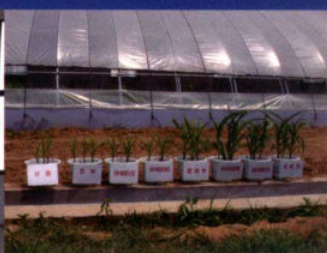



汪建飞 马忠友 李孝良 赵建荣 编著

# 解磷生物有机肥

## 技术原理与产业化



 中国农业出版社

# 解磷生物有机肥 技术原理与产业化



封面设计：陈 媛  
版式设计：王 晨

欢迎登录：中国农业出版社网站  
[www.ccap.com.cn](http://www.ccap.com.cn)

ISBN 978-7-109-20242-9



定价：50.00元



# 解磷生物有机肥 技术原理与产业化

汪建飞 马忠友 编著  
李孝良 赵建荣



中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

解磷生物有机肥技术原理与产业化/汪建飞等编著

·—北京：中国农业出版社，2015.1

ISBN 978-7-109-20242-9

I. ①解… II. ①汪… III. ①磷—土壤微生物—有机肥料—技术②磷—土壤微生物—有机肥料—产业化 IV.

①S141

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 045828 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 魏兆猛

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月北京第 1 次印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：16.25 插页：2

字数：365 千字

定价：50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

---

本书是在参与国家公益性行业科研专项“利用有机(类)肥料调控我国土壤微生物区系关键技术研究”并承担安徽省学术和技术带头人及后备人选学术科研活动资助项目“解磷菌微生物有机肥料研究与应用”的基础上完成的。

全书共分6章。第1章简述了生物有机肥的基本概念和基础理论,在阐明解磷生物有机肥作用机制的同时,根据农业部颁布的最新标准(NY 884—2012 生物有机肥),对生物有机肥的生物安全与控制进行了分析;第2章论述了有机废弃物肥料化原理,着重阐明了利用畜禽粪便和作物秸秆等农业废弃物、生活垃圾、污泥制作堆肥的工艺,并结合当前新型肥料的发展动态,专门介绍了腐殖酸肥料的生产 and 施用技术;第3章详细介绍了当前普遍采用的解磷微生物筛选和培养技术,以及解磷微生物诱变育种和菌种保藏技术,这也是解磷生物有机肥产业化的核心技术所在;第4章介绍了解磷生物有机肥产业化过程中工厂的规划设计、肥料生产的工艺流程和设备选型;第5章介绍了生物有机肥施用技术,涉及的作物包括玉米、小麦等粮食作物和果树、滁菊等经济作物;第6章是编写人员所在的研发团队近10多年来关于土壤磷素营养和解磷生物有机肥的研究成果总结,在较为全面、深入阐述解磷生物有机肥基础理论的同时,提供了丰富的实证资料。

本书适合有机肥企业,特别是生物肥料企业技术人员、管理人员、农技推广人员、种植业者阅读使用,并且可作为高校农业资源利用专业教师和学生的参考用书。

# 前 言



早在 2005 年，我国就已经成为世界上最大的化肥生产国和消费国。化肥作为极其重要的农业生产资料，是保障我国粮食安全的重要物质基础。但是，农业的过度开发，尤其是长期偏施化肥且缺乏适当给土壤补充有机质，导致土壤肥力下降、耕地质量退化，最终影响优质农产品的生产，影响到城乡居民“舌尖上”的安全。当前，通过人为措施补充土壤有机质，重新构建健康土壤微生物区系，提高耕地质量正逐渐成为各级政府、农业科技人员和广大种植业者的共识。降低化肥用量、增施有机肥，特别是具有一定功能的生物有机肥，已成为当前土壤肥料专家推荐施肥技术中最重要的原则。

