的概念开发、理论及基础研究较多,在实施方法与技术上较为薄弱。在技术领域,侧重提高农业生态系统,特别是农田生态系统的稳定性、自我维持能力及持续性技术的微观技术研究,主要寻求实现系统的生态良性循环,但如何扩大系统边界,从区域开发高度在实现生态良性循环的同时实现经济的良性循环,从整体上探索软硬技术结合,现代技术与传统技术优化组合,具可操作性的实现农业可持续发展的方法、技术体系方面较为薄弱,报道尚少。

第二节 我国农业可持续发展研究与实践

一、我国农业可持续发展现状

我国是一个有 11 亿人口的大国,其中 9 亿多农民住在广大农村地区,每年还以一千多万人口的速度增长;我国农业持续发展也同样面临着严重的挑战

1. 农业环境污染日趋严重

目前全国遭受“三废污染”的农田面积已达 1.5 亿亩,每年因此损失粮食达 120 亿公斤;全国有 2.5 万公里的河流水质不符合渔业水质标准,其中 2800 多公里河段鱼虾基本绝迹;各海区水质恶化,每年因突发污染事故导致鱼、虾、贝类死亡,造成经济损失几亿元。

2. 生态环境恶化

我国农业生态环境恶化主要表现为:全国水土流失面积长期居高不下,沙漠化面积不断扩大。我国水土流失面积已达 367 万平方公里,其中水蚀 169 万平方公里,风蚀 198 万平方公里。全国有 15.8 万平方公里的土地处在沙漠化边缘,每年新增沙化土地面积达 2340 万亩,大于治理面积。农业生态环境恶化使自然抗灾能力减弱,旱涝自然灾害频繁发生,80 年代同 50 年代相比,平均每年受灾面积增加 68.1%。

3. 资源短缺,质量退化

我国农业资源总量虽然排在世界前列,但由于人口多,主要农业资源的人均占有量远低于世界平均水平,其中耕地、草地、林地和水资源仅分别为世界平均水平的 30%、40%、13.3% 和 25%。当前的问题是,一方面存在着资源短缺,过度开发利用现象;另一方面还存在资源利用不合理和资源浪费及资源破坏问题。我国本来人均耕地占有已经很少,但由于城乡建设和工矿、交通的发展大量占用耕地,使耕地面积以每年 700~800 万亩的速度持续减少,特别是近两年到处盲目兴建开发区,占用耕地又呈猛增的势头。我国有近 60 亿亩草原和草山草坡,长期以来,由于过牧和开垦等不合理利用,导致大量草原不断向沙化、退化和盐碱化发展。目前,有 13 亿亩草原严重退化、沙化,平均产草量下降 30%~50%,在农牧交错区沙漠化问题最为严重。我国水资源不足,由于淡水资源与耕地资源分布匹配不佳,更加剧了灌溉水资源缺乏的矛盾。目前,我国灌溉耕地面积约占耕地总面积的 50%,在灌溉面积中,有大约一亿亩耕地因缺乏水源而不能进行灌溉。由于过度开采地下水,使一些地

方地下水位急剧下降，地面下沉，海水倒灌。

4. 人口增加对农业造成越来越大的压力

我国人口控制很有成效，但由于基数过大，使人口增长过快的局面仍未改变。人口增长对我国经济和社会发展带来了严重负担，其中首先对农业造成巨大压力。特别在贫困地区和边缘山区，极易形成越穷越生，越生越穷，越穷越垦的恶性循环。

上述几个方面的问题，已构成对农业发展的威胁，也是农业可持续发展和整个农村经济工作面临的挑战。解决我国农业可持续发展的核心正如卢良恕先生所说的，必须是“以当代科学技术进步为基础，并以持续增长的生产率、持续提高与保持土壤肥力、持续协调农村生态环境以及持续利用与保护自然资源为目标，以高产、优质、高效、低耗和社会主义农村共同富裕为宗旨，采用现代科学技术、现代工业来武装，现代经营方式来管理。”为此，有必要通过认真总结四十多年来我国农业建设和国外农业发展正反两个方面的经验教训，探索既发展农业，又保护生态环境的新途径，走符合我国国情的农业可持续发展的路子。党中央、国务院十分重视农业生态环境的改善和农业资源的保护工作。早在1982年党中央在“当前农村经济改革若干问题”的文件中指出：必须控制人口，合理利用资源，保护良好的生态环境，并把这三项作为实现本世纪末战略目标的前提。在此基础上，我国开始研究探索农业可持续发展的途径，以保护和改善农业生态环境，保证农村经济的快速、健康、持续发展。

