

生态高值农业是我国农业发展的战略方向

赵其国

(中国科学院农业科技领域发展路线图研究组, 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 生态高值农业是充分应用现代及未来新能源、新材料、新装备以及新信息技术、新生物技术等武装起来的农业高新技术体系与生产模式, 其宗旨是在确保生态环境友好的前提下通过提高农业科技内涵和提高农业生产管理水平实现农业产业的高值化, 从而大幅度提高农业生产能力、产业化水平、竞争力和比较效益。生态高值农业是包括生态农业及环境与农产品高产、高质、高效及科技、市场、产业经济价值相结合的总概念, 是现代农业可持续发展的方向。

关键词: 生态高值农业; 农业生产能力; 产业化水平; 竞争力和比较效益

中图分类号: S181

我国作为发展中大国, 大力发展生态高值农业, 不仅符合现代农业的发展规律, 适应时代的发展趋势, 更体现了循环经济和建设小康社会与和谐社会的发展要求, 对推动我国农业的发展和农业现代化建设, 转变农业增长方式, 全面提高农业综合生产能力具有十分重要的意义。

1 生态高值农业的内涵

中国未来农业发展将面临着巨大的机遇和挑战。农产品市场的扩张、农业比较效益的提高、农业生产结构的改善和农业科技的发展等, 都将为中国未来农业发展提供难得的机遇。同时, 农业发展面临着 5 个方面的巨大挑战: 日益严峻的耕地、水资源和生态安全, 小规模经营和农业现代化发展之间的矛盾, 农业劳动人口的大规模转移与就业, 农业多功能需求的增长对中国的粮食与农产品安全和水土等资源超载压力的威胁, 全球气候变化对农业的冲击和影响等。而发展生态高值农业是应对未来农业巨大挑战、实现农业持续发展的一项最重要的创新举措。胡锦涛主席在 2010 年 6 月 7 日, 两院院士大会上, 首次提出了“构建我国生态高值农业产业体系”。所谓生态, 就是要体现农业既能为社会提供安全优质的农产品又能实现农业资源的永续利用, 将农业纳入可持续发展的道路; 所谓高值, 就是要体现农业有很高的土地产出率、投入产出率、劳动生产率。

生态高值农业是充分应用现代及未来新能源、新材料、新装备以及新信息技术、新生物技术等武装起

来的农业高新技术体系与生产模式, 其宗旨是在确保生态环境友好的前提下通过提高农业科技内涵和提高农业生产管理水平实现农业产业的高值化, 从而大幅度提高农业生产能力、产业化水平、竞争力和比较效益。生态高值农业是包括生态农业及环境与农产品高产、高质、高效及科技、市场、产业经济价值相结合的总概念, 是现代农业可持续发展的方向(表 1)。

表 1 生态高值农业的实质内涵

Table 1 Essential concept of Ecological High-value Agriculture

内容	内涵
生态高值	生态农业: 水, 土, 气, 生, 岩, 污 农产值, 农技值, 农市值, 农经值, 其中: 农产值: 农产品高量、高质、高效(农一产) 农技值: 智能农业、高科技农业(农技一产) 农市值: 市场经济价值(农二产)-农加转工 农产经值: 产业化经济价值(农三产)-农经贸旅游文
生态高值	生态高值农业是包括生态农业及环境与农产品高产、高质、高效及科技、市场、产业经济价值(包括农业的一、二、三产产值)相结合的总概念

2 国内外生态高值农业现状与发展趋势及模式

代表的生态农业, 主张少用或不用人工性化学品、机械等, 降低能耗, 减少污染, 通过作物轮作、种植绿肥、有机肥和秸秆还田以及采用生物防治病虫害, 使农业生产建立在生态良性循环的基础之上。

