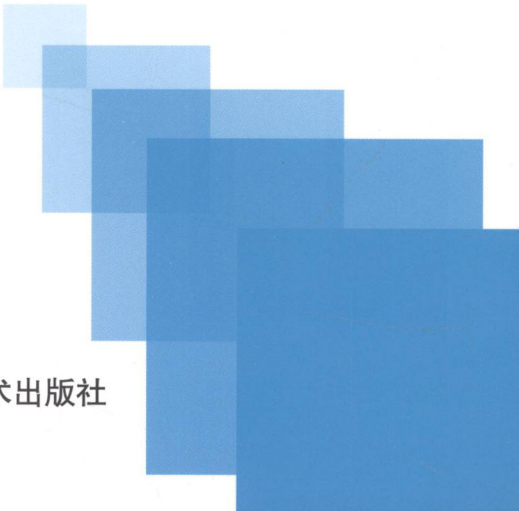
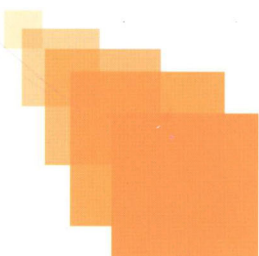
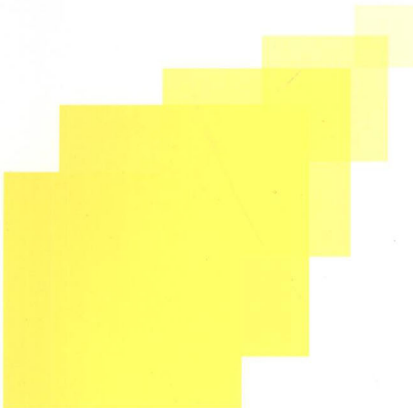
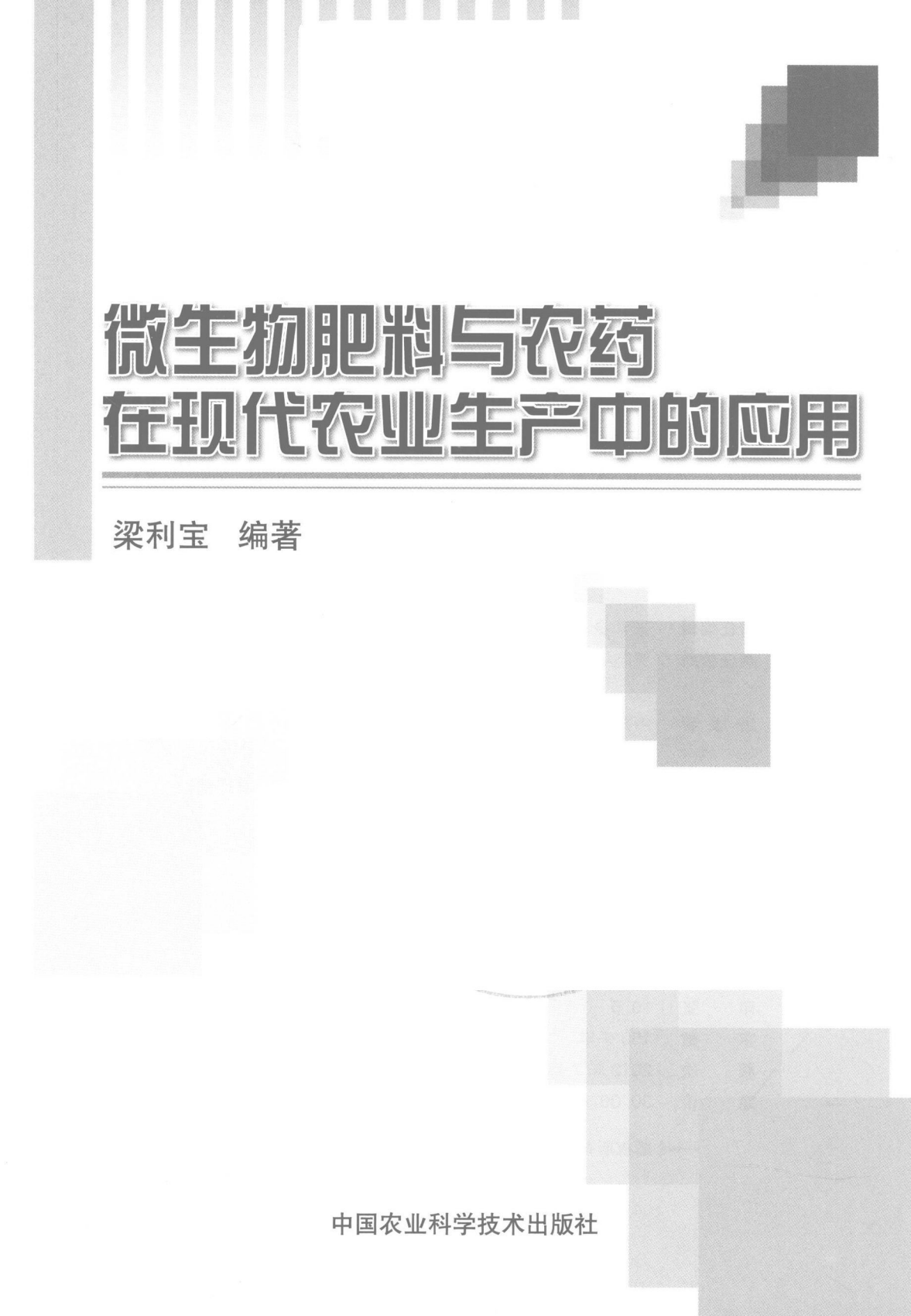