1991年4月联合国粮农组织在荷兰登博斯召开农业与环境会议，并提出可持续农业与农村发展战略后不久，原全国农业区划委员会与国家计委、国家科委自1992年共同组织了全国20余个可持续农业与农村发展试点县建设研究项目，拟通过分析总结国内外农业发展的经验教训，对国内不同类型的区域进行广泛的调查研究，并进行定点定位的试验研究，提出我国不同区域农业和农村综合发展，经济、生态、社会资源效益相协调，高产、低质、低耗的优化模式，以及有关政策、措施和建议，制订全国和主要区域的可持续农业和农村发展规划，提供一批成熟的农业生态工程工艺技术措施综合配套的开发典型，为指导和推动全国可持续农业和农村的发展提供经验、理论和方法，为国家有关部门制订农村政策、农业技术政策、农业资源环境保护政策和农业投入政策提供依据。目前又有了更多的县、地、市参加此项课题研究。

本书的大部分内容就是依据我国近十年来可持续农业与农村发展建设试验区、生态农业试验区的农业可持续发展建设实践经验及研究成果完成的。

如前所述可持续农业一词是从西方国家引进的，作为一个发展中国家，人口多、经济基础薄弱，人均资源匮乏，是我国的国情。我们面对的不仅仅是环境问题，还有温饱 and 贫困问题。因此，我们不能照抄西方生态农业、可持续农业的原有作法与模式，已结合我国国情发展其内涵中保护生态环境与自然资源的积极因素，并在实践中逐渐演化为具有中国特色的农业可持续发展模式。

二、农业可持续发展研究与技术方法

我国在农业可持续发展理论与技术方法方面的研究，主要有如下几个方面：

- (1) 首先从农业生态系统的特征入手，进行基本理论研究；
- (2) 农田系统及农业生态系统的结构功能分析研究；

(3) 农业生态系统能量流研究, 在生态经济系统价值流分析功能方面也进行了理论探索;

(4) 农业可持续发展的农业生态经济系统设计及优化农业生产模式;

(5) 农业可持续发展的策略研究;

(6) 农业自然资源可持续利用的评价方法研究;

(7) 农业生态系统研究方法, 特别是系统工程在区域农业可持续发展建设中进行了应用的探索;

(8) 以“整体循环协调再生”为原理的农业生态工程研究, 通过食物链和物种互惠共生、生态位等生态学原理, 就生态系统物质良性循环, 再生能源; 立体种养等方面的技术开发与设计, 以及区域农业可持续发展的区划、规划等软技术方面, 也进行了研究与应用;

(9) 80年代中期, 农业可持续发展的评价指标体系研究以农业生态系统结构、功能、效益指标论述颇多, 近几年, 反映“人口—资源—环境”关系的评价指标也开始增多。目前看来, 国内外农业生态系统及各种农业发展模式的评价指标设置将由定性为主转向定性定量指标结合并以定量评价指标为主; 将由以理论性探讨为目的, 过繁、重复设置指标转向理论与实践相结合, 并以实用性和可操作性为主要目的来设置指标及其体系。

由此可见, 我国农业可持续发展研究从其规模、范围和广度上看, 都是任何其他国家所不能比拟的。某些领域如农业生态工程等也在深度上也达到了国际同类研究水平, 在国际学术界也产生了一定的影响。

可持续发展的概念应包括: 生态的持续性和社会经济的持续性。尽管我国在农业可持续发展的理论与实践的研究方面处于国际先进地位, 但总的看, 仍侧重农业生态系统基础或应用研究阶段, 以系统描述为主; 由于种种原因, 农业可持续发展建设方法研究多以单项软硬技术研究为主, 接口技术研究薄弱, 软硬技术的综合组装, 操作性、可应用性较差; 在农业可持续发展与试验区建设的系统评价指标体系方面强调指标的公用性, 通常力图选择难以操作的综合指标, 忽视了在建设实践中的可应用性及因地域自然条件及经济发展水平差异导致的不可比性。要获得农村经济发展与生态环境、资源保护相协调的目标, 随着我国农业可持续发展实践从户、村, 向乡、县区域规模发展, 仅仅从农田系统, 农业生态系统探索生态的良性循环, 物质的循环利用已远远满足不了农业发展的需求, 必须从经济、生态、技术三个方面探索农业生态社会经济复合系统中生态与经济的二个良性循环, 生态与经济二个持续性的同步; 此外, 建立一套较为完整的农业可持续发展的建设方法、技术体系也是推动我国农业可持续发展的迫切要求。本书就是要力图做出这样的尝试。