生物有机肥是指特定功能微生物与主要以动植物残体（如畜禽粪便、农作物秸秆等）为来源并经无害化处理、腐熟的有机物料复合而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料。制造生物有机肥最主要的原料是畜禽粪便、农作物秸秆、生活垃圾、农副产品和食品加工产生的有机废弃物。充分利用这些有机废弃物生产生物有机肥，不仅变废为宝，而且可以从源头上遏制露天焚烧作物秸秆、随意排放畜禽粪便所带来的严重的环境污染和生态问题。可以说，生物有机肥技术符合我国现代农业、环境保护和高科技三大产业政策要求，其产品市场前景广阔。

然而，作为我国肥料行业里正在兴起的新生事物，生物有机肥相关的基本知识和概念还需要进一步宣传与普及，相关的理论还需要进一步研究与探索，相关的生产和施用技术还需要进一步推广与升级。正是基于这样的产业发展背景和客观需要，我们在近 10 年来参与农业部等多个与有机肥相关的项目研发和技术推广工作基础上，结合农业部生物有机肥创制重点实验室的工作内容，编著了这本《解磷生物有机肥技术原理与产业化》，敬献给广大读者，以期为关注生物有机肥产业发展的朋友、众多的有机肥生产企业技术负责人以及农技推广人员提供参考与借鉴；同时，也希望能起到抛砖引玉的作用，期待着有更

多的专家学者能投身于生物有机肥产品研发和技术创新工作，从而推动生物有机肥产业的大发展、大繁荣。

生物有机肥的内涵丰富，外延也较为宽泛。无论是本书的篇幅，还是我们现有的研究成果都不足以表达生物有机肥的全部内容。所以，我们选择了其中较有代表性的解磷生物有机肥，进行了比较全面而深入地阐述，力求通过“解剖麻雀”，以达到“窥一斑而见全豹”。

土壤中普遍存在的磷钝化机制使得磷肥的当季利用率一般不足25%，但同时也造成了农田中肥料磷的残留率较高，磷的收支表现为正平衡。因此，对于长期施用过量磷肥的农田，研制并开发能够显著活化释放土壤中无效态磷的微生物菌株并与腐熟有机堆肥进行二次固体发酵，生产出新型解磷生物有机肥将具有特别重要的意义。当前，在我国肥料投入政策为减氮、活磷、补钾的前提下，发展解磷菌生物有机肥是最环保、最有效地提供植物磷素营养的途径之一。显然，高效解磷菌的筛选是解磷生物有机肥生产中的核心技术。溶磷微生物的研究和应用在我国已有60多年历史，根据其作用方式可分为解有机磷微生物和解无机磷微生物两种类型。但是，如果将筛选出来的解磷菌直接用于农田，解磷和促进作物生长效果往往并不明显。如果将解磷菌接种到堆肥中，通过二次发酵，生产出解磷生物有机肥后再施入农田土壤，则不仅可以活化土壤中的磷素，还可以促进作物生长，提高作物产量。这正是制造生物有机肥产品的理论基础，也是发展生物有机肥产业的关键价值所在。上述这些内容，在本书中都有较为详尽的论述。

本书由汪建飞、马忠友、李孝良、赵建荣等共同编著。其中，第1章由马忠友、周毅撰写，第2章由赵建荣撰写，第3章由马忠友撰写，第4章由马忠友、汪建飞撰写，第5章由李孝良撰写，第6章由汪建飞、邢素芝撰写，李孟良对全书进行了校对。安徽莱姆佳肥业有限公司、马鞍山盛农农业科技有限公司、江阴市联业生物科技有限公司为本书提供了许多宝贵的资料和照片，农业部生物有机肥创制重点实验室、安徽省生物有机肥创制协同创新中心为本书编写与出版提供了必要的经费支持，在此一并表示衷心的感谢！

需要特别说明的是，本书引用的文献尽可能在每章的结尾都罗列出来，但由于内容涉及广泛，文献资料较多，可能有些疏漏，在此表示歉意，并向所有参考文献作者表示诚挚的谢意。

本书的编写坚持理论联系实际，力求具有较强的时效性、系统性和实操性。由于编写时间较为仓促，加之作者水平有限，不足之处在所难免，衷心希望从事有机肥生产的技术人员、有关专家、学者以及关心本研究领域的同行们提出宝贵意见和建议，欢迎广大读者批评指正。