微生物肥料与农药 在现代农业生产中的应用

梁利宝 编著



中国农业科学技术出版社



微生物肥料与农药 在现代农业生产中的应用

梁利宝 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

微生物肥料与农药在现代农业生产中的应用 / 梁利宝编著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2012. 7

ISBN 978 - 7 - 5116 - 0967 - 0

I. ①微… II. ①梁… III. ①细菌肥料 - 研究②生物农药 - 研究
IV. ①S144②S482. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 127102 号

440981

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红 郭苗苗

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) 82109708 (编辑室) (010) 82109703 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82109708

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京科信印刷有限公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 10.5

字 数 150 千字

版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

前 言

本人从事土壤微生物课程的教学和科学工作有十余年,在此过程中有幸涉猎了国内外众多关于微生物肥料和农药的教材和刊物,受益匪浅,结合自己的科研和教学经验编写了此书。本书主要介绍了微生物肥料和农药在现代农业生产中应用,着重介绍了使用方法、作用机理,并结合大量的国内外实际应用案例进行说明,使广大读者尤其是农民朋友更容易了解和掌握。

全书分为四章,第一章概述了微生物肥料和农药的定义、种类及国内外研究现状;第二章着重介绍了微生物肥料对作物增产、土壤改良的作用机制以及使用方法;第三章重点介绍了微生物农药的杀虫机制和使用方法;第四章则是详细介绍了微生物肥料、农药在不同作物以及土壤改良方面的应用案例。附录部分摘录了部分我国不同微生物肥料和农药的国家标准。

本书在选题和编写过程中,得到了山西农业大学资源环境学院院长洪坚平教授关心和帮助。此外,本书在出版过程中还得到了山西农业大学学报编辑部赵赞老师和中国农业科学技术出版社张孝安老师的关心和支持,在此,谨向他们致以诚挚的谢意!

