

农业生物技术系列

微生物肥料生产 及其产业化

葛 诚 主编 李 俊 沈德龙 副主编



化学工业出版社

微生物肥料是近 20 年来发展起来的一类绿色、新型肥料,对提高农产品质量改进品质、防病害、保护农业生态环境有良好的作用。

全书详细阐述了我国微生物肥料生产及其产业化进程,重点介绍了当前使用的各类微生物肥料产品,包括其作用机理、生产工艺、正确使用方法、效果评价等,力争做到集科学性和实用性为一体。另外,为了增强生产实践的指导性,提高创新能力,为我国现有微生物肥料企业提供产业化思路,书中介绍了若干家有影响的企业在产业化过程中的做法和体会,以供借鉴。

本书适合生物肥料企业技术人员、管理人员,农业技术推广人员,绿色食品生产基地生产技术人员阅读,并且可作为农业院校教师和学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

微生物肥料生产及其产业化/葛诚主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 3
(农业生物技术系列)
ISBN 978-7-122-00065-1

I. 微… II. 葛… III. ①细菌肥料-生产②细菌肥料-农业产业化-研究 IV. TQ446 F767.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 029874 号

责任编辑:邵桂林 周旭	文字编辑:朱恺
责任校对:周梦华	装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社
生物·医药出版分社
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 14 1/4 字数 337 千字 2007 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元
京化广临字 2007—11 号

版权所有 违者必究

《微生物肥料生产及其产业化》主编与编写人员

主 编 葛 诚

副 主 编 李俊 沈德龙

编 写 人 员 (按姓氏拼音排)

包雪梅	曹宝玲	曹凤明	陈德元	陈运学
邓祖科	杜迎辉	冯瑞华	葛 诚	葛一凡
黄大明	纪雪洋	姜 昕	李 俊	李 力
林启美	刘 健	马 睿	马庆华	沈德龙
孙家驹	孙焱鑫	唐先龙	万光存	王幼珊
郝贵明	徐开未	徐树建	杨小红	于景丽
张美庆	张文奎	张小平	张永升	张有山
赵海英	赵小蓉	周性敦	左广胜	

前 言

微生物肥料是一类以特定微生物为主体的生物肥料，虽然其在我国的研究、生产和应用已有数十年的历史，但整个过程并非一帆风顺。第一，在认识上有人将微生物肥料神秘化，似乎它可以“取代化肥”，无限夸大其作用，在宣传、广告上不遗余力，甚至将微生物肥料与化学肥料对立起来，误导农民，以至于出现了1亩地使用500g即可向作物提供充分的氮磷钾元素和微量元素营养的广告。另外则是从根本上否定微生物肥料的作用，认为只有元素营养才是植物营养，微生物肥料是“另类”。所以在认识上出现了对微生物肥料截然不同的看法。第二，从行业自身的发展看，也经历了一系列变化，生产设备、生产条件是由简陋、不规范、不科学到逐步正规化。行业发展初期“一口大锅”式的设备也被用来生产微生物肥料，其产品质量和应用效果可想而知；人员素质的提高更是体现了20多年微生物肥料行业的飞速发展，过去的那种“无知才无畏”的情况很少见了，目前企业实现了产、学、研结合，行业内已有了一批拥有先进设备、高技术素质人员的企业。第三，政府从管理上做了许多推进工作，不仅在产品的登记管理方面采取严谨、科学、推进的态度，而且10多年来颁布了一系列的标准，使微生物肥料行业已经初步形成标准体系，对规范和提高产品质量推动很大。第四，从20多年的应用效果看，微生物肥料的作用正在为广大农民所接受，尤其是在我国长期过分依赖化学肥料的种植模式下，微生物肥料的效果逐步显现，在可持续发展中的地位也会日益重要。值得一提的是，由澳大利亚西澳大学的 Lynette K. Abbott 和 Daniel V. Murphy 主编，来自澳大利亚、美国、英国、新西兰、加拿大等国的26位作者共同撰写的《土壤生物肥力》已于2003年出版，书中将土壤肥力分为化学肥力、物理肥力、生物肥力3个方面，表明对于土壤肥力认识的深入和发展。不可否认，多年来由于研究手段的制约，人们对土壤动物、土壤微生物群体的组成和活动对土壤肥力的贡献知之甚少，但如何认识土壤生物肥力以及如何使它们在可持续农业发展中发挥其作用，应该是一个重要的课题。微生物肥料行业发展至今，经历了无序、混乱、有序管理的阶段以后，应该说进入了进一步产业化和创新发展的新时期，纵观行业整体状况，依然是“产业化进程还有相当的路要踏踏实实地走，需要投入，需要付出”，行业的技术创新更是一件尚未做好，需要认真去做的大事。在距《微生物肥料生产应用基础》出版6年多之际，我们邀请部分作者一起就微生物肥料发展新时期应该做好的一些工作共同编写了这本书。编撰的方针依然是以普及为主，书中提出一些观点以供人们在行业产业化和技术创新过程中参考、借鉴。由于水平所限，加之时间仓促，不足之处在所难免，欢迎广大读者批评、指正。

