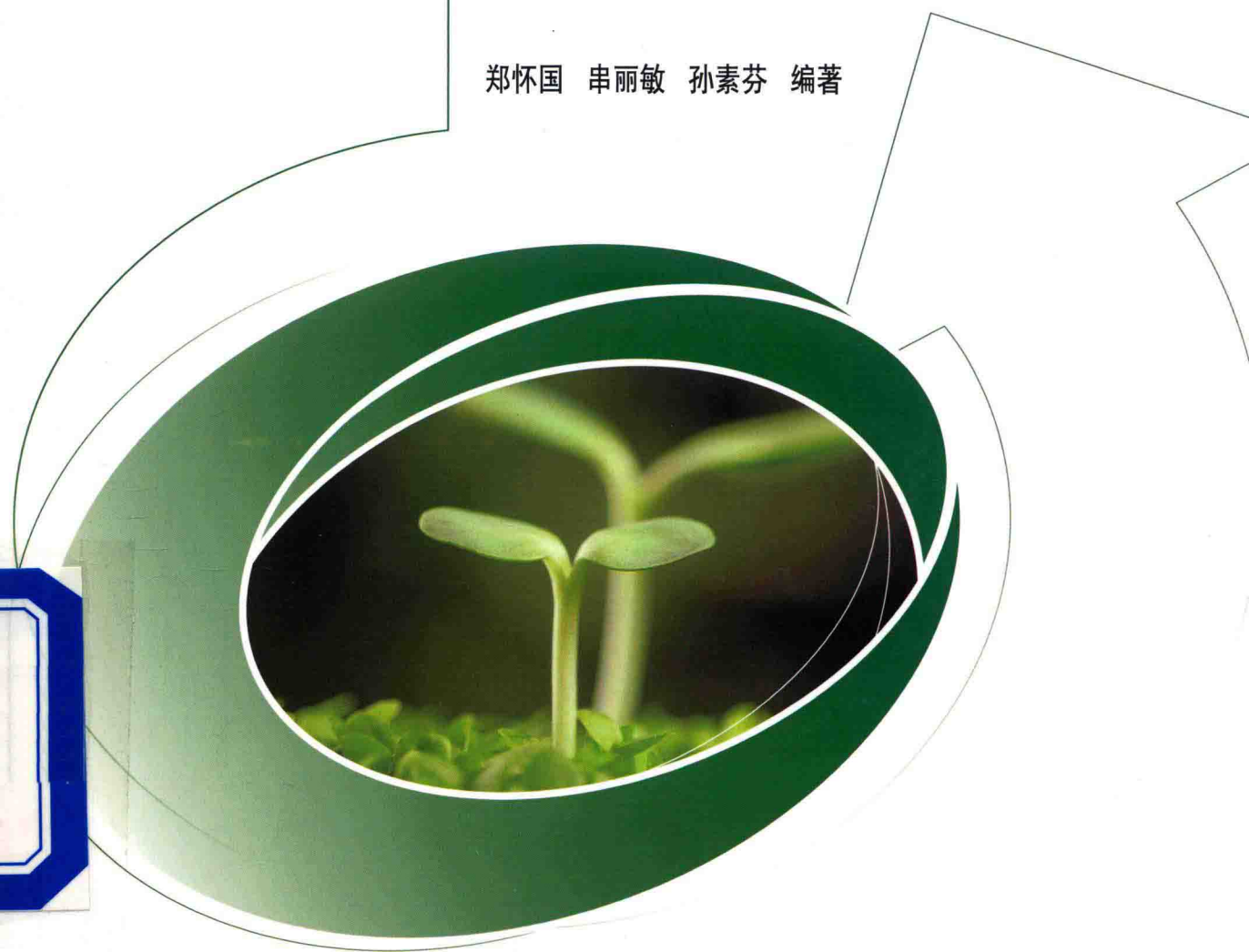


农业科学技术领域发展态势报告

NONGYEKEXUEJISHU
LINGYU
FAZHANTAISHI
BAOGAO

生物肥料行业 发展态势分析

郑怀国 串丽敏 孙素芬 编著



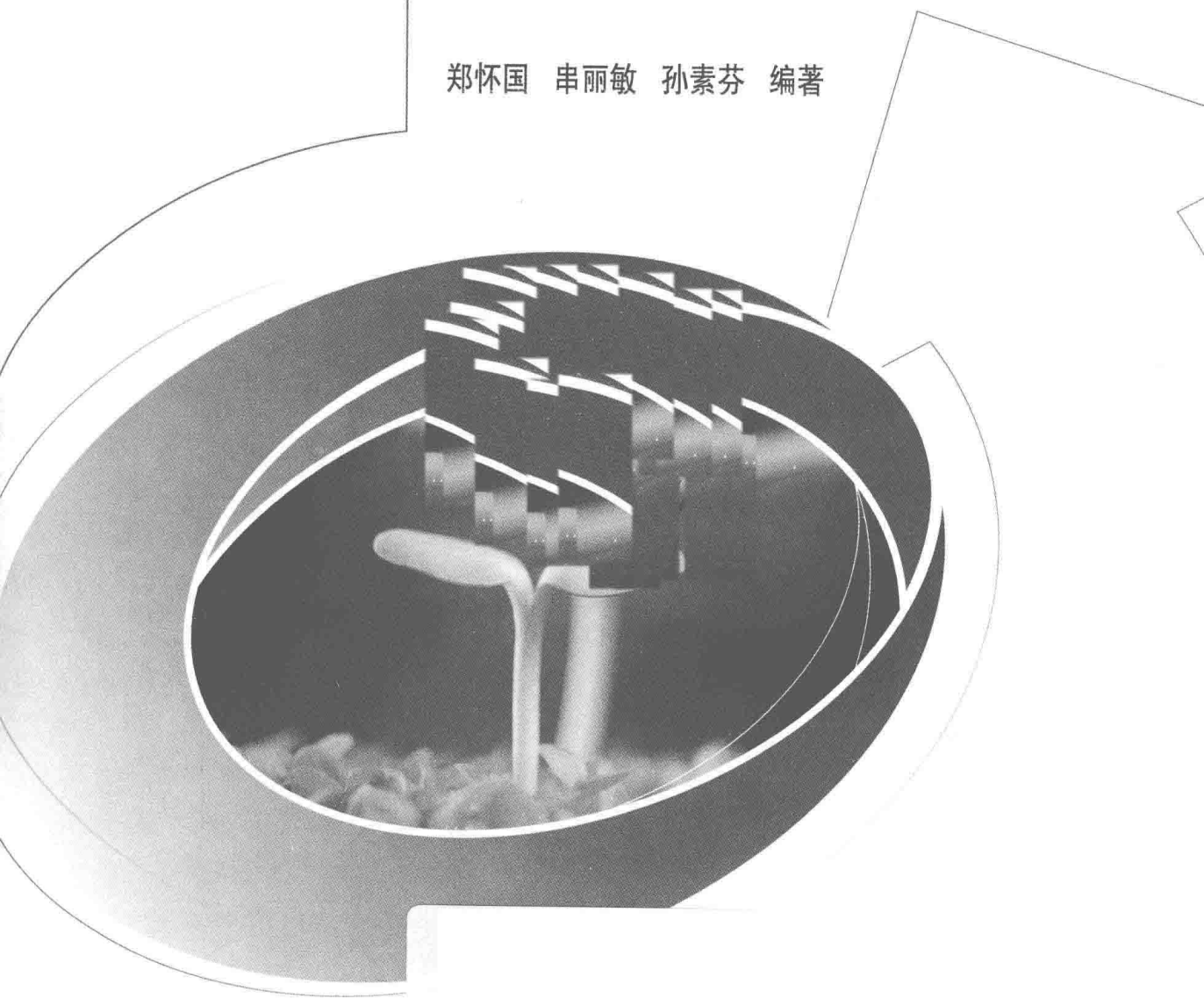
中国农业科学技术出版社

农业科学技术领域发展态势报告

NONGYEKEXUEJISHU
LINGYU
FAZHANTAISHI
BAOGAO

生物肥料行业 发展态势分析

郑怀国 串丽敏 孙素芬 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物肥料行业发展态势分析 / 郑怀国, 串丽敏, 孙素芬
编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5116-2790-2

I. ①生… II. ①郑… ②串… ③孙… III. ①细菌肥
料—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 244472 号

责任编辑 徐 毅

责任校对 李向荣

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109702 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京卡乐富印刷有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 8.625