作 者

2014年10月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 生物有机肥的基本概念和基础理论</b> .....	1
1.1 生物有机肥的种类 .....	1
1.1.1 生物有机肥的概念 .....	1
1.1.2 生物有机肥产品分类及特征 .....	3
1.2 生物有机肥的作用机制 .....	12
1.2.1 土壤的生物肥力 .....	12
1.2.2 生物有机肥的作用机制 .....	24
1.2.3 解磷生物有机肥的作用机制 .....	25
1.3 生物有机肥的生物安全与控制 .....	27
1.3.1 生物有机肥菌种安全管理的必要性 .....	28
1.3.2 微生物肥料菌种安全管理的依据 .....	28
1.3.3 微生物肥料菌种安全管理的具体要求 .....	29
1.3.4 微生物肥料菌种安全管理的程序 .....	33
1.3.5 生物有机肥安全鉴定的方法 .....	33
1.3.6 生物有机肥菌种安全性结果评价 .....	37
1.4 生物有机肥生产的行业标准及其依据 .....	38
1.4.1 微生物肥料发展及标准情况 .....	38
1.4.2 我国生物有机肥的行业标准 .....	43
参考文献 .....	46
<b>第 2 章 有机废弃物肥料化原理与技术</b> .....	48
2.1 利用农业废弃物加工有机肥 .....	49
2.1.1 堆肥化的概念和原理 .....	50
2.1.2 堆肥产品质量及管理 .....	54
2.1.3 农业固体废弃物的堆肥系统 .....	56
2.1.4 利用农业废弃物加工生物有机肥技术 .....	59
2.1.5 生物有机肥的施肥方法 .....	62

2.2	利用生活垃圾加工有机肥 .....	63
2.2.1	生活垃圾堆肥技术 .....	65
2.2.2	生活垃圾有机肥料的合理施用 .....	66
2.3	利用污泥加工有机肥 .....	67
2.3.1	污泥利用方式 .....	68
2.3.2	污泥堆肥工艺 .....	70
2.3.3	污泥农用对环境的影响 .....	71
2.4	腐殖酸类肥料 .....	72
2.4.1	腐殖酸 .....	72
2.4.2	腐殖酸类肥料资源及其特性 .....	73
2.4.3	腐殖酸类肥料的生产 .....	73
2.4.4	腐殖酸肥料施用注意事项 .....	74
	参考文献 .....	75
<b>第3章 解磷微生物的筛选和培养技术 .....</b>		<b>77</b>
3.1	微生物的营养物质与培养基 .....	78
3.1.1	微生物的营养物质 .....	78
3.1.2	培养基 .....	80
3.2	解磷微生物的纯培养技术 .....	86
3.2.1	稀释法 .....	86
3.2.2	平板划线法 .....	87
3.2.3	单细胞(孢子)分离 .....	87
3.2.4	选择培养分离 .....	87
3.3	解磷微生物数量的测定技术 .....	88
3.3.1	直接测数法或总菌数测定法 .....	88
3.3.2	稀释平板计数法, 或活菌计数法 .....	90
3.3.3	液体稀释最大可能计数法 .....	91
3.3.4	薄膜过滤计数法 .....	91
3.4	解磷微生物菌株的分离筛选 .....	91
3.4.1	含解磷微生物样品的采集与分离 .....	91
3.4.2	解磷微生物菌株的筛选 .....	95
3.4.3	解磷微生物菌株的分类鉴定 .....	97
3.4.4	解磷微生物菌株的促生作用研究 .....	105
3.4.5	解磷微生物菌株的筛选实例 .....	108
3.5	解磷微生物的诱变育种技术 .....	114
3.5.1	菌悬液的制备 .....	115
3.5.2	诱变处理 .....	115
3.5.3	诱变后的筛选 .....	116