葛诚 李俊 沈德龙

2007. 1. 6

微生物学与工程可供图书书目

书 名	作者	出版时间	开本	装订	单价(元)
微生物功能基因组学	周集中 多罗西娅·K·汤普森等著	2007.2	16	平	70.00
现代微生物技术丛书——微生物分子育种原理与技术	汪天虹	2005	小 16	平	45.00
现代微生物技术丛书——农业微生物技术	孔健	2005	小 16	平	30.00
现代微生物技术丛书——微生物技术开发原理	曲音波 林建强	2005	小 16	平	35.00
现代微生物技术丛书——资源环境微生物技术	高培基 许平	2004	小 16	平	48.00
现代微生物技术丛书——微生物酶转化技术	宋欣	2004	小 16	平	35.00
现代微生物技术丛书——药物微生物技术	李越中	2004	小 16	平	30.00
微生物重要代谢产物——发酵生产与过程解析	陈坚 等	2005	16	平	65.00
农业生物技术系列——微生物农药研发与应用	周毓 喻子牛等	2006	小 16	平	38.00
微生物动力学模型		2004	大 32	平	32.00
多尺度微生物过程优化		2003	16	平	45.00
海洋微生物及其代谢产物	林永成	2003	16	平	68.00
现代微生物遗传学	陈三凤	2004 重印	16	平	35.00
生物实验室系列——分子生物学实验参考手册	[美]简·罗斯凯姆斯、琳达·罗杰斯编	2005	小 16	平	28.00
生物实验室系列——发酵工程实验技术	陈坚等	2004 重印	16	平	56.00
现代发酵工程丛书——发酵过程解析、控制与检测技术	史仲平 潘丰	2005	小 16	平	45.00
现代发酵工程丛书——现代发酵微生物实验技术	诸葛健	2005	小 16	平	28.00
现代生物技术丛书——生物信息学	王翼飞	2006	16	平	
现代生物技术丛书——生物传感器	张先恩	2006	16	平	59.00
现代生物技术丛书——生物芯片技术	陈忠斌	2005	16	平	76.00
现代生物技术丛书——生物制药技术	朱宝泉	2004	16	平	60.00
现代生物技术丛书——生物工程下游技术(第二版)	刘国銮	2003 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——微生物工程	焦瑞身	2003	16	平	78.00
现代生物技术丛书——环境生物工程	伦世仪	2002 重印	16	平	45.00
现代生物技术丛书——酶工程	罗贵民	2004 重印	16	平	50.00
实用生物技术丛书——非热杀菌技术与应用	李汴生 阮征	2004	16	平	35.00
实用生物技术丛书——细胞融合技术与应用	罗立新	2004	16	平	25.00
实用生物技术丛书——酶的生产与应用	郭勇	2005 重印	16	平	35.00
微生物重要代谢产物——发酵生产与过程解析	陈坚 等	2005	16	平	68.00
生物催化工艺学	孙志浩	2005	16	精	98.00

续表

书 名	作者	出版 时间	开本	装订	单价(元)
生物催化和生物降解——有机化合物的微生物转化	L. P. 瓦科特, C. D. 赫施伯格 沈德中等译	2005	小 16	平	35.00
海洋生物技术研究进展		2005	16	平	58.00
代谢工程的途径分析与优化	N. V. Torres, E. O. Voit, 修志龙译	2005	小 16	精	45.00
发酵工程关键技术及其应用	欧阳平凯	2005	16	平	49.00
发酵过程原理	叶勤	2005	小 16	平	30.00
生物化学仪器分析与实验技术	周先碗 胡晓倩	2005 重印	16	平	45.00
污染环境的生物修复	沈德中	2002 重印	16	平	45.00
病毒感染的分子生物学	李琦涵	2004	小 16	平	48.00
微生物药理学	陈代杰	2004 重印	16	精	90.00
海洋生化工程概论	王长海	2004	小 16	平	40.00
生物化工新产品与新技术开发指南(二版)	戎志梅	2004	16	平	78.00
生物化工产品生产工艺技术及应用	任凌波	2004 重印	32	平	40.00
生物技术投资必读——如何投资生物技术与生命科学板块	[美]唐马克	2005	大 32	平	28.00