我国具有悠久的农业文明, 在只占全世界 70% 的耕地上养活了占全世界 22% 的人口, 这一客观现实一直受到世界各国的瞩目。中国传统农业的技术精华与现代技术相结合而进行的农业可持续发展技术的探索势必为全球农业可持续发展作出贡献并在该领域中处于领先地位。

第二章 我国传统农业中具有可持续性特征的技术精华

英国著名经济学家舒马赫说过：“技术这种东西是与那个国家的风俗以及社会经济条件相适应，是有民族性的。”

有四千多年历史的我国农业在其漫长的发展历程中始终遵循着朴素而又古老的系统生态观，使得地力经久不衰。正如日本的村越信夫先生所说的：“几千年来所发展起来的中国农业，是一种所谓‘家学’，其中蕴含着深奥的学理”。

第一节 我国传统农业技术的可持续性特征

我国古代用“阴阳五行”、“天人合一”学说解释自然界的奥秘以及人与自然之间的关系。《周易》一书，通过研究生命现象来探讨自然和社会现象。将天、地、人看作一个整体，认为只要顺应自然，尊重规律，就可以改造自然。比如光、热、水、土，如果搭配合理，就能五谷丰顺，而任何一种过多或过少都会造成灾害。还认为人类活动与自然界是密切相关的，任何不合理的行为都会引起自然界的生态失衡，受到大自然的报复，从而影响人类社会的持续发展，正是由于从整体观看待天、地、人之间的关系，依靠物质循环再生、社会与自然协调发展的生态观，使我国传统农业形成了一种低投入的稳定系统，并逐渐形成了与其相适应的技术体系，它成功地支持着中华民族的持续发展。

一、土壤肥力的维持与提高

我国早在战国时代就有了自然土壤与农业土壤的概念，《论衡》中强调了人在成壤方面的主导作用。由于我国土地资源与人口压力的矛盾日益尖锐，为保证生产出足够的农产品，充分利用农业资源，我国农民逐渐总结摸索出连种、轮作、间作套种、多熟制等种植制度，提高单位土地的利用效率，并采取与豆科作物或绿肥间作、连作、轮作、以粪肥田、增施有机肥等综合措施，促进土地用养平衡，实现土壤肥力经久不衰。

二、精耕细作的特征

我国自春秋战国时期就逐渐形成以土壤耕作和土地利用为中心，兼及其它各项生产技术的精耕细作体系。《齐民要术》中指出“凡人家营田，须量己力，宁可少好，不可多恶”。《修齐直指》一书也认为：“务期精工而收获自倍，是知广田不可过贪”。可见我国传统农业采用了集约经营的思想，在种植业发展中以提高单产，充分利用资源为重点，因而以有

限的土地资源，取得了高产，并维持了土壤肥力。据史料记载，我国宋代江南水稻产量已达 1650 公斤/公顷，明清时已高达 5250~6000 公斤/公顷。

三、物质循环利用的特征

公元 12 世纪，朱熹提出“天无弃物”；公元 13 世纪，王祯指出“地无遗利”。通过废弃物物质循环再利用，实现无废物生产，是我国传统农业的一大特征。《补农书》中说：“人畜之粪与灶灰脚泥，无用也，一入田地，便将化为布、帛、菽、粟”，因而我国传统农业将种植业、畜牧养殖业紧密结合起来以维持农业生态系统的多样性。他们把作物秸秆、人畜粪尿、有机垃圾等经堆积腐熟还入田中，实现“来之于土，归之于土”的自然循环，顺应了物质能量循环的客观规律。