3.6 解磷微生物的菌种保藏技术 .....	117
3.6.1 菌种的衰退 .....	118
3.6.2 菌种的复壮 .....	118
3.6.3 保藏菌种的方法 .....	120
3.7 解磷微生物的培养技术 .....	121
3.7.1 固体培养法 .....	121
3.7.2 液体培养法 .....	122
参考文献 .....	124
<b>第4章 解磷生物有机肥产业化方案 .....</b>	<b>125</b>
4.1 固体有机物的堆肥发酵工艺 .....	125
4.1.1 好氧堆肥工艺技术 .....	125
4.1.2 厌氧堆肥工艺技术 .....	136
4.2 解磷生物有机肥料厂的规划设计 .....	142
4.2.1 原料调查 .....	142
4.2.2 地理位置的选择 .....	143
4.2.3 生产工艺与设备 .....	143
4.3 工艺技术方案与设备选型 .....	153
4.3.1 工艺技术方案选择原则 .....	153
4.3.2 解磷生物有机肥工艺设计案例 .....	153
4.3.3 设备选型 .....	161
4.3.4 项目投资概算 .....	162
参考文献 .....	164
<b>第5章 解磷生物有机肥施用技术 .....</b>	<b>165</b>
5.1 概述 .....	165
5.1.1 作物施肥原理 .....	165
5.1.2 化肥施用与土壤肥力变化 .....	166
5.1.3 有机肥施用与土壤肥力变化 .....	171
5.1.4 解磷生物有机肥施用对土壤肥力及磷素变化的影响 .....	171
5.2 解磷生物有机肥施用技术原理 .....	173
5.2.1 解磷生物有机肥特点与施肥要求 .....	173
5.2.2 解磷生物有机肥田间试验技术 .....	174
5.2.3 解磷生物有机肥田间施用技术 .....	174
5.3 作物施用解磷生物有机肥技术方案 .....	174
5.3.1 玉米 .....	174
5.3.2 小麦 .....	178
5.3.3 油菜 .....	182



5.3.4 水稻 .....	184
5.3.5 滁菊 .....	187
参考文献 .....	188
<b>第6章 解磷生物有机肥技术研究报告 .....</b>	<b>190</b>
6.1 麦田土壤解无机磷细菌的分离、筛选及其解磷效果 .....	190
6.1.1 材料与方法 .....	190
6.1.2 结果与分析 .....	191
6.1.3 讨论 .....	192
6.1.4 结论 .....	193
6.2 麦田解磷细菌优势菌株的富集与鉴定 .....	193
6.2.1 材料与方法 .....	194
6.2.2 结果与分析 .....	197
6.2.3 讨论 .....	200
6.2.4 结论 .....	201
6.3 解磷细菌的胞外多糖与溶磷作用 .....	202
6.3.1 材料与方法 .....	202
6.3.2 结果与分析 .....	203
6.3.3 讨论 .....	205
6.3.4 结论 .....	205
6.4 磷细菌筛选及其对土壤无机磷转化的影响 .....	205
6.4.1 材料与方法 .....	206
6.4.2 结果与分析 .....	207
6.4.3 讨论 .....	210
6.4.4 结论 .....	211
6.5 土壤无机磷形态生物有效性研究 .....	212
6.5.1 材料与方法 .....	212
6.5.2 结果与分析 .....	212
6.5.3 讨论 .....	213
6.5.4 结论 .....	214
6.6 土壤有机磷形态生物有效性研究 .....	214
6.6.1 材料与方法 .....	214
6.6.2 结果与分析 .....	216
6.6.3 讨论 .....	217
6.6.4 结论 .....	218
6.7 土壤磷酸酶活性及其影响因素研究 .....	218
6.7.1 材料与方法 .....	219
6.7.2 结果与分析 .....	219

