

RESEARCH ON
THE DEVELOPMENT STRATEGY
OF BIOAGRICULTURE
IN CHINA

中

国生物农业
发展战略研究

杨星科 ■ 主编



科学出版社

中国生物农业发展战略研究

杨星科 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了生物农业理论的形成和发展过程,对生物农业的定义、内涵和外延及其知识要素、技术体系进行了界定和阐述,分析了国际农业先进国家如美国、以色列、日本等的生物农业发展经验;在对我国生物农业发展现状和需求分析的基础上,提出我国生物农业发展的总体思路、总体要求和发展方向,以及生物农业发展需要解决的关键科学问题;围绕我国生物农业的长远创新发展目标,提出实施六大发展战略和六大保障举措。

本书可为相关科研院所的科研人员和相关高校的教师与管理人员提供借鉴,为相关从业者和政府工作人员提供决策参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国生物农业发展战略研究/杨星科主编. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-056177-0

I. ①中… II. ①杨… III. ①农业科学—生物学—发展战略—研究—中国 IV. ①S18-51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 320917 号

责任编辑: 李 莎 / 责任校对: 王万红

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 北京睿宸弘文文化传播有限公司

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>

三河市骏立印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 9

字数: 180 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62138978 (BN12)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《中国生物农业发展战略研究》 编写委员会

主 编：杨星科

副主编：马 齐 高 峰

成 员(按照姓氏拼音排序)：

陈 立 陈志杰 董利苹 古志文 靳军宝

李延梅 孟繁东 齐 凡 任 珩 上官建国

田晓阳 王君兰 赵 勇 郑玉荣

以生物农业引领我国现代农业发展*

(自序)

李克强总理在 2016 年 3 月考察江苏、上海时强调,持续发展经济要通过发展现代农业固本强基,有序释放城镇化的内需潜力。他指出,发展现代农业是一项重大战略任务,通过深化改革同步推进“新四化”建设,是持续发展经济的重要支撑。

在农业科技和生产的现代化发展中,人们将各种不同学科领域的理论、技术、方法、工具和设备应用在农业生产中,形成了众多关于农业产业形态的概念,如工业化农业、石油农业、化学农业、机械化农业、基因农业、智慧农业、精准农业、生态农业、生物农业、有机农业、绿色农业等。这些概念在内涵和外延上存在或交叉、重叠、包含,或相对、相反、并列的关系,并且随着时代发展逐步改变着人们对于现代农业发展阶段和趋向的理解和认识。

20 世纪末以来,随着各学科理论技术交叉、渗透、融合的发展,生物学作为研究生物各个层次的种类、结构、功能、发育和起源进化以及生物与周围环境关系的科学,其理论、技术和应用研究表现出强烈的融合发展和整合发展的趋势,生物农业的概念也随之出现。但至今生物农业概念的内涵和外延仍存在不同的界定和争议。

在 30 多年的发展过程中,我国生物农业概念从最初主要针对生态农业、有机农业,逐步扩展到包含现代生物技术在农业中的广泛应用。这是我国生物农业概念不同于国外生物农业、生态农业、有机农业或农业生物技术概念的独特之处。欧美等国家生物农业概念主要指生态农业、有机农业,而我国生物农业概念覆盖所有生物学理论技术在农业中的应用,包括生物工程、有机、生态和分子生物技术等。

* 本序言从主编分别发表在《中国科学报》的两篇文章“以生物农业引领陕西现代农业发展”(2013-5-6)和“对发展生物农业的一些思考”(2016-6-27)融合而来。

当前,国内生物农业概念同时具有沿袭欧美的狭义界定和我国扩展的广义界定两种方法,在一定程度上造成概念理解和研究路线的分歧。

另外,生物农业是一个具有生物农业科学、生物农业技术、生物农业产业等多个层次含义的大类概念,而相关领域的研究人员和产业人士大多只了解和关注其中的某一层或某一方面内容,没有形成系统的、综合的生物农业概念体系。