另一种是以我国及印度为代表的类型。这些国家人多地少, 经济基础差, 发展能力弱。同时面临饥饿、

灾荒、贫穷,另一方面,面临资源短缺和环境污染等问题,在实践中并不排斥化肥、农药等化学品的使用,并与传统农业技术相结合,充分利用有限的土地等资源,运用生态系统工程学的方法,全面规划、合理组织农业生产,实现农业优质高效和持续发展,达到生态与经济两大系统的良性循环和经济、生态、社会三大效益的统一。

西方与我国生态农业有明显的差别,但不能因此而否认其共性的东西,这些主要共通之处表现在:①都面临全球性资源与环境问题的共同挑战和威胁;②都把农业生态环境的维护与建设作为系统的基本输出目标或目标之一;③都不排斥高科技的应用,都重视绿色食品的生产,努力提高产品质量和生产的规范化。这些就是我国今后“生态高值农业”应走的发展道路。

我国大致可概括为下列 4 个不同层次的典型农业生态经济模式。

(1) 农户小循环经济模式:①北方“四位一体”循环经济模式;②“鸡-沼气-蚯蚓-鸡”循环经济模式;③“猪-沼气-果”循环经济模式;④“立体种养”模式;⑤基塘生态农业模式。

(2) 村庄循环经济模式:①以清洁能源为纽带的综合利用模式;②以秸秆综合利用为主的生态村模式。

(3) 乡镇大循环经济模式:①农业和工业之间的循环;②农业与第三产业的循环。目前主要体现为生态观光农业,农业与旅游业的结合必然要求按照自然生态系统循环和能量流动规律,把清洁生产、资源及其废弃物综合利用、生态设计和可持续消费融为一体,真正实现经济、社会和生态效益的高度统一。

(4) 循环农业圈层模式的发展(区域循环经济模式)。随着农业的机械化、专业化和商品化,出现了专业公司把农业从农业物资生产和供应,农业生产,农产品收购、储运、加工、销售等所有环节联成了一个有机整体,形成了农业一体化经营。同时利用田园景观、自然生态等环境资源并借助现代物质技术条件,融现代农业、乡村文化、观光休闲以及环保教育、农事体验职能于一体,实现农业生产功能、生活功能、生态功能的统一。该模式以信息化、数字化、智能化控制技术和精准变量投入技术为装备,实现最佳的产量、最优的品质、最低的农业环境污染和最好的生态环境,达到社会、经济、资源、环境协调,最终实现农业的可持续发展。

一个典型的实例如:上海崇明岛前卫村(“生态高值农业”举例)。近十年来,全村坚持“生态、环境可

持续发展”生态农业的理念。以生态农业为核心,加强了全村生态经济、生态环境和生态文化建设,以“种、养、沼、加”,“科、高、旅、教”,“路、桥、林、田、水”相结合,不仅发展了农业生产还促进了其他多种产业的发展。全村 333.3 hm²土地,500 人近年年收入 8 000 万,人均年分配达到 16 万。这是一个名副其实的“生态高值农业”的典范,值得在上海及全国有关地区推广。

3 生态高值农业的特征与技术体系

3.1 生态高值农业特征

3.1.1 低碳循环经济型农业 未来生态高值农业将用太阳能、氢能等新型绿色能源逐渐替代现在的化石能,包括产前化肥、农药、农膜、农机等生产资料和设备的生产,产中农业机械和农用物资的使用,以及产后农产品的加工、储运等过程;同时,未来生态高值农业将充分采用农业废弃物的多级化生态农业利用模式,实现农业生产废弃物的零排放,保证农业的清洁生产,并最大程度地创造农业生产的生产能力和产值。

3.1.2 高产优质高效安全型农业 未来生态高值农业将实现高产、优质、安全、高效的有机统一,以满足食物和生态环境保育的需求。未来生态高值农业将在确保环境友好和可持续发展的前提下,建立农作物生产和养殖的高产、高效绿色生产技术体系,以替代目前农业生产的掠夺式经营方式,同时建立农产品加工、储运和销售的绿色管理技术体系,确保农产品自农田/养殖场到餐桌的食品质量安全。