四、“三宜”耕作思想与可再生资源的合理开发

所谓“三宜”是指因地、因时、因物制宜的耕作思想。贾思勰精辟地指出：“顺天时，量地利，则用力少而成功多，任情返道，劳而无获。”我国很早就懂得根据不同土地地貌、不同季节与不同作物，采取不同的经营方式。2000 多年前的《淮南子》一书就对“三宜”的经营思想作了系统总结，指出“水处者渔，山处者木，谷处者牧，陆处者农”，又提出用 24 节气指导农事活动，西汉时代的《汜胜之书》认为即使土地瘠薄，只要适当选择作物品种，适时种植，仍可实现粮食亩产 280 公斤。在《王祯农书》中亦有如下记载：“九州之内，田各有等，土各有差，山川阻隔，风气不同，凡物之种，各有所宜，故宜于冀兖者，不可以青徐论，宜于荆扬者，不可以雍豫拟。此圣人所谓‘分地之利’者也”。

我国自古重视保护可再生资源的再生能力。相传大禹治水后，就颁布了保护自然资源的法令。《逸周书·大聚解》中有如下文字：“禹之禁：春三月山林不登斧，以成草木之长，夏三月川泽不入网罟，以成鱼鳖之长。”这是我国最早的关于保护自然资源的法令。战国时期孟轲指出：“数罟不入洿池，鱼鳖不可胜食也，斧斤以时入山林，材木不可胜用也”，《淮南子·主术训》认为“孕育不得杀，鸢卵不得探，鱼不长尺不得取，彘不期年不得食”，荀子也认为：“草木荣华滋硕之时，则斧斤不入山林，不夭其生，不绝其长也。鼃、鼃、鱼、鳖、鳅、鰾孕别之时，罔罟毒药不入泽，不夭其生，不绝其长也”。写于 2200 年前的《吕氏春秋》中，对何时伐木、烧草、捕兽、捉鱼均有提及。

五、农林牧渔副综合发展

在我国传统农业中，农民种植了多种作物，养殖了多种畜禽，资源在它们之间有效地利用，战国时期的《管子·牧民》提出：“务五谷，则食足，养桑麻，育六畜，则民富”，又指出：“行其山泽，观其桑麻，计其六畜之产，而贫富之国可知。”各业之间“相继而生成，相资以利用”，这样农业资源利用率较高。《齐民要术》也提出“五木者，五谷之先，欲知五谷，但知五木。”写于三百年前的《补农书》中所记载的浙江低湿地区粮、粟、鱼、畜综合生产系统现今仍在使

发展。

六、维护农业生态系统的生物多样性

作为世界农牧业中心之一的我国对作物品种的选择有丰富的实践经验，在古农书中对轮作防病、抗虫选种、生物防治、植物性农药、综合防治等也多有记载，晋代《南方草木状》中已经记述了用黄蚁防治害虫的例子。

第二节 我国传统农业中具有可持续性特征的主要技术

一、物质循环利用技术

运用物质循环再生原理，物质多层次利用技术，实现“无废弃物生产”，提高资源利用率，是我国传统农业技术的特色之一。

我国传统农业对有机肥的积造非常重视，写于六百多年前的《王桢农书·粪壤》中就提出：“扫除之糞，腐朽之物，人视而轻忽，田得之为膏润，所谓惜粪如惜金也”。因而我国农业自古就有以农养牧，以牧促农，农牧产品互相利用的农林牧副综合经营的优良传统。由于我国是世界蚕业的唯一发源地，农桑并举也是我国传统农业的优点之一。《沈氏农书》中对农林牧综合经营的经验进行了详细介绍。提出“养乃作家第一着”，有粮多养禽畜，养畜积肥，“粪多力勤”才能获得丰产。《浦柳农咨》亦指出“棚中猪多，囤中米多，是养猪乃种田之要务也。”

浙江嘉兴、湖州一带以农副产品养猪，猪粪肥田，形成了粮—猪—粮的良性循环生产模式。此外这一地区还有自己酿酒并用酒糟喂猪的习惯，便又形成粮—酒—猪—粮的更佳模式。湖州地区还盛产繁殖力强，成熟早，皮质优美的湖羊。这与当地在冬季饲喂营养价值很高的枯桑叶密切相关，《沈氏农书》中有如下记载：“养胡羊十一支……，每日吃叶草四十斤……每年净得肥壅三百担”。这种方法使古代农民在生产优质羊的同时又培肥了桑树，形成了桑—羊—肥—桑的良性循环模式。

我国早在四百多年前的明代就有了用畜粪养鱼的记载，明代著名科学家徐光启在《农政全书》中记载了作羊圈于鱼池岸上，扫其草、粪入池，从而既肥鱼，也省饵料和劳力的鱼牧互促技术。