字 数 200 千字

版 次 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价 118.00 元

《生物肥料行业发展态势分析》

编 著 人 员

郑怀国 串丽敏 孙素芬 赵静娟 张峻峰

龚 晶 王爱玲 张晓静 颜志辉 孟 鹤

赵 姜 秦晓婧 张 辉

序

情报研究是科学决策的基础，农业情报研究具有辅助农业生产决策，促进农业宏观经济健康发展的重要作用。发展态势分析是情报研究的一种类型，是针对某一学科或技术领域，全面剖析该学科或技术领域的政策环境、研究动态和发展趋势，提出未来发展的对策与建议，为制定科技发展战略、开展科学研究，提供决策参考的一种深层次的情报服务。

当今世界，科技发展日新月异，科技信息飞速激增，如何在海量信息中准确把握学科或技术领域的发展趋势，作出科学的决策，是科研及管理人员面临的困扰。科学决策是以事实和数据为依据，以情报分析为手段，提出问题、分析问题、解决问题的一个完整动态过程，发展态势分析是辅助科学决策的一种有效手段。

为了明确当前农业各领域在世界范围的研究布局 and 水平，提高我国农业科技自主创新能力，北京市农林科学院农业科技信息研究所选择农业科技创新前沿学科、热点问题和重点技术领域，结合世界农业发展现状与北京市农业发展方向，开展了多个学科技术领域的发展态势分析，从世界主要国家政策、法规、科技项目、技术研究进展等角度开展定性调研，并与情报学定量分析方法相结合，从论文和专利角度，分析主要学科领域在世界范围的研究布局，筛选出核心技术或研究热点，分析关键技术的研发水平及主要应用领域，剖析农业科研重要技术领域的国际发展态势，并结合

我国农业发展现状，提出本领域的战略规划与建议。

该丛书将情报服务的新理论和新方法应用于农业科学决策，有助于全面提升农业科技情报服务水平，并进一步面向前沿、面向需求、面向决策，推动科技情报分析和决策咨询研究。同时，该书也可为农业科技人员及科研管理人员在把握科技发展新趋势、新动向、开展农业科研发展规划、对接国际农业科技前沿等方面，作出重要决策时提供参考。

该丛书的撰写得到北京市科委、北京市农委、北京市农林科学院领导和相关科研管理部门的大力支持，得到相关科技领域专家、学者的指导，在此表示诚挚谢意！也衷心希望在相关部门和专家学者的支持下，农业科技情报研究工作在支撑农业科学研究及农业发展战略研究方面，发挥不可替代的重要作用。

孙素芬
2016年5月

前 言

肥料是作物的“粮食”，是关系国计民生的基本生产资料，在保障粮食和农产品安全中发挥着不可替代的重要作用。新中国成立以来，我国粮食生产取得了显著增长，用占世界不到 10% 的耕地，养活了全球 22% 的人口，其中，化肥在提高粮食产量，改善民生中的作用功不可没，是作物增产不可或缺的决定因子。目前，我国化肥中氮肥、磷肥的产能、产量及消费量位居世界第一，并实现自给有余，钾肥生产跃居世界第四，自给率大幅提升，粮食已实现连续 13 年增产。

然而，我国农作物亩均化肥用量 21.9kg，远高于世界平均水平，是美国的 2.6 倍，欧盟的 2.5 倍。化肥对粮食增产做出重要贡献的同时，也因长期过量施用而带来许多问题。2015 年 3 月，农业部通过了《化肥使用量零增长行动方案》，明确提出 2020 年实现化肥零增长目标；科技部则在《化学肥料农药减施增效综合技术研发重点专项实施方案》中，拟定到 2025 年化学肥料减施 20% 的科研目标。如何提高肥料利用效率，如何在不增加甚至减少化肥使用量的基础上保证粮食产量和品质，实现化肥“零增长”，是面临的重要难题。

大力发展新型肥料是重要解决途径之一。生物肥料作为一种重要的新型肥料，具有促进土壤中有益微生物种群的恢复，加速土壤修复，改善土壤团粒结构，激发作物增产潜能等作用，在有机资源综合利用、提高农产

品品质和保障食品安全等方面作用突出，已成为发展绿色生态农业的物质保障，具有广阔的应用前景。

生物肥料在我国已经有近百年的历程，并且取得了很大进展。目前，我国生物肥料行业进入蓬勃发展新时期。发展生物肥料产业是发展可持续农业、生态农业的要求，也是我国目前无公害食品和绿色食品生产现实需要，更是减少化肥和农药用量、降低环境污染的必然选择。当前我国生物肥料存在着产业化程度不高，产品结构和企业布局不合理，生产及流通领域经验不足等问题。实现生物肥料产业化发展才能符合我国农业生产迅速发展的需要。生物肥料研发现状与产业未来发展趋势，是当今农业科研、企业与管理相关部门关注的热点问题。