限于本人的学识和水平有限,书中不当甚至错漏之处仍恐难免,望广大同行专家随时赐教,本人不胜感激,以待日后不断改进。

梁利宝

2012年3月于山西农业大学

目 录

第一章 微生物肥料与农药的概述	(1)
第一节 微生物肥料概述	(1)
一、微生物肥料定义和种类	(1)
二、微生物肥料的国内外研究进展	(2)
三、微生物肥料的作用	(3)
四、微生物肥料发展方向和前景	(4)
第二节 微生物农药概述	(5)
一、微生物农药的种类和剂型	(6)
二、微生物农药的特点	(9)
第二章 微生物肥料	(11)
第一节 固氮菌肥料	(11)
一、固氮菌的定义及其种类	(11)
二、固氮菌对作物的促生作用	(12)
三、固氮菌肥料的作用及使用方法	(13)
第二节 根瘤菌肥料	(17)
一、根瘤菌的生物学特性	(17)
二、根瘤菌肥料种类和剂型	(18)
三、根瘤菌肥料的使用方法	(19)
第三节 磷细菌肥料	(22)
一、磷细菌的生物学特性	(23)
二、磷细菌的解磷原理	(24)
三、磷细菌肥料的使用方法及影响因素	(26)

第四节 钾细菌肥料	(28)
一、硅酸盐细菌生物学特性	(29)
二、硅酸盐细菌的解钾原理	(30)
三、钾细菌肥料的使用方法	(30)
第五节 5406 抗生素肥	(33)
一、5406 抗生素肥的使用方法	(33)
二、5406 抗生素肥浸出液的制备及喷施	(35)
三、5406 细胞分裂素	(36)
四、放线菌的生防作用	(36)
第六节 菌根菌肥料	(39)
一、菌根菌的定义及其种类	(39)
二、VA 菌根的作用	(40)
三、菌根菌肥料的使用方法及效果	(42)
第七节 光合细菌肥料	(44)
一、光合细菌的生物学特性	(44)
二、光合细菌肥料的作用	(45)
三、光合细菌肥料在农业上的应用	(47)
第八节 植物根际促生菌	(50)
一、PGPR 菌的生物学特性	(50)
二、PGPR 菌对作物的促生作用	(51)
三、PGPR 菌的生物防治机理	(52)
四、PGPR 制剂生产	(53)
五、PGPR 制剂的使用方法	(54)
第九节 复合微生物肥料	(56)
一、复合微生物肥料的主要类型	(57)
二、复合微生物肥料的使用方法及效果	(59)
第十节 有机物腐熟剂	(59)
一、常见的有机物腐熟剂	(60)

二、有机物腐熟剂的使用方法	(63)
第三章 微生物农药	(66)
第一节 苏云金杆菌	(66)
一、苏云金杆菌生物学特性	(66)
二、苏云金杆菌的杀虫机理	(67)
三、苏云金杆菌杀虫剂存在的问题及其影响因素	(68)
四、苏云金杆菌的使用方法及效果	(71)
第二节 农用抗生素	(73)
一、抗生素杀菌剂	(74)
二、抗生素杀虫剂	(77)
三、抗生素除草剂	(79)
四、农用抗生素在农业上的应用效果	(80)
第三节 白僵菌	(81)
一、白僵菌生物学特性	(81)
二、白僵菌的主要作用机制	(83)
三、影响白僵菌杀虫效果的因素	(84)
四、白僵菌的使用方法及效果	(86)
第四节 绿僵菌	(88)
一、绿僵菌的生物学特性	(88)
二、绿僵菌的侵染途径与作用机理	(89)
三、绿僵菌的剂型及影响因素	(90)
四、绿僵菌使用方法及效果	(92)
第五节 病毒杀虫剂	(95)
一、昆虫病毒的种类	(95)
二、杆状病毒杀虫剂	(96)
三、病毒杀虫剂在农业上的应用效果	(100)
第六节 昆虫病原线虫制剂	(101)
一、昆虫病原线虫概述	(101)