我国在生物农业理论方面取得了重大进展,为深入开展生物农业实践奠定了坚实基础。在生态农业、农业生物技术研发利用及生物农业产业发展等领域,已经形成了初步的理论、技术和产业政策体系,同时,生物农业产业发展具有了一定的规模。在生态农业发展方面,我国在引进和吸收国外生物农业、生态农业、有机农业、持续农业等相关理论研究成果的同时,开展了对中国生态农业理论基础、发展历史、建设模式、技术及产业政策的研究和应用。

在生物学和农业生物技术研发方面,我国近年来的学科建设和科技能力日益提高,部分研究领域达到世界先进水平。根据武汉大学中国科学评价研究中心研发的《2014 年世界一流大学与科研机构学科竞争力排行榜》,我国在生物学与生物化学、植物学与动物学、微生物学、分子生物学与遗传学以及农业科学等学科领域,都有一批具有国际地位的科研机构。特别是中国科学院作为我国最重要的基础科学国家研究机构,在以上多个学科领域都进入世界前 10 名。

在生物农业发展战略与政策研究方面,我国高度重视农业生物技术研发应用和战略研究,采取了一系列政策措施促进生物农业科技和产业发展。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》确定了农业领域的优先主题,包括种质资源发掘、保存和创新与新品种定向培育,畜禽水产健康养殖与疫病防控,农林生态安全与现代林业,环保型肥料、农药创制和生态农业等。除将转基因生物新品种培育作为 16 个重大专项之一,还部署了动植物品种与药物分子设计、生物芯片、干细胞和组织工程等前沿技术研究与应用。

我国生物农业理论研究在得到一定发展的同时,还存在着一些发展中的不足与问题,主要表现在:概念认识尚不统一,理论和技术

体系尚不完善，缺乏有价值的研究成果以及成果应用转化程度不高，等等。

欧美农业发展历程表明，生物农业的迅速发展促进了新的生物农业产业类型，也促使生物农业的产业链不断升级。生物农业的产业链应该是以传统道地农产品生产为核心，生物肥料、生物兽药、生物农药等为上游或资源供给，生物农业服务业为辅助，生物功能食品为下游产品的链条式产业。

目前，我国农业的持续发展除面临国内主要农产品价格高于进口价格、农业补贴受世贸组织规则限制的两个“天花板”外，生态环境和资源条件两道“紧箍咒”也严重束缚农业的长远发展。与此同时，随着工业化、城镇化的推进，耕地数量减少、质量下降，农业劳动力大幅度减少，农业成本直线上升，土壤污染加剧，农业生产用水缺口呈扩大之势，农业资源约束也日益增强。

发展生物农业，可促进我国农业产业体系的根本转变，促进农业生产方式的根本转变和实现我国农业组织方式的根本转变，从而改变农业产业结构、农业形态结构，促进人类健康水平和生物工业水平的提升，走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的中国农业现代化道路。

杨星科

前 言

农业生产活动与人类文明进化息息相关,随着科学技术和社会文明的发展不断丰富。生物农业起源于 20 世纪初有机农业、生态农业的相关实践。生物农业的推进和发展动力之一是技术进步。20 世纪 50 年代分子生物学、细胞生物学、生物信息学、基因组学、系统生物学等现代生物学理论和技术的发展及在农业生产中的应用,使生物农业理论和技术得到极大发展。动力之二是人们对绿色安全食品的追求。随着化肥、农药的大量使用,在农作物产量得到大幅度提升的同时,人们面临土壤污染严重、农药残留导致的食品安全问题,对绿色安全食品的追求促进了有机农业、绿色农业、生态农业等的发展。

国际上,欧盟和美国等农业先进国家在生物农业的发展上重视实践,在农业生产、管理、产业化方面为我国提供了许多宝贵经验,特别是近年来在有机农业和绿色农业发展方面,包括绿色防控体系建设、食品安全保障体系建设等,值得我们学习和借鉴。

农业是国民经济的基础,在经济社会发展中占举足轻重的地位。目前我国农业发展基本还处于传统农业阶段,农业机械化程度落后,农业产业化结构不合理,粮食生产占比大,畜牧业占比小,农产品加工处于初级阶段,农业产业链条短贡献度低,农产品安全形势严峻。如何解决这一系列问题,推进我国农业从传统农业向现代农业发展,推进农业的革命性变革,是我国农业发展面临的重大挑战。