本书是《农业科学技术领域发展态势报告》的第四卷，总结了国内外生物肥料行业发展历程，从种类、作用、政策、标准、市场等方面对生物肥料进行了概述，并从专利信息角度，分析了生物肥料领域相关技术发展趋势、技术热点以及发展方向，为农业管理部门决策、生物肥料科研以及产业发展提供科学参考。

本书的撰写，得到了北京市科委、北京市农委、北京市农林科学院领导和相关科研管理部门的大力支持。在撰写过程中，相关人员参阅了多个政府机构、国际组织以及知名研究机构的公开报告，参考了大量中外文文献，借鉴了多位领域专家观点，由于篇幅所限，未在正文中全部标注，谨表歉意。

由于时间和水平有限，本书难免存在不足之处，敬请批评指正。

作 者

2016 年 8 月

目 录

第一章 生物肥料概述	1
一、生物肥料的含义.....	1
二、生物肥料的种类.....	2
三、生物肥料的作用.....	4
四、生物肥料的技术范围.....	7
第二章 生物肥料发展历程及现状	15
一、生物肥料发展历程.....	15
二、生物肥料市场现状.....	28
三、生物肥料产业现状.....	29
第三章 生物肥料数据集构建	34
一、数据来源.....	34
二、检索方法和步骤.....	35
三、检索策略.....	35
第四章 生物肥料专利申请宏观态势分析	39
一、专利申请数量分析.....	39

二、专利申请地域分析·····	43
第五章 生物肥料研发技术分析·····	51
一、生物肥料研发技术构成分析·····	51
二、生物肥料新兴技术分析·····	54
三、生物肥料核心技术分析·····	54
四、中国生物肥料专利法律状态分析·····	74
第六章 生物肥料主要申请人分析·····	75
一、国内外主要申请人分布及概况·····	75
二、主要申请人专利申请趋势分析·····	78
三、主要申请人技术构成分析·····	80
四、主要申请人申请地域布局·····	82
五、主要申请人合作关系网络·····	83
第七章 主要结论与建议·····	85
一、主要结论·····	85
二、生物肥料科研发展建议·····	87
三、生物肥料产业发展建议·····	89
四、结语·····	91
附录 生物肥料相关标准·····	92
参考文献·····	126

第 一 章

生物肥料概述

一、生物肥料的含义

生物肥料的含义有广义和狭义之分。

狭义的生物肥料，即指微生物（细菌）肥料，简称菌肥，又称微生物接种剂。它是由具有特殊效能的微生物经过发酵（人工培制）而成的，含有大量有益微生物，施入土壤后，或能固定空气中的氮素，或能活化土壤中的养分，改善植物的营养环境，或在微生物的生命活动过程中，产生活性物质，刺激植物生长的特定微生物制品。它本身不含营养元素，不能代替化肥。

广义的生物肥料，泛指利用生物技术制造的、对作物具有特定肥效（或有肥效又有刺激作用）的生物制剂，其有效成分可以是特定的活生物体、生物体的代谢物或基质的转化物等，这种生物体既可以是微生物，也可以是动、植物组织和细胞。既含有作物所需的营养元素，又含有微生物的制品，是生物、有机、无机的结合体，它可以代替化肥，提供农作物生长发育所需的各类营养元素。

华中农业大学陈华癸院士将生物肥料定义为含有微生物的特定制品，应用于植物生产，能取得特定肥料效应，在这种效应的产生中，制品中微生物的生命活动起到关键作用（郇士鹏，2005）。外国专家认为，生物肥料是借助微生物生命活动以提高土壤养分的有效性，并促进植物生长的制品，其重要性在于能从难以利用的非再生资源中增补和活化土壤养分，并融合到植物营养体系的

组成中。

中国“国家标准（GB 20287—2006）”将生物肥料定义为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。

现有生物肥多以有机质为基础，然后配以菌剂和无机肥混合而成。目前，生物肥料产品则远远超越了现有概念。其将扩大至既能提供作物营养，又能改良土壤；同时，还应对土壤进行消毒，即利用生物（主要是微生物）分解和消除土壤中的农药（杀虫剂和杀菌剂）、除莠剂以及石油化工等产品的污染物，并同时对土壤起到修复作用。