二、昆虫病原线虫的杀虫机理	(103)
三、影响昆虫病原线虫效果的因素	(104)
四、昆虫病原线虫剂型	(106)
五、昆虫病原线虫使用方法	(107)
第七节 微生物除草剂	(109)
一、活体微生物除草剂	(109)
二、微生物源除草剂	(110)
三、微生物除草剂剂型	(112)
四、常见的微生物除草剂	(114)
五、微生物除草剂生产、使用中的问题	(116)
六、微生物除草剂在农业上的应用效果	(117)
第四章 微生物肥料和生物农药应用案例	(119)
第一节 微生物肥料的应用案例	(119)
一、大田作物应用效果案例	(119)
二、大棚蔬菜应用效果案例	(122)
三、林业、草业上的应用效果案例	(127)
四、经济作物的应用案例	(131)
五、土壤改良的应用效果案例	(132)
第二节 微生物农药应用案例	(133)
一、大田作物的应用案例	(133)
二、大棚蔬菜的应用案例	(135)
三、松林的应用案例	(137)
四、草原上的应用案例	(140)
附录 微生物肥料和生物农药的主要技术指标	(142)
参考文献	(148)

第一章 微生物肥料与农药的概述

第一节 微生物肥料概述

一、微生物肥料定义和种类

随着现代农业技术的发展与应用，农业上施用各种化学物质的增多，在不断提高作物产量的同时，也给农业生产带来了严重的影响，造成土壤环境的污染和生态环境的破坏、农作物品质不断下降等不良后果，而肥料是影响农产品品质和农业生产环境的重要生产投入品。正确选择和科学施用优质肥料对改善农产品品质，降低生产成本，提高农业效益起着至关重要的作用。在当前农业可持续发展形势下，微生物肥料部分替代化肥日益受到重视。

微生物肥料是指由单一或多种特定功能菌株，通过发酵工艺生产的能为植物提供有效养分或防治植物病虫害的微生物接种剂，又称菌肥、菌剂、生物肥料、接种剂。它的肥料效应一般认为是广义的，不仅仅是营养物质方面，也包括对作物生长刺激、调控、协助作物吸收水分以及由于接种微生物在作物根际的广泛生长而降低或抵制有害微生物的存活。表现出减轻一些病（虫）害症状的肥效。微生物肥料的种类很多，如果按其

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（如抗生素类 5406）、真菌类肥料（如菌根真菌）等；按其作用机理又可分为根瘤菌肥料、固氮菌肥料、解磷菌类肥料、解钾菌类肥料等；按其制品中微生物的种类又可分为单纯的微生物肥料和复合微生物肥料。

二、微生物肥料的国内外研究进展

国外对微生物肥料的研究和应用历史比我国长久，其主要的品种是各种根瘤菌肥。早在 20 世纪 20 年代在美国、澳大利亚等国就开始有根瘤菌接种剂（根瘤菌肥料）的研究和试用，一直到现在，根瘤菌肥依然是最主要的品种，但也发展了许多新的品种。国外除根瘤菌以外，许多国家在其他一些有益微生物的研究和应用方面也做了大量的工作。前苏联及东欧一些国家的科研人员进行了固氮菌肥料和磷细菌肥料的研究和应用，所用的菌种为圆褐固氮菌和巨大芽孢杆菌。他们和前捷克斯洛伐克、英国及印度研究固氮菌的工作者证实，这类细菌能分泌生长物质和一种抗真菌的抗生素，能促进种子发芽和根的生长。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初，一些国家对固氮细菌和解磷细菌进行了田间试验，结果各异，人们对其作用还有相当大的争议。

我国的根瘤菌肥料的应用已较广泛，国内外微生物肥料的研究应用都是从豆科植物上应用根瘤菌接种剂开始的，起初只有大豆和花生根瘤菌剂。我国自 20 世纪 50 年代从国外引进自生固氮菌、磷细菌和硅酸盐细菌制剂以来，先后推广使用“5406”抗生素肥料、固氮绿藻肥料、VA 菌根以及作为拌种剂的联合固氮菌和生物钾肥；微生物肥料发展的总趋势是所用菌种范围不断扩大，应用中强调多菌种和多功能的复合，甚至是菌剂与有