我国生物农业概念于 20 世纪 80 年代由欧洲引进,最初定义近似于有机农业和生态农业。20 世纪 90 年代,随着基因技术等农业生物高新技术的兴起,我国生物农业吸取了分子生物种业、生物疫苗、生物添加剂等产品和产业内容,形成综合了生态农业和现代农业生物技术产业的理论、技术和产业体系。理论和观念的创新必将影响我国生物农业的发展实践。

生物农业是现代农业发展的必然选择,是农业发展的方向。我国人口众多,人均资源匮乏,工业化、城市化、农业现代化进程中面临着巨大的人口、资源、环境压力。生物农业的发展对加速我国现代农业进程具有特殊战略意义。国家提倡发展生态农业、绿色农业、有机农业,这些都是生物农业的前期发展形态,是化学农业向生物农业过渡的必然阶段。

2017年2月5日,《中共中央国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》发布,将推进农业供给侧结构性改革作为推进农业发展新动能的关键举措。我国农产品目前面临非常严峻的安全形势,农药残留、重金属元素超标以及食品污染不仅影响到食品安全,还在农产品出口方面遭遇多种壁垒。如何提供绿色安全的食品供应是今后一段时期我国农业发展的重要任务,是深入推进我国农业供给侧结构性改革要着力解决的关键问题。发展生物农业,可促进我国农业产业体系的根本转变,促进农业生产方式的根本转变和实现我国农业组织方式的根本转变,从而改变农业产业结构、农业形态结构,促进人类健康水平和生物工业水平的提升,推进农业供给侧结构性改革的深入。

本书从理论发展、知识体系、国际启示、需求分析、实践应用、战略思考等方面对中国生物农业发展战略进行了探讨,由中国科学院西北生物农业中心和中国科学院兰州文献情报中心组成的联合战略研究团队分工负责完成。全书共分6章,第1章理论发展由古志文、杨星科负责完成;第2章知识体系由靳军宝、杨星科、马齐负责完成;第3章国际启示由董利苹、高峰负责完成;第4章生物农业发展现状由古志文、李延梅、孟繁东负责完成;第5章生物农业发展需求分析由任珩、陈立、田晓阳完成;第6章战略思考由高峰、任珩、马齐、杨星科负责完成。全书总体框架构想、统稿和修订由杨星科、马齐、高峰、任珩、古志文、上官建国、孟繁东、陈志杰、陈立完成。

本书由陕西省科学院重点项目“陕西省生物农业发展战略研究及中长期规划制定”资助。本书的完成得到中国科学院科技促进发展局、中国科学院西安分院、陕西省科学院、中国科学院西北生物农业中心、中国科学院兰州文献情报中心的大力支持。

鉴于生物农业理论和实践尚处于初级阶段，理论处于探讨之中，实践有待进一步加强，加之研究人员的知识水平所限，本书不足之处敬请读者批评指正。

编者

2017年4月

目 录

第1章 生物农业理论概述	1
1.1 生物农业概念和理论体系	1
1.1.1 农业生产技术与产业形态	1
1.1.2 生物农业概念界定	6
1.1.3 生物农业学科理论体系	8
1.2 国际生物农业理论的发展历程和趋势	9
1.2.1 生物农业理论的起源	9
1.2.2 生物农业理论的发展	11
1.2.3 生物农业理论的发展趋势和前景	13
1.3 我国生物农业理论发展的问题与对策	15
1.3.1 生物农业概念的提出与发展	15
1.3.2 生物农业理论研究的现状和问题	17
1.3.3 生物农业理论发展对策	20
参考文献	21
第2章 生物农业的知识要素和技术体系	23
2.1 生物学的第三次革命与现代生物产业发展	23
2.1.1 生物学第三次革命	23
2.1.2 系统生物学	24
2.1.3 合成生物学	25
2.2 生物农业发展的技术支撑	29
2.2.1 光合作用机理及应用	29
2.2.2 微生物与农业生产	30
2.2.3 生物技术与生物农业	33
参考文献	35
第3章 生物农业发展的国际经验与启示	37
3.1 国际农业发展现状及展望	37
3.1.1 国际农业发展的现状	43
3.1.2 现代农业发展历程	48
3.1.3 国际农业展望	50