二、生物肥料的种类

生物肥料种类繁多，根据生物肥料的特性和作用机理，传统上将它们大致分为5类（陈华癸，1959）：

第一类，能将空气中的惰性氮素转化成作物可以直接吸收的离子态氮素，在保证作物的氮素营养上起着重要作用的微生物菌剂。属于这一类的有根瘤菌肥料、固氮菌肥料、固氮蓝藻等。

第二类，能分解土壤中的有机质，释放其中的营养物质供植物吸收的微生物菌剂。

第三类，能分解土壤中难溶性的矿物，并把它们转化成易溶性的矿质化合物，从而帮助植物吸收各种矿质元素的微生物菌剂。其中，主要是解钾的硅酸盐细菌肥料和解磷细菌肥料。

第四类，对某些植物的病原菌具有拮抗作用，能防治植物病害，从而促进植物生长发育的微生物菌剂，例如，抗生素肥料等。

第五类，菌根菌肥料，通过与寄主植物根系形成互惠共生体的丛枝菌根，来帮助植物吸收矿质元素，特别是磷素，从而促进作物的生长。

由于作物生长需要多种营养元素，单一菌种、单一功能的生物肥料已经不能满足现代农业发展的需求。现代生物肥料不仅仅由单一的菌种构成，而更趋向于复合菌株组成的多功能生物肥料。因此，现代生物肥料可分为单一菌种肥料和复合菌种肥料。

如上所述的根瘤菌、固氮菌、解磷、解钾菌肥等都属于单一菌种肥料。

而复合菌剂的肥料则种类繁多，大致有以下 5 种。

1. 微生物—微量元素复合生物肥料

微量元素在植物体内是酶或者辅酶的组成成分，对高等植物叶绿素、蛋白质的合成、光合作用，对养分的吸收和利用起着促进和调节作用。例如，铝、铁等是固氮酶的组成成分，是固氮作用不可缺少的元素。

2. 联合固氮菌复合生物肥料

由于植物的分泌物和根的脱落物提供能源物质，固氮微生物利用这些能源生活和固氮，因此，称为联合固氮体系。这种联合固氮体系最早是在雀稗固氮菌 (*Azotobacter paspali*) 之间发现的。

3. 固氮菌、根瘤菌、磷细菌和钾细菌复合生物肥料

这种生物肥料可以供给作物一定量的氮、磷和钾元素。选用不同的固氮菌、根瘤菌、磷细菌和钾细菌，分别接种到各种菌的富集培养基，在适宜的温度条件下培养，达到所要求的活菌数后，再按照比例混合，制成菌剂，其效果优于单菌株接种。例如，BOM_{SINOW} 生物有机肥料同时具有氨化、硫化、解磷的功能（韩光鹏等，1996）。

4. 有机—无机生物复合肥料

该肥料以功能性生物活性菌为主体，以作物的秸秆、麸皮、鸡粪等有机质为载体，配合无机氮、磷、钾及多种中、微量元素，集微生物独特的生理调节功能、无机化肥的高效性和有机肥的长效性于一体，从而达到种养结合和农业可持续发展的效果。有机无机生物复合肥具有均衡提供营养、培肥地力、增强作物抗逆性、提高农产品品质和降低农产品中有害物质等作用。

5. 多菌株多营养生物复合肥料

这种生物肥料是利用多种生理生化相关的菌株共同发酵制造的一种无毒、无污染环境、可改良土壤的水溶性肥料。由于它是微生物发酵分解制造的生物肥，适用于各种农作物，可以改善作物品质、缩短生长期、提高作物产量，并且该肥料易于保管、运输和施用。例如，“垦易”（活性）生物肥料，是以鱼粉、红糖和蜜糖为主，制成培养液，高温灭菌，然后接种母剂，发酵 20d 左右。经微生物学分析，这种生物肥料含微生物种类很多，细菌、放线菌、真菌

和酵母菌都有，其中以芽孢杆菌为主。日本研制成的 EM 生物肥料是以光合细菌、乳酸菌、放线菌等 10 个属 80 多种微生物生命活动的产物。这些微生物在土壤中相互共存，可以产生各种酶、生理活性物质、维生素类物质等，直接或间接促进作物的生长（吴建峰等，2002）。