邮购电话/传真: 010-64518888 或 010-64518899 E-mail: yougou@cip.com.cn

如果您需要了解更多信息, 欢迎登录我社网站: www.cip.com.cn

目 录

第一章 我国微生物肥料生产应用现状及特点	1
第一节 微生物肥料概述	1
第二节 我国微生物肥料发展的几个阶段和特点	4
第三节 我国微生物肥料生产应用中的问题和发展趋势	6
一、微生物肥料生产的一些问题	7
二、微生物肥料应用环节方面的问题	7
三、微生物肥料的发展趋势	7
第四节 我国微生物肥料行业的管理	8
一、微生物肥料登记机构	9
二、微生物肥料登记类型	9
三、微生物肥料生产菌种的相关要求	9
四、不予受理的申请	9
五、登记资料要求	9
六、田间试验承担单位	10
七、其他要求参照管理办法	10
第二章 现阶段我国微生物肥料产品种类及特性	11
第一节 根瘤菌制剂	11
第二节 自生及联合固氮菌类制剂	13
第三节 溶磷细菌制剂	14
第四节 溶磷真菌制剂	16
第五节 硅酸盐细菌制剂	16
第六节 促生细(真)菌制剂	17
第七节 光合细菌制剂	18
第八节 有机物料腐熟剂	18
第九节 土壤(水体)生物修复剂	19
第十节 放线菌制剂	20
第十一节 厌氧菌制剂	20
第十二节 微生物种子包衣剂	21
第十三节 复合微生物制剂	21
第十四节 生物有机(无机)肥料	22
第三章 我国微生物肥料发展的若干基础问题	23
第一节 土壤生物肥力的概念及发展	23
一、生物肥力概述	23
二、生物肥力的形成	25
三、生物肥力的测量及其农业应用	32

第二节 微生物肥料产品、生产菌种的安全管理及其要求	34
一、微生物肥料生产常用菌种的种类	34
二、微生物肥料安全管理的必要性	35
三、微生物肥料安全管理的依据	35
四、微生物肥料安全管理的具体要求	36
五、微生物肥料安全管理的程序	36
六、微生物肥料安全鉴定的方法	36
七、微生物肥料安全性评价规定	40
第三节 微生物肥料的标准基础	41
一、国外微生物肥料发展及标准情况	41
二、我国微生物肥料标准发展历程	44
第四节 Biolog 微生物自动鉴定系统在微生物肥料行业的应用	52
一、Biolog 微生物自动鉴定系统	53
二、Biolog 微生物自动鉴定系统的应用	55
三、Biolog 微生物自动鉴定系统在微生物肥料菌种鉴定及检测中的应用	57
第五节 细菌鉴定的分子生物学方法	59
第六节 厌氧微生物的基础及在微生物肥料中的应用	67
一、厌氧微生物的概念	67
二、厌氧微生物的分布和作用	67
三、厌氧微生物的取样方法	68
四、厌氧微生物的培养与分离	68
五、厌氧微生物的计数方法	77
六、厌氧微生物的分类与鉴定	78
七、厌氧微生物的保藏技术	80
八、微生物肥料常用的几种厌氧微生物	82
第七节 微生物溶磷的研究进展	84
一、微生物解磷的研究	84
二、溶磷微生物对不同磷矿粉的溶解能力	87
三、4 种不同生态环境中溶磷细菌的数量及种群分布	91
第八节 细胞(微生物)大规模培养的生物发酵工程技术新进展	96
一、国内外商品化生物反应器(发酵罐)装备制造技术的进展和应用	96
二、基于多尺度参数相关分析的发酵过程优化与放大理论及其应用	111
三、细胞(微生物)大规模培养过程系统生物学的展望	114
第九节 花生根瘤菌与钼复配、与钼配合施用的效果研究	117
一、用 <i>celB</i> 、 <i>gusA</i> 基因检测慢生花生根瘤菌竞争性的可行性研究	118
二、接种根瘤菌和配合施用钼的效果研究	119
三、“根瘤菌+Mo”复合根瘤菌剂的研制及接种效果	120
四、“接种根瘤菌和配合施用钼”与“根瘤菌+钼”复合菌剂的效果比较	126
五、结论	127
附录 菌种安全分级目录	128

第四章 微生物肥料生产的几个问题	132
第一节 生产菌种的选择和确定.....	132
第二节 生产菌种的保藏、纯化和复壮.....	133
一、几种主要的菌种保藏方法.....	133
二、菌种的纯化.....	135
三、菌种的衰退和复壮.....	135
第三节 生产工艺应注意的几个重要环节.....	136
第四节 微生物肥料生产企业质检体系的建设.....	137
第五章 微生物肥料的正确使用及效果评价	139
第一节 微生物肥料的使用.....	139
第二节 微生物肥料使用效果评价.....	140
第三节 微生物肥料使用中需要解决的问题.....	141
第六章 部分企业微生物肥料产业化工作中的做法和体会	143
第一节 农业微生物肥料高技术产业化.....	143
一、概述.....	143
二、技术特点、菌种特点、工艺技术路线及设备选型.....	144
三、产业化带来了稳质高产.....	150
四、展望.....	151
第二节 根瘤菌剂产业化技术与推广应用效果.....	152
一、豆科作物与根瘤菌共生体系的匹配筛选.....	152
二、根瘤菌剂产业化工艺技术.....	155
三、富思德根瘤菌推广应用效果.....	156
第三节 微生物肥料产业化工作的几点做法.....	160
第四节 MI 微生物技术在农业生产中的应用	163
一、MI 微生物作用机理	165
二、MI 生物肥的使用效果和经济效益	167
三、优质高产安全机理分析.....	168
四、MI 产品的效力验证	171
五、生产工艺简介.....	172
六、市场竞争优势.....	174
第五节 微生物肥料在热带作物的应用和前景.....	175
第六节 生物有机-无机复合肥的开发应用	178
一、生物有机-无机肥的研制	178
二、生物有机-无机肥的生产与应用	180
三、试验结果及分析.....	182
四、结论.....	184
第七节 绿宝水肥营养缓释剂在生物肥中的应用.....	185
一、主要内容.....	185
二、项目实施情况.....	185
三、完成情况.....	189