3.2 国际生物农业发展经验	51
3.2.1 有机农业	51
3.2.2 场地管理	54
3.2.3 绿色防控体系	58
3.3 国际生物农业发展对我国的启示	59
参考文献	61
第4章 中国生物农业发展现状与问题	63
4.1 中国农业发展成就与不足	63
4.1.1 发展成就	63
4.1.2 存在问题	65
4.2 中国生物农业现状与问题	67
4.2.1 生态农业	68
4.2.2 绿色农业与有机农业	74
4.2.3 农业生物技术与农用生产资料	78
4.2.4 农产品加工业	82
参考文献	84
第5章 中国生物农业发展的需求分析	86
5.1 中国农业发展的自然条件与社会氛围	86
5.1.1 农业发展的自然资源	86
5.1.2 农业发展的生态环境	89
5.1.3 农业发展的环境氛围	92
5.2 中国生物农业发展需求	99
5.2.1 农业供给侧结构性改革的需求	99
5.2.2 传统农业向现代农业跨越的需求	99
5.2.3 传统农民向职业化农民转型的需求	100
5.2.4 提升农村城镇化水平的需求	102
5.3 生物农业发展的挑战与不足	103
参考文献	107
第6章 中国生物农业发展的战略思考	108
6.1 中国生物农业发展的总体思路与总体要求	108
6.1.1 总体思路	108
6.1.2 总体要求	109

6.2 中国生物农业的发展方向与亟待解决的重大关键问题	113
6.2.1 发展方向	113
6.2.2 中国生物农业发展亟待解决的若干重大关键问题	116
6.3 采取六大发展举措，实施六大发展战略	121
6.3.1 深化农业管理体制改革，实施政策环境营造战略	121
6.3.2 加强理论技术体系建设，实施技术创新跨越战略	122
6.3.3 重视新型农民培养，实施人才培育战略	123
6.3.4 加大资金投入，实施示范带动战略	123
6.3.5 加强市场开拓，实施绿色健康产品推进战略	125
6.3.6 融入“一带一路”倡议，实施国际化发展战略	126
参考文献	127

第 1 章 生物农业理论概述

生物农业具有理论（生物农学）、技术（生物农技）、产业经济体系（生物农产）紧密结合以及引领现代农业发展的特征。其概念和理论体系随着农业生物技术和产业的进步，经历了一个不断拓展深化的过程。

国外生物农业理论起源于 20 世纪初对有机农业、生态农业的相关研究。20 世纪 50 年代中期，分子生物学、细胞生物学、生物信息学、基因组学、系统生物学等现代生物学理论和技术的发展并应用到农业生产中，极大地促进了生物农业理论和技术的发展。20 世纪末、21 世纪初整合生物学理论的形成与发展及其在农业生产中的应用，预示着未来生物农业理论的研究发展，将吸收、融合更多现代生物科学元素，形成系统化、综合化的理论技术体系，引导未来农业生产科学、智能、健康、持续地发展。

我国生物农业概念于 20 世纪 80 年代由欧洲引进，最初定义近似于有机农业和生态农业。在 20 世纪 90 年代基因技术等农业生物高技术兴起后，吸取了分子生物种业、生物疫苗、生物添加剂等内容，现已形成了一种综合生态农业和现代农业生物技术的生物农业理论、技术和产业体系。

我国生物农业理论研究还存在概念认识尚不统一、理论和技术体系尚不完备、研究成果的应用转化程度不高等问题。为此，应加强生物农业理论和技术体系的建设，优化生物农业产业战略和政策研究，大力培养生物农业科技人才，促进科技成果转化。通过生物农业理论与实践的协同发展，促进我国现代农业和生物产业的持续健康发展。