3.1.3 高科技型农业 未来生态高值农业将借助现代生物技术改良、设计、培育高产、优质新品种;借助新材料生产技术开发新型智能肥料、农药、兽药、农膜、饲料等生产资料,大幅度提高化肥、农(兽)药、水分、光能、土地的利用率,减少农业面源污染的排放,提高农产品的品质和产量;借助现代土壤学、物理、化学、生物学原理和工程技术,开发设计土壤和快速改造土壤的技术体系,快速定向提高土壤功能和持续生产能力;借助现代物理、化学、生物、机械制造、计算机信息等技术开发新型食品加工与储藏、保鲜、物流等生产技术和管管理技术,延伸农业产业链,大幅度增加农业产业的产值。

3.1.4 规模化市场经济型农业 未来生态高值农业将以规模化、专业化、市场化为特征,逐渐改变目前土地分散经营的粗放生产模式,大幅度提高农业的比较效益和规模效应,增加农业的市场竞争能力。

3.2 生态高值农业的技术体系

3.2.1 无公害农产品种养技术 主要包括环境友好型肥料、生物性农药、病虫草害生物防治、可降解农膜、废弃物资源化利用、污染物处理技术等。

3.2.2 农产品加工技术 进一步提升营养水平和商品化水平的高附加值加工技术及相应加工设备的研制。

3.2.3 我国传统农业精华技术 充分挖掘和整合我国传统与常规农业中的经验及技术精华，整合合理轮作和间套复种、保护性耕作、病虫综合控制等技术，形成一整套生态化种养业技术。

3.2.4 标准化生产技术 重点就生态化物料投入、生态化种养业、无公害产品加工、产品营销等过程的技术规程、标准等进行规范化研究，为我国生态高值农业的规范化和国际化奠定坚实的基础。

3.2.5 高新农业技术 目前主要表现为生物技术支持下的分子育种技术、全球卫星定位支持的精确农业技术、可降解塑料生产的农用薄膜、害虫的性引诱技术、新型纳米材料制作的控释肥生产、新型微生物制剂等。

4 生态高值农业的建设目标

到2020年，通过重点农业科技领域的重大创新和突破，使中国农业具备生态高值农业体系所需要的国家食物和纤维总量供给安全得到基本保障，国家食品质量安全得到基本保障，以及农业生产结构、生态和功能实现根本转变，农业资源可持续利用和安全得到

一定提高的科技支撑条件。

到2050年，具备实现农业资源可持续利用、国家食物总量和质量安全得到充分保障、农业进入传统功能与现代多功能并存的未来农业所需要的科技支撑条件，使我国在发展中国家中率先进入生态高值农业可持续发展的时代，全面实现农产品优质化、营养化、功能化，实现农业生产管理的信息化、数字化、精准化，建成农业高值转化的产业体系，形成生态系统持续良性循环、景观优美、功能多样、城乡一体的新型农业。

5 生态高值农业的建设内容

生态高值农业的产业体系主要包括农产品安全、可持续农业、智能农业和高值农业建设等4个方面。

(1) 农产品安全。至2020年，形成分子育种技术体系，通过对多个基因的组合实现对多个性状的分子改良，分子育种品种的数量增加一个数量级以上，获得80~100个具有特定高营养组分或对人体健康具有可靠功效的功能型动植物新品种，生产和加工等环节的污染得到完全控制，粮食自给率95%以上，其他农副产品基本自给。

至2050年，实现覆盖全基因组的基因时空表达、翻译、修饰和调控技术，通过分子模块的耦合对动植物个体实行全基因组优化组装，从而创制出智能品种，肉蛋奶等人均占有量增加1倍以上，全面实现农产品优质化、营养化、功能化，高营养及功能型农产品占比提高50%以上(表2)。