四、项目实施的经济、社会与生态效益·····	189
五、存在问题与建议·····	190
第八节 微生物肥料在福建农林产业的应用·····	191
一、有机茶专用生物肥料对茶叶产质量的效应·····	191
二、生物有机肥料对土地集约利用的生态效应·····	193
三、生物有机肥料对生物产量的效应·····	196
第九节 微生物肥料市场定位与推广实践·····	198
第十节 餐厨垃圾微生物处理技术及其产业化的几个问题·····	204
一、我国餐厨垃圾的处理现状及存在的问题·····	204
二、餐厨垃圾微生物处理技术的工艺学原理及优势·····	205
三、餐厨垃圾微生物处理技术前、后端产品简介·····	206
四、微生物肥料和生物蛋白饲料的作用和使用效果·····	206
五、餐厨垃圾微生物处理技术带来的效益·····	208
六、餐厨垃圾产业化的几个问题·····	208
第七章 微生物肥料产业化及创新的几个问题·····	210
一、长远的、战略性的基础和应用基础研究·····	210
二、微生物肥料生产、应用创新的若干问题·····	211
三、微生物肥料产业化的几个问题·····	212
参考文献·····	214

我国微生物肥料生产应用现状及特点

第一节 微生物肥料概述

微生物肥料是指一类含有活微生物的特定制品，应用于农业生产中，作物能够获得特定的肥料效应，在这种效应的产生中，制品中活的微生物起关键作用。这个定义是已故的我国土壤微生物学的奠基人、中国科学院院士、华中农业大学陈华癸教授于1994年针对我国对于微生物肥料的含义、作用的模糊认识和争论提出来的，十分科学和准确。陈华癸教授还提出此类产品中一类为其中所含的微生物的生命活动增加了植物元素营养的供应量（包括土壤和生产环境中植物营养的供应量和植物营养元素的有效供应量）。另一类为其中所含活微生物生命活动的作用，不限于提高植物的元素营养供应，还包括更广泛或至今尚不十分明确其作用的产品。

在我国，微生物肥料的名称存在已经有60年以上的历史，但由于农业微生物学，尤其是土壤微生物学的研究滞后，致使我们对于构成土壤肥力的3个方面（化学肥力、物理肥力、生物肥力）之一的生物肥力了解甚少。例如土壤微生物在土壤中的物质转化与循环的过程知之不多，加上土壤微生物学的研究手段限制，甚至大多数土壤微生物种类还不能进行分离、培养，使得我们对于其中的许多环节缺乏基本了解，造成迄今为止的认识远远落后于实际的基本状况。其次，随着农业生产的发展，尤其是可持续发展的要求，需要我们的许多认识不断地向前发展，才能逐步向事物的本来面目靠近。然而，在这方面对微生物肥料的认识则有不小的差距。关于人类营养学的研究很值得我们借鉴。众所周知，长期以来，蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素、水被认为是人类的6大营养素，是人类生长、发育不可或缺的，它们或是被吸收后形成细胞、组织，或是参与生命活动中的诸多环节。然而，随着人类经济的发展、生产水平的提高、生活水平的大幅度改善，一些现代文明病也伴随而来。如心脏病、高血压、高血脂、糖尿病、肥胖病以及一些癌症的发病率增加很快。通过研究，1953年英国流行病学家菲普斯利首先提出“膳食纤维”的概念，1960年英国营养学专家对非洲一些国家的调查发现，非洲居民因为天然膳食纤维摄入量高，上述现代文明病明显低于英国。1972年菲普斯利又提出“食物纤维”的概念，并指出现代文明病的发病率与食物纤维的消耗量成反比。此报告的发表立即引起许多国家的营养学界、医药界的重视，经过多年的研究，于1999年3月100多位来自各国的学术界、公益界、法规政策部门、企业界等各方人士进行了在线讨论，尤其是讨论了膳食纤维的定义和作用，同年11月在1次专门