1.1 生物农业概念和理论体系

1.1.1 农业生产技术与产业形态

农业是人类利用太阳能和生物机体的生命力生产食物、纤维等社会必需品的经济活动，是国民经济其他部门成为独立生产部门的前提和进一步发展的基础。农业生产活动随着科学技术和社会文明的发展不断进步。原始社会时期，农业是

人类唯一的生产活动,人们以石器、棍棒为工具获取野生动植物资源,并将其驯化利用。铁器、文字和国家出现以后,农业生产进入一种经验技能有序积累和制度化管理阶段;手工业和商业出现之后,农业仍是人类最主要的生产活动,这是人类传统农业与传统社会发展的时期。20 世纪初特别是第二次世界大战以后,随着现代科学技术、社会制度和国际经济体系的逐步发展,许多发达国家农业生产活动的社会化、专业化、商品化程度大大提高,形成了与现代工业、商业和科技发展相适应的现代化农业。

农业现代化发展主要包括工业化和生态化两种主要形态。在农业现代化发展期间,人们将各种不同学科领域的理论、技术、方法、工具和设备应用在农业生产中,形成了对现代农业生产形态的各种概念认识,包括工业化农业、石油农业、化学农业、机械化农业、基因农业、智慧农业、精准农业、生态农业、生物农业、有机农业、绿色农业等。这些概念在内涵和外延上存在或交叉、重叠、包含,或相对、相反、并列的关系,并且随着时代发展逐步改变人们对于现代农业发展阶段和趋向的理解。对这些概念及相互关系的区分与理解有利于我们科学认识生物农业发展的范畴和意义。

1) 工业化农业、化学农业、石油农业、机械化农业

工业化农业是大量利用机械、合成肥料、杀虫剂、基因技术、灌溉技术等进行的现代资本密集型农业生产方式。其生产特征包括单一化大量种植或养殖、大量使用化肥和杀虫剂、使用机械化生产工具与设施、易于造成环境污染等。第二次世界大战以后,农业工业化和工业化农业在美国等发达国家得到快速发展,如今已经在主要发达国家主导大多数农业生产活动。该农业生产在带来生产效率巨大提高的同时,存在着不可持续性发展的问题,因此正受到越来越多学者、农民社团的批评与抵制。

工业化农业强调资本、生产效率和商业效益。其对机械、化工产品、单一产品种和规模的追求,不利于小型家庭农场、乡村生态景观和生物多样性的保护,并造成环境的污染和破坏。相对而言小农更关注农业生产的整个过程及其多重价值,能够秉持传统的农业伦理,维持农业生态平衡,守护乡村景观,保护小农自身权益。为此,2011 年联合国大会第 66 届会议将 2014 年定为“世界家庭农业年”,旨在提高家庭农业和小农户农业的地位,促使全世界重视家庭和小农户农业在减轻饥饿和贫困、提高粮食和营养安全、改善生计、管理自然资源、保护环境,特别是在农村地区推动可持续发展方面的重要作用。

化学农业、石油农业、机械化农业都是工业化农业的具体表现形态，是人们对工业化农业某种具体特征的表述方式。其中，化学农业强调农业中杀虫剂、除草剂、动物激素等化学品的应用及其对土壤养分的破坏；石油农业强调农业生产中石油机械、石油原料的密集使用；机械化农业突出农业工业化中农业机械化特征。

2) 生态农业、有机农业、持续农业、绿色农业

美国土壤学家 W. Albreche 于 1970 年最早提出生态农业 (Ecological Agriculture) 一词。其后，英国农学家 M. Kiley-Worthington 于 1981 年阐释其 7 个方面的要求：“生产上能自我维持，多样化，限制资本投入而增加人员投入，采用适当技术使单位土地产出最大化，经济上可赢利，本地化加工和出售，伦理和审美上可接受” (M. Kiley-Worthington, 1981)。我国在 20 世纪 70~80 年代开始探索生态农业理论和实践，学者骆世明 (2017) 在前人研究基础上重新定义我国的生态农业：生态农业是一种积极采用生态友好方法，全面发挥农业生态系统服务功能，促进农业可持续发展的农业方式。不同国家在实施农业生态转型的时候都会推进生态农业的建设与发展，只是各国赋予该农业形态的名称各异。除生态农业名称，欧盟还称之为“多功能农业”，韩国称为“环境友好型农业”，日本称为“环境保全型农业”等。另外，循环农业、低碳农业、有机农业、自然农业等也都是生态农业的某种存在和表现形式。