此外，根据基质和形态的不同，生物复合肥料分为：固体菌肥，以固体材料（主要以草炭为载体，有粉剂、颗粒、冻干、琼脂 4 种剂型）作为基质生产的生物肥料；液体菌肥，以液体材料作为基质生产的生物肥料。液体菌肥由发酵液直接装瓶或上部用矿油封面（刘刊等，2011）。按照制品中特定的微生物种类可分为细菌肥料（如根瘤菌肥、固氮菌肥）、放线菌肥料（如抗生素肥料）、真菌类肥料（如菌根真菌）；按其作用机理分为根瘤菌肥料、固氮菌肥料（自生或联合共生类）、解磷菌类肥料、硅酸盐菌类肥料；按其制品内含分为单一的微生物肥料和复合（或复混）微生物肥料。复合微生物肥料有菌、菌复合，也有菌和各种添加剂复合（王粉莲等，2010）。复合微生物肥料除含有有效微生物外，还有一些营养物质。根据营养物质分为：微生物和有机物复合；微生物和有机物质及无机元素复合。根据作用机理分为：以营养为主；以抗病为主；以降解农药为主等。

在我国农业部登记的生物肥料产品种类有十多个，包括菌剂类产品（固氮菌剂、根瘤菌菌剂、硅酸盐菌剂、溶磷菌剂、光合细菌菌剂、有机物料腐熟剂、复合菌剂、内生菌根菌剂、生物修复菌剂）、复合微生物肥料和生物有机肥类产品（沈德龙等，2014）。

三、生物肥料的作用

1. 培肥地力

培肥地力是生物肥料的主要功能之一，如各种自生、联合或共生的固氮生物肥料，可以增加土壤中的氮素来源；多种溶磷、解钾的微生物，如一些芽孢杆菌、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，使作物生产环境中的营养元素供应量增加；有研究表明，假单胞菌 LES4 和 LES7 具有良好的溶磷活性（Kumar et al, 2009）。丛枝菌根真菌（AMF）有助于提高磷和微量元素的吸收性。一些具有加速作物秸

秆腐熟及促进有机废物发酵等作用微生物的应用，还增加了土壤中的有机质含量，提高了土壤的肥力。

2. 制造和协助作物吸收营养

通过生物肥料中所含微生物的生命活动，增加了植物营养元素的供应量，从而改善植物营养状况，使作物增产，其代表品种是根瘤菌肥料，肥料中的根瘤菌可以侵染豆科植物根部，在根上形成根瘤，同化空气中的氮素供给豆科植物氮素营养。另外，许多生物肥料中所含微生物种类还产生大量的各类植物生长刺激素，如细胞分裂素、吲哚乙酸、赤霉素等，都能够不同程度地刺激和调节植物生长，使植物生长健壮，营养状况得到改善，进而达到增产效果（占新华等，1999；张余莽等，2010）。研究发现，80%的根际细菌能产生吲哚乙酸，其中，主要有根瘤菌、黄单胞菌、假单胞菌等（刘健等，2001）。固氮菌能分泌维生素 B₁、B₂、B₃、吲哚乙酸等，刺激植物生长发育（沈其荣等，2001）。

3. 增强植物的抗逆性

研究证明，生物肥料中的特殊微生物可提高宿主的抗旱性，抗盐碱性，抗极端温度、湿度、pH 值，抗重金属毒害等能力，增强植物的抗病性（沈其荣等，2001）。多种生物肥料具有抑制病虫害的作用。其原因：一是有益细菌的大量繁殖，在植物根际区域形成优势种群，抑制了病原微生物的生长繁殖，降低了植物病虫害的发生；二是有益微生物可诱导植物产生抗生素类物质和植物的过氧化物酶、多酚氧化酶等，参与植物的防御反应，提高植物的抗病虫害能力。

4. 改良土壤

生物肥料中有益微生物能产生糖类物质（占土壤有机质的 0.1%），与植物黏液、矿物胚体和有机胶体结合在一起，可以改善土壤团粒结构，增强土壤的物理性能和减少土壤颗粒的损失，在一定的条件下，还能参与腐殖质形成，所以，施用生物肥料能改良土壤物理性状，有利于提高土壤肥力。同时，施用生物肥料还可促进土体“三化”的形成，即使土壤腐殖质含量明显提高而达到“腐殖化”；形成多功能的生理群微生物区系而达到“细菌化”；显著改善土体结构使水气通畅而达到“结构化”。