我国古代对增泥肥田技术亦有记载，《乌青文献》写道：“春初先，河泥以草南之，临重捉以作底，其力虽慢而长”。这一传统技术一直延续到近代，并改良了沤制方法，加入了紫云英、鲜草、稻草及其它有机物和磷肥，使沤肥质量进一步提高。

我国珠江三角洲和太湖流域地区地势低洼，水患严重，当地农民通过长期的生产实践，因地制宜，总结出把低洼地挖深为塘，挖出的泥土覆于四周成基，塘内养鱼，基面植桑的方

法。由于它把桑、蚕、鱼有机地联系起来，桑叶喂蚕、蚕沙喂鱼、鱼粪肥塘、塘泥肥基、基肥促桑，成为得天独厚的良性循环持续发展模式，使珠江三角洲地区呈现出“桑茂、蚕壮、鱼肥大、塘肥、基好、蚕茧多”的富庶景象。随着经济水平及科学技术的发展，目前已经发展成蔗基渔塘、果基鱼塘、菜基鱼塘、稻基鱼塘等多种基塘系统。

物质循环利用的技术将农林牧副渔业联结成一个互为利用的整体，牧渔业依赖种植业提供饲料，种植业依赖牧渔业提供肥源，五业互相依存，互相促进，构成了农林牧渔综合发展多种经营的良性循环系统，使农业生态经济系统趋于稳定。

二、生物多样性利用技术

作为现代农业四大支柱技术之一的“单一种植”在为人类带来高产的同时，由于破坏了农业生态系统的生物多样性，不仅造成了食物单一化和食品营养元素的贫瘠化，对人体健康造成了危害，也导致农业生态系统稳定性降低，病虫害猖獗，气候灾害加剧。我国传统农业对生物多样性极为重视，在创造生态系统及物种多样性方面曾有许多成功的范例。

我国古代用“相生、相克”来概括生物间的互利共生和片利共生。把两种或两种以上的生物种群合理组合起来，利用“相生”组合使种间互利共荣，利用“相克”达到生物防治的作用。

早在西汉时期，《礼记》中就载有养猫捕田鼠、迎虎灭野猪的事例，古人还曾用猫头鹰治鼠。据明代《谓崖文集》记载，广东顺德一带水田中有一种小蟹以稻谷的嫩芽为食，是水稻之害。由于鸭可食蟹，当地农民便在水田中养鸭，于是既生产了鸭肉、鸭蛋，消灭了危害水稻的螃蟹和害虫，而鸭粪又肥了稻田，实现了一举三得。

稻田养鱼利用了鱼食水草，鱼粪肥田的共生关系，达到除草、养鱼、肥田的作用，唐末刘询所撰《岭表录异》一书中这样写道：“新浚等州山田，栋荒平处以锄锹开为町疃。伺春雨，丘中聚水，即先买鲙鱼子散于田内。一二年后，鱼儿长大，食草根并尽。既为熟田，又收鱼利，乃种稻且无稗草，乃齐民之上术也”。这种方法在南方稻区至今广泛应用，效益明显。

利用自然界物种间的食物链关系防治害虫是中国治虫史上的杰出成就之一。公元304年，晋代嵇含在《南方草木状》中描述了市场上卖的一种黄蚁，这种蚁连同其在树上的巢一并出售，个头大于常蚁，桔园中如果没有它，果实将会被蠹虫损伤殆尽。这是世界上以虫治虫的最早记载，同时也是世界最早的生物防治先例。《种树书》中也讲到：“柑桔为虫所食，取蚁巢放其上，则虫自去”。《广东新语》中则说：“土人取大蚁饲之，种植家连窝买置树头，以藤竹引度，使之树树相通，斯花果不为虫蚀，柑橘柠檬之树尤宜之”。可见这种方法在我国的应用已有一千多年的历史，而其它国家到19世纪才有这方面的正式记载。美国哈佛大学威尔逊教授曾写道：“在农业史上，黄蚁的利用是生物防治害虫最古老最著名的例子”。我国古籍中还记载有许多以虫治虫的实例，如《西吴菊略·除害》中说：“于五月间觅螳螂窠数枚，置菊左右，立秋前螳螂子出跳跃菊上，不食菊叶，能驱蝴蝶，兼食诸虫。”《清史稿·灾异记》载有：“春，历城旱蝗，有虫如蜂，附于蝗背，蝗立毙，不成灾”。