表2 农产品安全

Table 2 Safety of agricultural products

	现状	2020年	2030年	2050年
数量	粮食基本自给，其他农产品的进口总量与出口总量基本平衡	粮食自给率95%以上，其他农副产品基本自给	肉蛋奶等人均占有量增加60%	肉蛋奶等人均占有量增加1倍以上
质量	以自然携带的营养组分的动植物品种为主体，缺乏人工设计和创制的高营养与特定功能品种，同时生产和加工等环节受到污染	获得80~100个具有特定高营养组分或对人体健康具有可靠功效的功能型动植物新品种，生产和加工等环节的污染得到完全控制	具有高营养和功能型特征的优质农产品占比提高20%以上	全面实现农产品优质化、营养化、功能化，高营养及功能型农产品占比提高50%以上

(2) 可持续农业。至2020年，建立不同区域结构合理、功能稳定的生态农业模式，实现化肥和农药适量使用，开始应用可降解农膜，稻麦等C3作物光能利用率提高到1.2%，土肥水综合利用率提高10%。至2050年，实现农业生态系统持续良性循环，多功能安全高效肥料占30%，生物农药用量占30%，稻麦等C3

作物光能利用率提高到2%；土肥水综合利用率提高30%(表3)。

(3) 智能农业。至2020年，生产流通全程信息服务覆盖到县级，实现全国及全球遥感估产、各种灾情遥感监测，90%大型温室设施农业、50%的禽畜鱼大型人工养殖场、东北和新疆20%的种植业实现单项或多项作业精

准化,黄淮海平原、长江中下游开始大面积精准作业试点。至 2050 年,生产流通全程信息服务覆盖到每个生产和流通单元,实现全国农业资源和产量动态监测和预报,智

能温室、人工养殖业基本实现精准化管理,东北和新疆 70% 的种植业实现精化作业,黄淮海平原、长江中下游 40% 精准化作业,其他地区 20% 精准化作业(表 4)。

表 3 生态农业

Table 3 Ecological agriculture

	现状	2020 年	2030 年	2050 年
生态农业模式	生态农业初具规模,覆盖 10% 左右,没有成为农村经济发展的基本模式;模式多样,经营规模小,劳动投入高,产业化和商品化水平不高,技术体系不完备	建立不同区域结构合理、功能稳定的模式	主要农区的生态系统结构得到优化	实现农业生态系统持续良性循环
农业清洁生产	化肥和农药过量使用 20% 以上,可降解农膜处于研制阶段	实现化肥和农药适量使用,开始应用可降解农膜	化肥和农药用量减少 10% ~ 15%,可降解农膜等材料广泛应用	多功能安全高效肥料占 30%,生物农药用量占 30%
土肥水光利用效率	稻麦等 C3 作物光能利用率 1%,土肥水综合利用率低下	稻麦等 C3 作物光能利用率提高到 1.2%;土肥水综合利用率提高 10%	稻麦等 C3 作物光能利用率提高到 1.5%;土肥水综合利用率提高 20%	稻麦等 C3 作物光能利用率提高到 2%;土肥水综合利用率提高 30%

表 4 智能农业

Table 4 Intelligent agriculture

	现状	2020 年	2030 年	2050 年
生产流通全程信息服务	覆盖到省和部分农业企业	覆盖到县级	覆盖到乡村	覆盖到每个生产和流通单元
主要农田信息综合监测系统	主要农区遥感估产,遥感旱情监测,洪涝雪灾灾情监测,测土配方施肥正在全国展开	全国及全球遥感估产,各种灾情遥感监测,建立农业资源数据库	主要农作物品质遥感监测,各种灾情预测,农业资源(水土林草)动态监测	多基本实现全国程度,部分内容实现全球程度农业资源动态监测和预报
生产过程精准管理	正在开展试点	90% 大型温室设施农业、50% 的禽畜鱼大型人工养殖场、东北和新疆 20% 的种植业实现单项或多项作业精准化,黄淮海平原、长江中下游开始大面积精准化作业试点	80% 的禽畜鱼大型人工养殖场、东北和新疆 40% 的种植业实现精化作业,黄淮海平原、长江中下游 20% 精准化作业,其他地区开始试点	智能温室、人工养殖业基本实现精准化管理,东北和新疆 70% 的种植业实现精化作业,黄淮海平原、长江中下游 40% 精准化作业,其他地区 20% 精准化作业