6.7.3 讨论 .....	222
6.7.4 结论 .....	223
6.8 不同有机肥料对土壤有机磷组分的影响 .....	223
6.8.1 材料与方法 .....	223
6.8.2 结果与分析 .....	224
6.8.3 讨论 .....	225
6.8.4 结论 .....	225
6.9 秸秆还田和施肥对土壤磷素有效性的影响 .....	226
6.9.1 材料与方法 .....	226
6.9.2 结果与分析 .....	227
6.9.3 讨论 .....	231
6.9.4 结论 .....	232
6.10 解磷生物有机肥对油菜产量及产量构成的影响 .....	232
6.10.1 材料与方法 .....	233
6.10.2 结果与分析 .....	233
6.10.3 讨论 .....	235
6.10.4 结论 .....	235
6.11 解磷菌对玉米苗期生长和产量的影响 .....	235
6.11.1 材料与方法 .....	236
6.11.2 结果与分析 .....	238
6.11.3 讨论 .....	239
6.11.4 结论 .....	240
6.12 施用解磷微生物有机肥对大田冬小麦产量形成的影响 .....	241
6.12.1 材料与方法 .....	241
6.12.2 结果与分析 .....	242
6.12.3 讨论 .....	243
6.12.4 结论 .....	244
参考文献 .....	244



# 第 1 章 生物有机肥的基本概念 和基础理论

## 1.1 生物有机肥的种类

### 1.1.1 生物有机肥的概念

长期单一、过量施用化肥导致土壤酸化、板结，肥力下降，有机质降低，从而影响了农产品品质，并污染了环境。环境问题是人类现代化进程中面临的重要难题，由于大工业的“三废”产生了明显的污染，人们把目光集中到污染严重的一些企业。这些明显的污染源被称为“点污染”，而据统计，点污染只占整个环境污染的 30%，尚有 70% 的污染来自没有明显污染源的“面源污染”。这种大规模的面源污染主要来自农业生产和生活污水。现代农业中广泛使用的化肥、农药，虽然极大地提高了产量，却消耗了大量能源，降低农产品品质；更为重要的是，由于化肥、农药进入水源，污染了环境，破坏了生态平衡，直接危及人类的生产生活及自身安全。最突出的表现就是我国几大淡水湖泊水系严重污染，水域中氮、磷的含量不断上升，已引起广泛关注。据环保部门测算，治理巢湖周围的点污染源大约花费 200 亿元人民币；即使投入数千亿人民币治理为数众多的点污染，也只能解决 30% 的污染问题，治理其余 70% 的面源污染目前尚无良策。过量地、不科学地施用化肥已成为世界上面源污染形成的一个重要原因。

世界各国都充分意识到改革农业施肥技术，发展生态农业的重要意义。我国农民在农业生产中有使用有机肥料（农家肥）的悠久历史，如人畜粪便、秸秆、动物残体、屠宰场废弃物等各种动物、植物残体或代谢物。另外，还包括饼肥（菜籽饼、棉籽饼、豆饼、芝麻饼、蓖麻饼、茶籽饼等）、堆肥、沤肥、厩肥、沼肥、绿肥等。主要是以供应有机物质为手段，借此来改善土壤理化性能，促进植物生长及土壤生态系统的循环。因此，大力发展有机肥料是减少化肥污染，促进农业可持续发展的重要途径之一。

2012 年 6 月 1 日起实施的我国农业行业标准（NY 525—2012 有机肥料）规定了有机肥料（Organic fertilizer）的定义：主要来源于植物和（或）动物，经过发酵腐熟的含碳有机物料，其功能是改善土壤肥力、提供植物营养、提高作物品质。这类有机肥料采用了物理、化学、生物或三者兼有的处理技术，经过一定的加工工艺（包括但不限于堆制、高温、厌氧等），消除了其中的有害物质（病原菌、虫卵、杂草种子等），达到了无害化标准，符合国家相关标准及法规。

随着微生物学技术在农业生产上的不断应用，微生物肥料也逐渐被人们所接受。微生物肥料具有肥效高、无毒、不污染环境、成本低等特点，是化学肥料有效的替代品。微生物肥料（Microbial fertilizer；Bio-fertilizer）的定义：含有特定微生物活体的制品，应用