的会议上确定了膳食纤维的定义，可以理解为以下几点。

膳食纤维是一种可食用的植物性成分，而非动物性成分，包括可溶性膳食纤维（如果胶等亲水胶体物质和部分半纤维素）和不可溶膳食纤维（如纤维素、木质素和部分半纤维素）两种。它们是能抗人体小肠消化吸收的且在人体大肠能部分或全部发酵的可食用的植物性成分。

膳食纤维虽然不能由人体消化吸收，但缺少它可以导致人类罹患多种现代文明病，例如胆结石、糖尿病、肥胖、动脉硬化、高血压、心脏病、一些癌症、便秘等。

根据研究，膳食纤维具有多种理化特性和生理功能，如增加粪便体积，加快肠胃蠕动，促进排便，减少对毒物的吸收；促进肠道内多种有益菌的活动，改善消化吸收功能和增强免疫力；有一定的黏度；吸附胆酸，减少胆固醇的合成；防止摄入过多热能等。

有鉴于此，膳食纤维被认为是人类蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素、水 6 种营养素之后的第 7 种营养素，它的概念和作用又与传统意义上的“营养”完全不同。人类对膳食纤维的研究和界定以及对它作用的认识，将给我们带来重要的启示。

事实上，我国几十年来对微生物肥料的研究和认识也是不够的，不仅认识不足，而且争议不少。有许多值得我们深入探讨的方面。

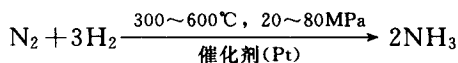
（1）微生物在整个土壤肥力的形成、维持中的作用研究的不够，在“土壤肥力”的概念中更多的是注意到化学肥力（各种营养元素的速效、缓效成分、含量）、物理肥力（容重等），微生物活动（可能还包括土壤动物）对化学肥力、物理肥力的作用和影响远远了解得不够，研究手段的滞后，更是局限了认识。以至于在许多方面极少把土壤看成是一个“活”的载体。

（2）改革开放以来，农业发展模式有很大变化。由于在整体的投入上增加很大，农作物的产量和供应有明显的改观，突出的是作物良种、肥料（尤其是化肥）、农药（尤其是化学农药）、灌溉等在这方面的贡献重大，但是，不均衡的发展和一些方面的不科学的投入，正如人类的现代文明病一样，我们赖以生存的土壤有没有“现代文明病”呢？是不是也值得我们深入研究？

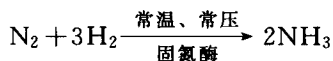
（3）微生物肥料有哪些作用？虽然有一定的研究，但由于研究的历史短，手段滞后，整体上的了解依然不足。总的来说，微生物肥料的作用是一种综合作用，我们已经知道的一些，例如如下几种。

① 增进土壤肥力。这是微生物肥料的主要功能之一。例如各种自生、联合或共生的（与宿主植物共生时）固氮微生物肥料，可以增加土壤中的氮素来源，多种溶磷、解钾的一些微生物肥料，如芽孢杆菌或类芽孢杆菌、假单胞菌的应用，可以将土壤中难溶的磷、钾分解出来，转变为作物能吸收利用的磷、钾化合物，使作物生长环境中的营养元素供应增加。一些微生物肥料的应用还增加了土壤中的有机质，促进土壤团粒结构的生成，提高土壤肥力。土壤微生物的生命活动与土壤肥力之间的关系是肯定的，由于研究手段的不足，许多机理一时难以全面阐明。多年来对于微生物生命活动与土壤难溶钾的活化，一直是争论不休的话题，最近的研究初步表明微生物产生的有机酸、酶、荚膜多糖等确实破坏了钾长石的晶格而使可溶钾释放出来。土壤中矿物营养的循环过程主要与土壤生物（微生物和土壤动物）的生命活动分不开，只不过是我們对此了解的太少而已。

② 制造和协助农作物吸收营养。以合成氨工艺为例说明氮肥制造过程：



这个工艺是当温度达到 300~600℃，压力达到 20~80MPa（几十个标准大气压），在有催化剂存在的条件下，即可打开氮气分子的联接三键（N≡N），加入氢后，合成氨分子，然后通过不同的设备、途径得到了不同的氮肥品种。例如碳酸氢铵、氯化铵、硫酸铵、尿素等。自然界还存在着部分微生物，它们体内由于有固氮酶，可以将自然界的氮气还原为氨：



这种反应的原理与化学法合成氨的原理完全一样，不同的是反应不需要在高温、高压条件下进行，在常温、常压条件下即可完成。另外催化酶就是这些微生物体内的固氮酶。有人依此将这些固氮微生物，尤其是侵染豆科植物在其根上形成的根瘤形象地比喻为一个微型氮肥厂是十分贴切的。