机和无机物料的混合。20 世纪 70 ~ 80 年代中期, 科研部门开始研究由土壤真菌制成的菌根, 以改善植物磷素营养条件和提高水分利用率。因而, 菌肥的概念更扩大到细菌、放线菌、真菌、蓝藻等多种微生物类群。20 世纪 80 年代中期至 20 世纪 90 年代初, 农业生产中又相继应用联合固氮菌和生物钾肥作为拌种剂, 20 世纪 90 年代中期以来, 又相继推出联合固氮菌肥、硅酸盐菌剂、光合细菌菌剂、PGPR 制剂和有机物料(秸秆)腐熟剂等适应农业发展需求的新品种。与此同时, 我国也根据国际上提出的“可持续农业”理念, 相应提出了发展“生态农业”的规划, 大力提倡生物和有机肥料的研究和开发利用, 国内现有微生物肥料生产企业达 500 家以上, 年产量约为 500 万 t。

三、微生物肥料的作用

目前, 微生物肥料在我国应用于 30 多种作物上。其中, 禾本科作物应用最多, 其次是油料和纤维类作物, 应用较少的是烟草、糖料作物、茶叶、中草药和牧草等。但不同作物因不同的生理特点、环境、接种物的种类和农业措施, 应用效果也不一样, 如菌根菌类肥料, 由于其菌丝有助于吸收水分和养分而有利于植物抗旱, 用于林业生产上效果较好。糖料作物的增产效果最好, 其次为茶叶, 微生物肥料对禾本科作物的增幅最低。

微生物肥料施入土壤后的作用显著。第一, 增加土壤肥力, 这是微生物肥料的主要功效之一。如各种自生、联合、共生的固氮微生物肥料, 可以增加土壤中的氮素来源, 多种解磷、解钾微生物的应用, 如芽孢杆菌或类芽孢杆菌、假单胞菌等, 可以将土壤中难溶的磷、钾元素分解出来, 从而能为作物吸收利用。第二, 产生植物激素类物质刺激作物生长。许多用作微生物肥料的微生物还可产生植物激素类物质, 能刺激和调节作物

生长,使植物生长健壮,营养状况得到改善。第三,对有害微生物起到生物防治作用。肥料中的有益微生物生长繁殖,在作物根际土壤微生态系统内形成优势种群,限制了其他病原微生物的生长繁殖机会,有的还有拮抗病源微生物的作用,起到了减轻作物病害的功效。第四,提高了作物的抗逆性。由于微生物肥料的施用,其所含的菌种能诱导作物产生超氧化物歧化酶,在植物受到病害、虫害、干旱、衰老等逆境时,消除因逆境而产生的自由基来提高作物的抗逆性,减轻病害。而且施用微生物肥料可以节约能源,降低生产成本,且其不仅用量少,而且本身具有无毒无害,没有环境污染的特点。第五,有利复垦土壤的熟化,复垦土壤尤其是生土中的微生物区系稀少,生物多样性较少,生态系统的稳定性差,不利于植被的恢复,微生物复垦主要是利用菌肥或微生物活化剂改善土壤和作物的生长营养条件,能迅速熟化土壤,固定空气中的氮素,参与养分转化,促进作物对营养的吸收,分泌激素刺激作物的根系发育,抑制有害生物的活动,提高植物的抗逆性,可使失去微生物活性的复垦区土壤重新建立和恢复土壤微生物体系,加速复垦地土壤的基质改良,加速植被重建。