5. 提高品质、减少污染

目前，全球对于作物施用的肥料还是以化肥为主，然而化肥的长期使用会造成土壤板结，导致环境恶化。采用生物肥料与化肥的配合使用，既能保证增产，又能减少化肥的使用量，降低成本，还能改善土壤条件及农产品品质，减少污染（李珍等，2002）。同时，生物肥料的施用不会给土壤带入有害的物质或离子，不致因大量施用而造成土壤－作物－人类的连锁污染，是推行生态农业、有机农业和生产绿色产品的理想肥料（刘戈，2007）。

6. 促进农业废弃物和城市垃圾的循环利用

农业废弃物和城市生活垃圾（尤其是厨余垃圾）中含有大量作物生长必需的有机物及丰富的氮、磷、钾等营养物质，是农业可持续发展的宝贵资源。通过堆肥发酵工艺，可以转化制成生物有机肥，在农业生产中替代部分化肥施用，具有改良土壤环境，提高作物产量，减少化肥资源投入，保护环境的作用，从而实现废弃物资源的综合循环利用，同时，也改善了生存环境。

7. 土壤环境的净化和修复作用

土壤污染物主要可以分为无机污染物和有机污染物，无机污染物主要包括酸、碱、重金属、盐类等；有机污染物主要包括有机农药、酚类、氰化物、石油、合成洗涤剂等。生物肥料在适当的水分、温度、pH 值等环境下，肥料中的微生物菌群与土壤中原有的有益微生物共同形成优势菌群，促进土壤生态系统中碳、氮、氧等元素的良性循环，从而修复土壤生态环境系统，使生态系统达到新的稳定的平衡。

其中，生物肥料对无机污染物的修复机理是生物肥料进入土壤生态系统后，好氧菌、厌氧菌等微生物益生菌群，通过自身的生物反应，降低土壤的酸度，提高土壤的 pH 值，从而降低土壤中有害重金属的毒害；同时，肥料中的微生物菌可以将重金属固定，促使土壤中活性重金属变为有机结合态，形成过滤层和隔离层，降低作物对土壤中重金属的吸收，从而避免土壤中重金属等有害物质或其分解产物通过“土壤－植物－人体”，或通过“土壤－水－人体”间接被人体吸收，损害身体健康。

生物肥料在对土壤中农药等有机污染物修复方面的作用，是降低病虫害的防治次数，降低农药的使用量，从而减少农药在作物中的残留量。主要表现在

生物肥料能改变土壤耕作层微生物区系，在作物根系周围形成优势菌落，从而强烈抑制病原菌繁殖，降低病虫害发生次数；同时，微生物在其生命活动过程中产生多种物质，如激素类、腐殖酸类以及抗生素类，这些物质能刺激作物生长健壮，增强作物自身抗病害能力。

近年来，我国生物肥料行业发展迅速，大量具有特殊功能的微生物制品和新型微生物肥料问世，向土壤中施入生物肥料将是土壤生态修复的重要发展方向。

8. 其他特殊的作用

生物肥料可以提高化肥利用效率。随着化肥的大量使用，其利用效率不断降低，仅靠大量增施化肥来提高作物产量是有限的。生物肥料在解决这方面的问题上有独到的作用，采用生物与化肥配合施用，既能保证增产，又减少了化肥的使用量，降低成本。同时，生物肥料在绿色食品的生产过程中发挥了很大作用。

四、生物肥料的技术范围

生物肥料的技术范围主要包括生产技术、选用原则和施用方法。

（一）生物肥料的生产技术

生物肥料的生产包括微生物的培养和肥料的生产 2 个过程。微生物的培养包括培养、提纯、鉴定、复壮、发酵；肥料生产包括有机物料（基质载体）烘干灭菌、投放微生物、搅拌、评价。影响产品质量的几个关键步骤是微生物的提纯、鉴定、复壮、发酵。

生物肥料的生产过程中，主要包括发酵系统、干燥系统、粉碎系统、混合系统、配料系统、造粒系统、筛分系统和成品包装系统。

发酵系统的主要设备包括进料输送机、混合搅拌机、专用升降式翻抛机及电气自动控制系统；干燥系统的主要设备包括皮带输送机、转筒干燥机、冷却机、引风机和热风炉等；粉碎系统用到的设备有湿物料粉碎机、链式粉碎机或笼式粉碎机、皮带输送机等；配料系统的设备包括电子配料系统、圆盘喂料机、振动筛等；混合系统用到的设备包括卧式搅拌机或盘式搅拌机、振动筛、