此外，对于害虫的生物防治方法还有许多。《本草纲目》中就曾论及青蛙有捕食田间害虫的本领。由于鸟雀有食虫除害的天性，很多朝代都采取保护益鸟的措施。另外还有利用家

鸭防治害虫的先例。如清代《治蝗全书》中记载：“咸丰七年四月，无锡军山、章山，山上之蝻，亦以鸭七八百捕，顷刻即尽”。湖北《蒲圻县乡土志》也载：“咸丰七年大旱，飞蝗蔽天……蝗子初生……编竹枝为巨帚，随在捕之，或驱鸭食之，立尽”。由此可见以鸭治蝗蝻效果良好。如在稻田中养鸭，还能捕食飞虱、叶蝉、稻椿、粘虫、负泥虫等多种害虫，能起到中耕除草作用。

我国传统农业非常讲究多种作物的搭配与布局，创造了间作、混作、套种等多层次的种植制度，使农田生态系统复杂化，稳定性提高。

《汉书·食货志》载：“种谷必杂五种，以备灾害”，其目的就是为了防备水旱灾害。中国古代深刻地认识到各种作物不同，其生活习性及对生态环境的反应也不同，《农政全书·凡例》中认为：“谷以百者，所以别地宜，防水旱也”。清代黄可润的《谷菜同珍》中介绍了河北无极一带农民的粮菜组合形式：“无极农民，种五谷，棉花之畦，多种菜及豆，以附于畦。盖谷与菜共畛，不惟不相妨，而反有益，浇菜则禾根润，锄菜则谷地松，至谷熟菜可继发矣。”

宋代《陈旉农书》中记载了桑与苎麻搭配间种，由于二者根系伸入土中深浅不等，在土壤中占据的空间层次不同，生产期互不影响，而每次施肥又能同时受益。

元代《农桑辑要》对桑树与作物的关系作了较为全面系统的总结，书中指出：如种谷，必掘得地脉亢干，至秋，桑叶先黄。到明年，桑叶涩薄，十减二三，又招天水牛，生蠹根吮皮等虫。若种蜀黍，其梢叶与桑等，如此丛杂，桑亦不茂”。这里指出桑不适宜与谷和高粱进行间套作。谷子易引起土壤干旱，影响桑叶质量，还会引起病虫害；高粱枝叶高大，与桑的植株高度相当，会影响田间通风透光度，使两种作物的生长都受到影响。所以桑间要间套矮秆作物，在地面空间上分出层次。书中还进一步指出了其它适宜与桑间作的作物品种：“种绿豆、黑豆、芝麻、瓜、笋等，其桑郁茂；明年增叶二三分。种黍亦可，农家云：‘桑发黍，黍发桑’此大概也”。

三、立体种养业

我国传统农业十分重视充分利用自然空间，合理进行景观设计，最大限度地发挥光、热、土、肥、水、气等环境因子的作用，从而体现增产增收的立体种养业。

早在西汉时期的《汜胜之书》中即有“可种小豆于瓜中；亩四、五升，其藿可买”的记载，可见当时已经有瓜田里种植菜用的豆类这种间作方式。《齐民要术》中记载了很多作物的搭配种植技术，例如《种桑柘第四十五》中载有：“其下常属于掘种绿豆、小豆。二豆良美、润泽、益桑。”《种葱》中介绍，葱地里套种香菜，可随时供食用，或者也可以让它一直长到十月，收了作酸菜，而不妨碍葱的生长。《种麻子》中则记载：“六月中，可于麻子地间散芜菁子而锄之；拟收其根”，并指出“慎勿于大豆地中杂种麻子”，原因是“庸地两损，而收并薄”。现代研究证实，作物种类不同，生态特性各异，作物之间存在着互相遮光、增肥以及分泌物相互影响的问题，这与以上论述是一致的。

明代徐光启在《农政全书》中谈到江南稻区发展棉麦套种，不仅可以错开农活时间，解决生产季节劳动力紧张的问题，亦可更充分地利用光、热、水、土资源。

蔬菜作物具有生育期短、成熟快的特点，《齐民要术·杂说》载：“其菜每至春二月内，

选良沃地二亩熟，种葵、莴苣。作畦，栽蔓菁，收子。至5月、6月，拔诸菜先熟者，并须盛裹，亦收子讫。应空闲地种蔓菁、莴苣、萝卜等，看稀稠锄其科。至7月6日、14日，如有车牛，尽割卖之……即取地种秋菜。”这样一年可收三茬蔬菜。