除此以外，人类的合成氨反应（化学固氮）是一个高耗能过程，通常 1.5kg 石油可以生产 1kg 氮肥，而微生物实现的生物固氮虽然也是一个高耗能过程，但其能源来源主要是来自微生物自身或者像共生固氮主要来自宿主植物光合作用。

与化学固氮相比，生物固氮更为优质，利用率高，其释放氮素过程是持续的，后效期长，浪费少，对环境无污染。有人估计全球每年的固氮量约为 2.6 亿吨，其中化学固氮为 0.77 亿吨左右，生物固氮为 1.76 亿吨，占 2/3 以上。随着生物固氮农业应用的范围、规模、技术的扩大，生物固氮对人类的价值，尤其是对可持续发展的贡献将会越来越大。

微生物肥料对作物吸收养分的促进大致有两个方面的机制，一些微生物，例如 AM 真菌（丛枝菌根真菌）是一类土壤真菌，可与多种植物根系共生，其菌丝可以伸出作物根部，向外延伸，有效地增加了作物根的吸收面积和吸收能力。现有的研究表明，AM 菌根真菌不仅可增强作物对水分的吸收能力，而且可以增强对矿质营养（如磷、氮、钾以及锌、铁、硫、钼）的吸收和同化。还有研究证明，AM 真菌在促进根系对水分的吸收方面显著，表现出抗旱的作用。另一种机制是微生物肥料中的有益微生物通过多种次生代谢产物的作用，促进作物的根系发达，吸收功能增强，使作物生长健壮，营养状况改善，达到增产目的。

③ 促进失衡的土壤微生物区系的改善和恢复。由于研究手段的不足，较长时间以来，有关不同类型和肥力的土壤、土壤微生物的阈值、土壤微生物区系和数量变化的整体研究十分薄弱，但已有一些研究指出，不合理或不科学的种植模式（如长期、大量过分依赖化肥或者连作）造成土壤微生物区系的失衡，表现为有益细菌类群和数量下降，有害真菌的数量上升，土壤的持续生产能力下降，病害严重，当增施有机肥料、生物肥料后情况得到改善，甚至可获得恢复。有关土壤生物肥力的变化应该加强研究和测定，以改变土壤的“现代文明病”的发生状况。

④ 促进作物生长和改善、提高作物品质。近些年有关使用微生物肥料后对作物生长促进和改善、提高作物品质的报道日渐增多。微生物肥料中的特定微生物的次生代谢产物促生作用明显，在农产品品质的改善上表现为蛋白质、糖分、维生素的含量提高，硝酸盐含量下

降；在蔬菜、瓜果等作物上体现为风味、口感的改善。对作物品质的改善比产量提高的益处更大。

⑤ 降低作物病（虫）害的发生，增强抗病（虫）害能力。微生物肥料对于减少、降低作物病（虫）害的机制大体上是两个方面：一是微生物肥料中的特定微生物可以产生一种或两种抗生素，有的则产生铁载体，将铁螯合起来，限制了有害微生物的生长、繁殖，有的微生物可控制线虫的危害；另一方面是施用微生物肥料后，其中的微生物在作物根区的大量生长和繁殖，占据病原微生物的生存空间，起到减轻或降低病（虫）害发生的作用。相关试验结果或研究报告均反映了这种效果。

⑥ 对土壤环境（水体）的净化和对有机物料的腐熟。微生物肥料中的特定微生物对土壤环境（水体）有明显的净化作用，有的对一些污染物有较强的降解能力。近几年出现的土壤（水体）生物修复剂在降解有机磷农药污染起了很好的作用。众所周知的有机物料腐熟剂对多种有机物料（秸秆、畜禽粪便、生活污水等）均有良好的腐熟作用，不仅使养分得到转化，而且由于腐熟时产生的高温，杀死病原微生物、寄生虫卵，在可持续发展战略中扮演重要角色。

⑦ 其他正在研究和开发的作用。微生物肥料的许多作用还不十分了解，有待进一步研究。过去对土壤应该被视为一个有生命力的载体认识不足，研究少，加上分子生态学的手段不足以研究微生物肥料中的特定微生物进入土壤后的踪迹，以致人类的认识尚处在初期阶段。但随着研究方法、技术的改进和提高，将会深刻地揭示出更多的规律。

微生物肥料的作用是多方面的，这些作用的获得则受制于几个方面，值得注意：一是微生物肥料的产品必须是合格产品，不合格的产品难以取得预期效果；其次，微生物肥料的施用受体的基本情况应该符合要求；第三则是微生物肥料正确的使用技术。只有注意了这些方方面面，才能获得好的效果。

微生物肥料是重要的生产资料投入品，不仅在生产、使用时需要技术支持和指导，而且对微生物肥料的认识也要客观、公正和科学。化学肥料是我国肥料投入品的主体，对农业起支撑作用，必须有足够的认识。但在我国长期、大量、不合理地施用化肥或过分依赖化肥所带来的问题不容忽视。另外，化学肥料、有机肥料、生物肥料是相辅相成的，将它们对立起来是错误的。还应看到我们对于植物营养中的许多认识存在误区，需要改进和提高。