于农业生产,通过其中所含微生物的生命活动,增加植物养分的供应量或促进植物生长,提高产量,改善农产品品质及农业生态环境(NY/T 1113—2006 微生物肥料术语)。微生物肥料的核心是微生物,因此具有微生物的特性。

随着微生物肥料行业的快速发展,产品种类也越来越多,2006年10月1日实施的农业行业标准《微生物肥料术语》(NY/T 1113—2006)规定了微生物肥料包括微生物接种剂、复合微生物肥料和生物有机肥。微生物接种剂(农用微生物菌剂 Microbial inoculants in agriculture):目标微生物(有效菌)经过工业化生产扩繁后加工制成的活菌制剂。它具有直接或间接改良土壤、恢复地力,维持根际微生物区系平衡,降解有毒、有害物质等作用;应用于农业生产,通过其中所含微生物的生命活动,增加植物养分的供应量或促进植物生长、改善农产品品质及农业生态环境。按产品中内含的微生物种类或功能特性分为根瘤菌菌剂、固氮菌菌剂、解磷类微生物菌剂、硅酸盐微生物菌剂、光合细菌菌剂、有机物料腐熟剂、促生菌剂、菌根菌剂、生物修复菌剂(GB 20287—2006 农用微生物菌剂)。它在单位面积上的用量少,一般每公顷用量15~30千克。

复合微生物肥料(Compound microbial fertilizer)是指特定微生物与营养物质复合或复混而成,能提供、保持或改善植物营养,提高农产品产量或改善农产品品质的活体微生物制品(NY/T 798—2004 复合微生物肥料)。复合微生物肥料和复合菌剂这两个概念容易混淆。复合菌剂(Multiple species inoculant),也称复合微生物菌剂,是指由两种或两种以上且互不拮抗的微生物菌种制成的微生物接种剂(NY/T 1113—2006 微生物肥料术语)。

生物有机肥(Microbial organic fertilizers)是指特定功能微生物与主要以动植物残体(如畜禽粪便、农作物秸秆等)为来源并经无害化处理、腐熟的有机物料复合而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料(NY 884—2012 生物有机肥)。复合微生物肥料和生物有机肥在单位面积上的用量较大,一般每公顷用量在750~1500千克。

生物有机肥料是在微生物肥料基础上发展起来的一种高效、无毒、无污染、无公害的新型肥料。美国、日本、法国、德国、俄罗斯等国家从环境保护、资源再利用和培肥地力等方面考虑,结合微生物液固两相发酵技术,对城市生活垃圾、大型养殖场的畜禽粪便、城市污水和活性污泥等进行无害化处理,生产制造高效益、无污染的微生物有机肥料。目前,随着微生物学、肥料学研究工作不断深入,人们已经把微生物、肥料和环境作为一个整体来研究,由单一菌种向复合菌种发展、单纯生物菌剂向复合生物肥发展、单一剂型向多元剂型发展、小型粗放的生物有机肥料产业向综合型集约型的产业化方向发展。

在我国,近年来由于化肥的长期过量使用,造成土壤有机质减少和土壤微生物菌群多样性及其功能降低,因此,研究和开发生物有机肥成为必然。生物有机肥区别于仅利用自然发酵(腐熟)所制成的有机肥,产品除了含有较高的有机质外,还含有具有特定功能的微生物,这是此类产品的本质特征。而且所含微生物应表现出一定的肥料效应,如具有增进土壤肥力、制造和协助农作物吸收营养、活化土壤中难溶的化合物供作物吸收利用等作用,或可产生多种活性物质和抗、抑病物质,对农作物的生长有良好的刺激与调控作用,可减少或降低作物病虫害的发生,以及改善农产品品质。

与普通有机肥相比,生物有机肥生产的技术含量相对较高,除了在腐熟过程中要加入促进有机物料腐熟、分解的生物菌剂,以实现定向腐熟、除臭等目的外,在产品中还需加

人具有特定功能的微生物，以提升产品的作用效果。目前，我国从管理上将生物有机肥纳入微生物肥料范畴（NY/T 1113—2006 微生物肥料术语），实施比有机肥更为严格的管理措施，以促进生物有机肥的健康发展。