这种巧用天时，合理利用种植时间的多熟制在我国的历史可追溯到距今两千多年以前的春秋战国时期。《荀子》中即有“一岁而再获之”的记载，《管子》中亦提及“四种而五获”，这些便是复种多熟轮作制的雏型。

明清时代，多熟种植在中国南北方广泛推行，据宋应星《天工开物》记载：“南方平原，田多一岁两栽两获者。”李彦章《江南催耕课稻编》记载：“早稻既种，旋以晚稻参插其间，能先后两熟”。屈大钧《广东新语》载：“一岁田三熟，冬种春熟，春种夏熟，秋种冬熟”。《江南催耕课稻编》对江南麦茬双季稻作了如下记载：“若麦地又种早晚稻者，大麦3月下旬始获，小麦4月上旬始获，其栽秧比之白地只迟半月。先期宜于3月上旬浸种，30日而秧齐。新麦既收，急既粪田一次，犁耙各一次，4月上旬前后总可插秧。大暑后，立秋前亦获稻矣。其晚稻预先寄插者，仍于霜降后照常黄熟，并不相妨也，此田岁共三获。”而湖南一些地区的情况是：“禾尽而豆亦种齐，冬初豆熟又复种麦，来夏麦熟，又复种禾，周而复始，循环无间。”这里的“禾”指水稻，反映出除稻麦搭配外，水稻还与杂粮、蔬菜相组合，形成多种轮作复种形式。清代杨的《知本提纲》和《修齐直指》中记载有陕西兴平通过间套复种实现两年十三收的园艺式栽培技术：“俟立秋后种笨蒜……。俟天社前后，沟中种生芽菠菜一料，年终即挑卖。及起春时，种熟白萝卜一料四月间即可卖……。四月间可抽蒜苔，二、三千斤不等，及蒜苔抽后，五月即出蒜一料，起蒜毕，即栽小兰一料，小兰长至尺余，空中可布谷一料，俟谷收之后，九月可种小麦一料，次年麦收后，即种大蒜，如此周而复始，二年可收十三料”。

我国传统农业中的农田种群设计涉及高秆与矮秆；蔓生与直立；深根与浅根；喜阳与耐阴；早熟与晚熟等多种结构。同时，我国古代还将这种设计从农田延伸到整个大农业体系的全部土地资源，设计了农林牧副渔有机结合、综合发展、实现良性循环的立体布局。

光绪《常照合志稿轶闻》介绍了明嘉靖年间（1522年前后）常熟谭晓、谭照兄弟巧妙的立体经营：“凿其最佳者为池，余则围以高塍辟而耕之，岁入视平壤三倍。池以百计，皆畜鱼，池之上架以梁为茭舍，畜鸡豚其中，鱼食其粪易肥；塍之上植梅、桃诸果属；其于泽则种菰、苳、菱、芡，可畦者，以艺四时诸蔬，皆以千计；凡鸟、鳧、昆虫之属，皆取而售之”。这种凿池养鱼，池上架厩养禽畜，地面兼搞多种经营的立体布局，充分利用了地面、水面和空间，使畜禽粪便合理循环利用，以畜养鱼，以鱼促农，农林牧副渔综合经营，从而实现了生态和经济的良性循环，这是中国农业史上一个有重要意义的范例。

家庭是基本的经济单元，庭院则是一个家庭从事基本生产生活的场所。中国传统农业在发展以庭院经济为主体的庭院生态经济方面有独特的创造。据《补农书》记载，对庭院生态的设计共分四个层次。第一个层次是农舍前后和基址的设计：“前植榆、槐、桐、梓，后种竹、木，旁治圃，中庭植果木”。“中庭之树，莫善于梅、枣、香橼、橙桔、茱萸之类”，“扁豆则环宅垣墙及中庭俱可种也”。第二个层次是园圃的设计：“编篱为圃……篱用槿易成，……间以枳桔，杂以五茄皮，枸杞……茄皮春摘其芽，香美可食；冬取其根，入酒尤妙；枸杞春可食苗，秋可取子，根即‘地骨皮’也。枳花香而刺密，实亦有用……离下遍种萱花，……亦蔬菜之辅佐也，园中菜、果、瓜、蒲，惟其所植。每地一亩，十口之家，四时之蔬，