2008 年，国际有机农业联盟 (International Federal of Organic Agriculture Movement, IFOAM) 经过 3 年研究，提出有机农业的定义：有机农业是一种能维护土壤、生态系统和人类健康的生产体系，它遵从当地的生态节律、生物多样性和自然循环，而不依赖会带来不利影响的投入物质。有机农业是传统农业、创新思维和科学技术的结合，有利于保护我们所共享的生存环境，也有利于促进包括人类在内的自然界的公平与和谐共生 (黄卫平等, 2014)。

1991 年，联合国粮食及农业组织通过了著名的《关于农业和农村发展的登博斯宣言和行动纲领》，提出持续农业是一种技术上应用适当、环境不退化、经济上能维持并能被社会接受的发展模式。1993 年在北京召开的国际持续农业与乡村发展大会上，再次强调持续农业是不断发展而不会破坏环境的农业模式 (金莲等, 2012)。我国学者还提出了集约持续农业 (Intensive-sustainable Agriculture) 的概念及其特点：一是集约农作，二是高效增收，三是持续发展 (刘巽浩, 1994; 王芳, 2006)。

我国绿色农业概念是在绿色食品工程基础上提出的。从 20 世纪 80 年代末、

90年代初开始,经过绿色食品工程长达十几年的工作实践,绿色食品创始人、时任中国绿色食品协会会长刘连馥总结得出经验:“安全食品是生产出来的,不是检测出来的,安全食品要从源头抓起,要从生产抓起。”于是2003年10月,在联合国亚太经社理事会主持召开的“亚太地区绿色食品与有机农业市场通道建设国际研讨会”上提出了绿色农业理念。2005年5月,回良玉副总理对卢良恕、关君蔚等6位专家提出的《关于绿色农业科学研究与示范基地建设的建议》做出重要批示,对绿色农业发展予以支持。2011年12月31日,中国绿色农业联盟成立,联盟的主要任务是,开展绿色农业的理论研究工作,不断完善绿色农业的理论体系建设;开展绿色农业的实践与示范活动,不断研究和推广绿色农业的发展模式;开展绿色农业的新技术项目研发工作,不断为绿色农业的建设和生产提供有效服务;开展与绿色农业相关联的有益活动,不断提升绿色农业联盟的社会效益;开展和组织联盟成员间的信息交流和产业协作,不断提高联盟成员的综合经济效益。2013年3月,九三学社中央在全国政协十二届一次会议上还提出《关于加强绿色农业发展的建议》提案,建议政府采取各种措施,帮助农民改善耕地质量及淡水资源污染问题。

3) 传统农业与现代农业

现代农业是与传统农业相对的概念。美国著名经济学家舒尔茨认为:“传统农业是一种完全以农民世代使用的各种生产要素为基础的农业”。经济学家主要从技术、结构、制度3方面探讨现代农业的内涵(金莲等,2012)。

在技术层面,普遍的观点是将现代农业视为技术进步的结果,速水佑次郎和弗农·拉坦将农业发展过程中的技术进步分为劳动替代型的机械技术和土地替代型的生物化学技术。美国农业经济学家约翰·梅尔则把农业发展分为传统农业、低资本技术农业和高资本技术农业3个阶段。

在结构层面,约翰·梅尔认为经济结构的变化表明传统经济体系向现代经济体系的转换。托达罗则将发展中国家的农业现代化进程分为维持生存的农业发展阶段、混合和多种经营的农业转变阶段及专业化农业3个阶段。

在制度层面,现代农业是在农业的不断商业化过程中形成和发展起来的(郭剑雄,2003)。现代农业中农民的大部分经济活动被纳入市场交易,高级市场交易成为基本交易形式,并形成非人格化的交易秩序。现代农业组织以企业化、规模化和中间组织的发达,以及组织的功能性、单一性和开放性为重要特征。现代农