### 1.1.2 生物有机肥产品分类及特征

2006年9月1日实施的中华人民共和国国家标准《农用微生物菌剂》（GB 20287—2006）（Microbial inoculants in agriculture）规定了农用微生物菌剂（即微生物接种剂）的术语和定义、产品分类、要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存，适用于农用微生物菌剂类产品。本标准规定农用微生物菌剂（Microbial inoculants in agriculture）是指目标微生物（有效菌）经过工业化生产扩繁后加工制成的活菌制剂。它具有直接或间接改良土壤、恢复地力，维持根际微生物区系平衡，降解有毒、有害物质等作用；应用于农业生产，通过其中所含微生物的生命活动，增加植物养分的供应量或促进植物生长、改善农产品品质及农业生态环境。农用微生物菌剂按内含的微生物种类或功能特性分为根瘤菌菌剂、固氮菌菌剂、解磷类微生物菌剂、硅酸盐微生物菌剂、光合细菌菌剂、有机物料腐熟剂、促生菌剂、菌根菌剂、生物修复菌剂。

2006年10月1日实施的农业部行业标准微生物肥料术语（NY/T 1113—2006）规定了微生物肥料产品类型、菌种、培养基、灭菌、生产和质量检验等方面的主要术语，适用于微生物肥料生产、质检、应用、科研和教学等领域。该标准明确规定微生物肥料包括微生物接种剂、复合微生物肥料和生物有机肥。目前，对生物有机肥的类型并未进行明确划分，2012年颁布的农业行业标准《生物有机肥》（NY 884—2012）亦未对生物有机肥的类型进行说明。作者根据含有的特定功能微生物特性把生物有机肥分为以下8种类型。

#### 1.1.2.1 固氮生物有机肥

固氮生物有机肥是指由根瘤菌（Rhizobia）和（或）固氮菌（Azotobacteria; Nitrogen fixing bacteria）与无害化处理、腐熟的有机肥料复合而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料。根瘤菌能与豆科植物共生，形成根瘤，并进行生物固氮的一类革兰氏阴性杆菌。固氮菌是具有生物固氮功能的各种细菌的通称。

**(1) 根瘤菌菌剂** 根瘤菌菌剂（根瘤菌肥料）的出现已有100多年的历史，它的普遍应用也有70年的历史，是世界上公认效果最稳定、最好的微生物肥料。菌剂的生产原理是通过人工分离、筛选将固氮性能良好、抗逆性能优越和结瘤竞争能力强的根瘤菌菌株作为生产菌种，借助于工业发酵的设备和技术扩大培养而成。其中的固体菌剂是用草炭土、蛭石或其他代用品作载体，吸附发酵液制成的，液体菌剂为发酵液直接罐装或加入其他助剂后灌装而成。根瘤菌菌剂的应用原理是菌剂通过拌种、土壤接种后在相应的豆科种子周围存活、繁殖；当豆科植物萌发长出幼根后，菌剂中的相应根瘤菌通过根部，在一系列生理过程和生物化学过程后侵入，在较短的时间后即可在豆科植物根部形成根瘤；侵入的根瘤菌即在其内生存，依靠豆科植物提供的营养，可实现生物固氮。一个根瘤的寿命大约是60天左右，在这60天中将源源不断地给豆科植物提供优质的氮素营养，豆科植物在生长过程中不断地生成新的根瘤，老的根瘤衰老后破溃。一般来说，豆科植物的根瘤向其提供的氮素营养约占其一生中氮素总需求的1/2~2/3。不仅如此，老根瘤破溃后，它所含有