第二节 我国微生物肥料发展的几个阶段和特点

我国微生物肥料的生产始于 20 世纪 50 年代初，至今有 50 余年历史，中间经历了几个发展阶段，各有不同特点，简介如下。

1. 第一阶段——20 世纪 50 年代初期

① 生产的产品以根瘤菌接种剂为主，如大豆、花生、紫云英根瘤菌。东北地区的以中国科学院沈阳林土所张宪武先生为代表，产品为大豆根瘤菌剂；华北地区以中国农科院胡济生先生为代表，产品为花生根瘤菌剂；华中地区以华中农学院（现华中农业大学）陈华癸先生为代表，产品为紫云英根瘤菌剂。在这些地区的试验、示范均取得较好的效果。

② 没有较正规的生产企业。产品主要以小型、实验室为主。

③ 应用面积不大。

④ 持续时间短。

2. 第二阶段——20 世纪 50 年代末

① 微生物肥料的研究、生产和应用正式列入国家 12 年农业发展纲要，其中一章为“发展细菌肥料”。

② 以土法生产，群众运动为主。

③ 产品除根瘤菌接种剂以外，还有其他细菌和放线菌制剂。诸如自生固氮菌剂、解磷（巨大芽孢）细菌制剂、5406 放线菌制剂等。

④ 企业数量扩张很快，有的县、公社（乡）、大队均有生产厂，全国约有数千家生产厂。

⑤ 生产设备落后，许多企业无基本生产条件，产品质量难以控制。

⑥ 持续时间很短。

⑦ 无行业管理。院校和科研单位深感无相应产品标准，生产问题很多。1959 年由中国农业科学院土壤肥料研究所牵头，邀请数十位专家座谈，会后首次提出关于微生物肥料产品质量标准的意见，但并未上升为标准。

3. 第三阶段——20 世纪 60~70 年代

① 仍然以土法生产、群众运动为主。

② 企业数量扩张很快，少有正规发酵设备的企业。

③ 产品种类不少，质量不高。甚至因为使用的菌种是病原菌而导致安全问题。

④ 无标准、无行业管理。

⑤ 持续时间不长。

⑥ 逐步有一些与微生物肥料有关的应用基础研究，如“全国自生固氮菌生产应用协作组”，对自生固氮菌制剂生产和应用组织全国有关单位进行合作研究和交流。

4. 第四阶段——20 世纪 80 年代至今

其发展大致由下面 3 个时期组成。

(1) 80~90 年代中期——无序发展时期

① 无标准、无行业管理，市场混乱。

② 产品种类多，企业素质参差不齐，数量发展较快。

③ 宣传夸大，甚至误导、欺诈。例如有的产品宣称可以取代化肥，每亩地仅用 500g 即可满足作物对氮、磷、钾及微量元素的需求；有的产品宣称是新一代的“基因工程”微生物肥料，产品中的微生物经××处理，有 21 个 *nifHDK* 基因、17 个解磷基因、19 个解钾基因、15 个煤矸石分解基因起作用；有的产品号称要“问鼎诺贝尔奖”，这些产品拿不出证明其高科技的证据，“坑农”事件时有发生。

④ 产品质量参差不齐等。有的企业使用极不科学的设备，却对外宣传声称经过自然淘汰后，留下的都是优秀的微生物。

(2) 1996~2006 年——有序发展阶段

① 鉴于市场混乱、宣传误导和安全隐患等问题，农业部于 1996 年正式将微生物肥料纳入生产资料登记管理。

② 1997 年颁发第 1 批微生物肥料登记证（8 个），至今已有 511 个产品获临时登记，其

中约 1/2 的产品获得正式登记。

③ 1994 年正式颁布第一个微生物肥料标准 (NY227—1994)，到现在已颁布 17 个标准，其中有 3 个国家标准，14 个行业标准，尚有几个标准正在制定中（颁布的标准见表 1-1）。

表 1-1 微生物肥料标准：已颁布和制定中的标准

类别	标准名称	颁布/制定情况	标准号
产品标准	农用微生物菌剂	已颁布实施	GB20287—2006
	复合微生物肥料	已颁布实施	NY/798—2004
	生物有机肥	已颁布实施	NY884—2004
菌种和产品安全与方法标准	肥料中粪大肠菌群值的测定	已颁布实施	GB/T19525.1—2004
	肥料中回虫卵死亡率的测定	已颁布实施	GB/T19525.2—2004
	微生物肥料生物安全通用技术准则	已颁布实施	NY1109—2006
	硅酸盐细菌菌种	已颁布实施	NY882—2004
	微生物肥料菌种鉴定技术规范	2006 年立项	NY/T×××—2008
技术规程	农用微生物制剂生产技术规范	已颁布实施	NY/T883—2004
	农用微生物肥料试验用培养基技术条件	已颁布实施	NY/T1114—2006
	微生物肥料田间试验技术规程	制定中	NY/T×××—2007
	微生物肥料合理使用准则	制定中	NY/T×××—2007
	根瘤菌菌种评价技术规程	2006 年立项	NY/T×××—2008
标签标识	农用微生物产品标识要求	已颁布实施	NY885—2004
通用标准	微生物肥料术语	已颁布实施	NY/T1113—2006