(4) 高值农业技术体系。至 2020 年,形成生物基为原料的高附加值产品的研发体系,初步建立集休闲、观光、教育、文化于一体的高值化服务型农业产业。至 2050 年,形成农业高值转化的产业体系,形成景观优美、功能多样、城乡一体的服务型农业产业体系(表 5)。

6 生态高值农业的总体路线图

6.1 在植物种质资源与现代育种科技发展方面

主要利用系统生物学、生物信息学、组学及其技术、基因工程以及生命科学与信息科学、材料科学等多学科交叉融合研究手段,采用重大产品导向的研发

战略,充分发掘和利用我国丰富基因资源优势,建立战略植物各层面基因资源库,根据需要优化设计植物新基因型,对目标基因进行扫描,对理想基因型“吉祥”组装,创制高产、优质、多功能性,并能够对环境进行快速响应的智能粮食作物、饲料作物和能源植物新品种。

6.2 在动物种质资源与现代育种科技发展方面

充分发掘我国丰富的畜禽水产动物资源优势,发展水产动物种质资源评价、发掘、保存利用技术,增强畜禽水产动物遗传改良力度。克隆鉴定出有重要价值的功能基因,进行分子育种价值的功能基因,进行分子育种设计,并与传统育种相结合,培育出生长速

表5 高技农业
Table 5 High-tech agriculture

	现状	2020年	2030年	2050年
分子设计	分子育种技术体系正在形成，已通过少量目的基因的转移和分子标记的跟踪实现对单一性状的分子改良，极少数的分子育种品种得到应用，其余均处于试验和验证阶段	形成分子育种技术体系，通过对多个基因的组合实现对多个性状的分子改良，分子育种品种的数量增加一个数量级以上	通过对关键基因及其时空表达过程、基因作用网络的调控实现对某类性状的分子设计，经过分子改良和分子设计的品种占比达到30%以上	实现覆盖全基因组的基因时空表达、翻译、修饰和调控技术，通过分子模块的耦合对动植物个体实行全基因组优化组装，从而创制出智能品种
农业生物质资源	生物质核心种质的分布、筛选和培育及其加工工艺和设备研究阶段	获得50~100个新生物质能源新品种、新种质；每年生产乙醇和生物柴油2千万吨	形成生物质资源相关产业群；每年生产乙醇和生物柴油5千万吨	每年生产乙醇和生物柴油1亿吨
高值转化 (二产)	主要以现有动植物产品为原料进行简单开发的单项技术，缺乏成熟的技术体系和高值产品	形成生物基为原料的高附加值产品的研发体系	形成营养保健品、天然化妆品、酶制剂等产业群	形成农业高值转化的产业体系
服务型农业 (三产)	在大部分城市的郊区有所发展	初步建立集休闲、观光、教育、文化于一体的服务型农业产业	围绕大中城市，形成服务型农业产业群	形成景观优美、功能多样、城乡一体的服务型农业产业体系

度快、蛋白含量高、产肉量高、饲料转化率高或抗病力强的猪、牛、羊、鸡和鱼、虾、贝新品种；发展特定病原特效育苗制备等技术，实现高效的、无病害的集约化养殖，提供健康安全的畜禽水产品。

6.3 在资源节约型农业科技发展方面

首先建立耕地监测管理，水、肥、能资源利用新肥料研发平台；在阐明区域耕地、水资源演变和调控，农业生态系统水、肥、能循环和调控，土壤退化阻止修复和定向培育等理论的基础上，实现水土资源集约利用、节地技术、少免耕技术、农田生物质资源高效利用技术和高效施肥技术体系的单项突破、研发配套农业机、制定生产的操作规范；创制新型缓释智能肥料，建立新肥料产业；最后结合农业信息化植物品种方面的发展，全面建立节时节地型农业、节水型农业和节能型农业三大生产技术体系，促进农业集约化生产与耕地生产力的稳定提升，稳定我国农业的可持续发展。