的氮素则回到土壤中，可以提供给下茬作物。因此，早在几千年前的一本古代农书《齐民要术》中，就记载了种豆可以肥田的事实。种植豆科植物时使用了相应的根瘤菌菌剂，使其多结瘤、多固氮，不仅能够节约氮素化肥，而且能提高当季豆科植物的产量，同时又给下茬留了一定的植物营养，一举多得，十分符合可持续发展的要求。虽然有人认为土壤中已有许多的“土著”（野生）根瘤菌，不必使用根瘤菌菌剂，但有研究指出，土壤中的“土著”根瘤菌群体大约有 25% 为高效固氮，其余是中效、低效甚至无效的根瘤菌，所以即使在土壤中“土著”根瘤菌群体数量较多的情况下，使用经人工选育的高效固氮的根瘤菌系接种，依然可以取得一定的效果。另外，我们知道不同的豆科植物与根瘤菌的匹配，可以有不同的固氮效果，这就是共生体系供应的氮素营养可占豆科植物一生需求的 30%~80% 的原因之一。选择好的豆科植物品种与好的根瘤菌系常常可以取得好的田间应用效果，这是人们所追求的共生固氮效果最大化的重要内容。多年的作物育种工作使得种质品系的改进和更新加快，但是选育与之匹配良好的根瘤菌系的工作却进展缓慢，有些方面甚至停滞不前，这不能不说是一大缺憾。

根瘤菌是一类存在于土壤中的革兰阴性杆菌，它的生活史是从土壤环境→相应豆科植物种子周围→侵染豆科植物根部，在其根部形成根瘤→在根瘤中生活、固氮→根瘤破溃后回到土壤中生活。根瘤菌接种剂则是将其原生活在土壤环境中变更为人造的分离、保存、鉴定，通过工业发酵、扩大培养制成菌剂而已。人类对于根瘤菌的认识和研究已有 100 多年的历史，尤其是近 30 年中，对在豆科植物上结瘤的根瘤菌的鉴定和分类有了全新的认识，从分类上将其主要归入 5 个属，即根瘤菌属 (*Rhizobium*)、中华根瘤菌属 (*Sinorhizobium*)、中慢生根瘤菌属 (*Mesorhizobium*)、慢生根瘤菌属 (*Bradyrhizobium*)、固氮根瘤菌属 (*Azorhizobium*)。从生理学特性上来说，这些根瘤菌的世代时间（其个体从 1 个变为 2 个的时间）可分为快生、慢生及介于二者之间的中慢生 3 类。快生根瘤菌的世代时间约为 3~4 小时，慢生根瘤菌约为 8~10 小时，中慢生的则约为 5~6 小时，并且与之相对应的快生根瘤菌在生长过程通常产酸，慢生根瘤菌产碱，中慢生根瘤菌则介于二者之间。

另外一个特性是必须要考虑和注意的是根瘤菌对于豆科植物的侵染。虽然 20 世纪很通用的一个观点叫做根瘤菌和豆科植物之间的“互结种族”概念，即认为一种根瘤菌通常只在一种或几种豆科植物根部结瘤和固氮，反过来说一种豆科植物通常只会被某一种根瘤菌侵染结瘤。然而，随着研究工作的深入，发现这种“互结种族”的概念并不是完全固定的，越界或打破“互结种族”概念经常会出现，其中的本质仍然需要深入研究。但是从生产应用的角度来看，通常在某种豆科植物上侵染、结瘤和固氮的根瘤菌还是相应稳定的，不至于有过多或过大的改变。需要研究者关注的是豆科植物的不同品种，由于育种、种植地区和土壤中根瘤菌群体组成，常会形成豆科植物与根瘤菌之间的亲和性，有人称之为匹配性。这种亲和性既决定了根瘤菌侵染、结瘤，也在一定程度上决定了其固氮效率的高低。在已有的一些研究中，发现了大豆、花生、苜蓿等豆科植物上均表现一定的亲和性，同一种豆科植物等量接种不同的相应的根瘤菌后，它们的结瘤和固氮效果会有很大的差异；反过来，同一个根瘤菌菌株，等量接种不同的豆科植物品种时，它们的结瘤和固氮效果同样表现出较大的差异，这种差异有时可达数倍之多。这就给生产企业明确地提出了生