④ 2000 年农业部发布第 32 号部长令，颁布《肥料登记管理办法》进一步规范了肥料登记管理，兼顾了微生物肥料的特殊性。

由于国家对标准制定的支持，微生物肥料标准的制定取得了空前的进展，初步形成了标准体系，对引导和规范行业发展起了巨大的作用。除了已经正式颁布的以外，还有微生物肥料田间试验技术规程、微生物肥料使用准则等一批标准正在起草或报批中。

⑤ 产品种类发展较快，质量逐步提高。

⑥ 企业状况虽然仍参差不齐，但行业内有相当一部分企业采用了先进的设备、工艺，部分企业获得国家产业化示范工程项目。

⑦ 微生物肥料的应用效果逐步得到农民认可，对微生物肥料效果的评价逐渐迈向客观和科学。

2006～2016 年，预计进入行业的创新发展时期。

有关行业的创新发展将在第七章中讨论，此处不再赘述。

第三节 我国微生物肥料生产应用中的问题和发展趋势

我国微生物肥料的发展虽然已有数十年的历史，但由于科研滞后和企业自身在设备、工艺、素质和人员等方面存在的问题，导致了所谓的“先天不足，后天失调”，并且对于其他的一些涉农行业呈现出的相对弱势，面临着许多问题，需要正视和逐步解决。

一、微生物肥料生产的一些问题

(1) 菌剂类产品,尤其是细菌类产品的工艺设备发展较快,一些企业为了摸索发酵工艺,购置了先进的带有多个传感器和分析软件的台式发酵装置;还有一些企业在生产工艺中采用了膜浓缩技术、絮凝技术,使得活菌含量大幅度提高;液体制剂也采取了较新的罐装设备。但放线菌、真菌类产品的生产则存在不少难点有待突破。生物有机(无机)复合肥的固体发酵和复合设备需要进一步改进和提高。

(2) 产品重数量、轻质量的状况尚未得到根本的改善。由于现行标准产品质量技术指标主要还是有效活菌含量,企业对质量内涵和要求,甚至包括有效活菌在产品中的持久、进入土壤后的定殖和持久则很少考虑,在今后一个阶段,要使全行业都来重视和解决。

(3) 后处理的工艺和设备。当前在一些产品生产中载体、添加物未解决好灭菌问题之前,合理、有效和科学的工艺路线至关重要。后处理的设备主要的构件还是非标设备,虽然某些设备制造商声称自己可以生产微生物肥料的成套设备,由于和行业结合不够紧密,还有许多待改进之处。

(4) 载体和添加物的选择,尤其是资源、安全和实用方面的问题值得重视。

(5) 液体剂型稳定剂的选择。

(6) 包装和材料。

二、微生物肥料应用环节方面的问题

(1) 专用产品的研发处于初级阶段。所谓的专用产品应该有几个层面的含义。例如针对不同土壤类型和肥力水平的产品,针对不同地区和种植模式的专用产品,针对一些特指作物的专用产品。虽有企业生产了一些“专用”产品,但专一性不强,有的则不能称为“专用”产品。

(2) 正确地使用剂量、时间、方法和技术。微生物肥料产品与其他肥料有其不同的特点,在使用时不能一概而论。并且需要进行试验去探索,切忌短期行为。

(3) 科学、正确的田间试验设计和对产品的正确评价。有关内容在后面已有叙述,不再重复。

(4) 做好科学、合理、实事求是的科普宣传,及时反馈农民用户对应用的意见和建议。科普宣传在很多行业中均存在短视、不科学甚至有欺诈内容的问题,对微生物肥料生产企业、经销商、科技推广部门而言,一定要摒弃夸大、误导的做法,本着为农民用户的利益着想,为农民负责的态度,实事求是地去教给农民如何正确使用。宣传中尤其不能将不同的肥料种类对立起来,无限夸大自己的产品,极端的贬斥其他的产品。欺骗农民的后果是被农民唾弃,过去已有沉痛的教训值得汲取。反馈农民用户的意见和要求对于改进产品将十分有益,企业不应忽视。

(5) 其他问题。

三、微生物肥料的发展趋势

(1) 进一步提高产品质量。许多企业并不满足已颁布的产品标准的要求,而是积极采用新设备、新工艺、新材料,最近几年同类产品不同企业间的质量差异越来越大,产品质量的