6.4 在农业生产与食品安全科技发展方面

充分采用计算机网络技术、3S技术、计算机可视化、地理信息系统、高质量的卫星图BP神经网络智能专家管理系统，并建立动植物病虫害流行的预警监测系统、智能专家管理系统，并建立以预防为主的综合防治的食品安全生产技术管理体系；建立从源头到餐桌的完整的食品安全数字追踪预警系统，实现精确监

测、先发制“病”、精确防控的“主动食品安全战略”；在全面解析动植物安全产品的各要素的基础上，运用基于精确、快速高通量检测“智能化个性营养食品”，满足每个人对食品安全和营养健康的持久需求。

6.5 在农业现代化与智能化农业科技发展方面

农业信息服务网络化所依赖技术相对成熟，基础条件具备，将在2020年前优先发展。农业资源管理数字化、农业生产过程管理精确化、农业装备智能化依赖与多项高技术的发展，处于研究开发阶段，需要制定长远发展计划。基本思路是：技术难点、关键部件（或模块）、重要系统发展模式，即首先突破关键技术难点，解决瓶颈问题，然后研发关键部件（或模块），最后进行重要系统的集成。

7 我国生态高值农业展望

我国经济面临“三农”问题的困扰和加入WTO后的一系列挑战，现阶段的农业已进入了结构转型的关键时期。我国生态农业在清洁化生产和维护生态环境等方面具有明显的效果和作用，也逐渐得到了世人的认可。另一方面，我国生态农业总体上还是一种发展中的新事物，正处于不断完善的过程中，需要根据其发展不断进行调整和创新。在新形势下，“生态高值农业”的提出将丰富我国农业的转型战略，促进我国农业的可持续发展，是我国生态农业产业化客观性和

必然性的体现。

尽管我国的地域类型众多,但从全国范围看,目前的“生态高值农业”应主要集中在富有区域特色的清洁食品生产与加工、绿色环保产业、生态观光旅游、废弃物循环利用、生态肥料、可降解膜、生物农药产业化等方面。

总之,解决世界经济发展所面临的人口、资源、环境这三大难题的根本出路在于实现经济的可持续发展。我国农业的现代化必然是现代化的“生态高值农业”,只有发展生态高值农业,才能充分挖掘农业增效、

农民增收的潜力,实现生态、社会与经济的可持续发展,实现人与自然和谐共处,最终达到经济、社会、生态综合效益的最大化。

致谢: 感谢段增强、董元华教授提供资料。

参考文献:

- [1] 中国科学院农业领域研究组. 中国至 2050 年农业科技发展路线图. 北京: 科学出版社, 2009
- [2] 赵其国, 段增强. 我国生态高值农业发展模式及其技术体系. 土壤学报, 2010, 47(6): 1 249-1 254

Characteristics and Objectives of Ecological High-value Agricultural System in China

ZHAO Qi-guo

(Agricultural Science and Technology Roadmap Study Group, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: Ecological high-value agriculture, a high-tech agricultural system and production mode fully equipped with modern and future new energies, materials, facilities, IT and biological technologies, aims at achieving high-value agricultural industry by improving the technological contents of agriculture and the level of agricultural management under the premise of ensuring a good eco-environment so as to effectively improve the productivity, level of being industrialized, competitiveness and comparative effectiveness of agriculture. Ecological high-value agriculture is a general concept that integrates ecological agriculture and environment, agricultural products being high-yield, high-quality and high-effectiveness with integrated technological, market-oriented and industrial economic values. It is the development direction of modern agriculture.

Key words: Ecological high-value agriculture, Productivity of agriculture, Level of being industrialized, Competitiveness and comparative effectiveness