四、微生物肥料发展方向和前景

虽然微生物肥料在我国已有几十年的应用历史,但仍然发展不足,需要进一步加大科研投入,重视必要的基础理论研究,深入系统地阐述微生物的作用机理、抗菌谱带、功能基因等;不断培育和构建高效菌种,由单一菌肥向复合菌肥发展,由无芽孢菌剂向有芽孢菌剂发展;加强政策引导和科普宣传,做好示范基地建设,提高农民对微生物肥料的认识和使用积极性,合理施用。菌肥就算是效果再好,也不可能替代化肥、有机肥

的使用。微生物肥料既有有机肥的长效，又有化肥的速效，还有自身的增效，但必须明确指出的是，目前，微生物肥料只能部分代替化肥，而不能全部代替化肥，菌肥起到的是催化剂的作用，没有化肥、有机肥，菌肥也就成了无米之炊。但怎样使微生物肥料更多的替代化肥，更稳定地发挥其生态作用，促进生态农业持续发展是未来研究的主要内容之一。

第二节 微生物农药概述

利用化学农药防治病虫害是提高农作物产量的一项重要手段。但是，随着使用量的逐年增加，化学农药因其固有的毒性和残留严重污染了人类赖以生存的环境，破坏了生态平衡，给人类的健康造成了极大的威胁。在这种情况下，利用生物农药进行综合治理越来越受到关注。

生物农药又称生物源农药，是指含非人工合成、具有杀虫、杀菌或抗病能力的生物活性物质或生物制剂，包括生物杀虫剂、杀菌剂、农用抗生素和生态农药等，现在也包含这些天然产物的一些简单衍生物，即化学修饰产物，如甲氨基阿维菌素、乙烯利等。生物源农药包括植物源、动物源农药和微生物源农药。微生物农药是指非人工合成、具有杀虫杀菌或抗病能力的生物活性物质的微生物制剂，包括微生物杀虫剂、杀菌剂、农用抗生素、生态农药等。它被认为是无公害农药，防治对象不易产生抗药性，不伤害天敌，繁殖快，能利用农副产品甚至是工农业废水、废弃物等广泛生产，是生产无公害食品的首选药剂。

从 20 世纪 60 年代的青虫菌到现在的阿维菌素，我国微生物农药的研究、开发和生产已有近 50 年的历史，并取得了重大进展。微生物农药是目前生物农药的一个最主要的组成部分，不

论在基础研究还是产业化方面均走在了整个生物农药研究领域的前面。

一、微生物农药的种类和剂型

能够用于生产微生物农药的微生物类群包括细菌、真菌、病毒、原生动物和线虫等，以前三者为主。细菌杀虫剂是其中应用最多、效果最好的一类。按照用途，微生物农药可分为微生物杀虫剂、微生物杀菌剂和微生物除草剂等。

（一）细菌源农药

目前，筛选出的杀虫细菌大约有 100 多种，其中，被开发成产品，投入实际使用的主要有 4 种，即日本金龟子芽孢杆菌、球形芽孢杆菌、缓病芽孢杆菌和苏云金芽孢杆菌。苏云金芽孢杆菌（Bt）杀虫剂是细菌杀虫剂中研究最深入的微生物杀虫剂，其作用机理是依靠其所含有的伴孢晶体、外毒素及卵磷脂等致病物质引起昆虫肠道等病症而使昆虫致死。它是目前世界上用途最广、开发时间最长、产量最大、应用最成功的微生物杀虫剂，占生物防治剂总量的 95% 以上，已有 60 多个国家登记了 120 多个品种，广泛用于防治农业、林业、贮藏物害虫以及医学昆虫。

（二）真菌源农药

应用真菌杀虫剂防治害虫一直受到国内外的广泛关注，我国开展真菌制剂的研究开发已有 30 多年的历史，目前，世界上已记载的杀虫真菌大约有 100 个属，800 多个种，其中，约 50% 集中于半知菌亚门，例如：白僵菌属、绿僵菌属、被毛孢属、螭霉属、轮枝拟青霉属和棒孢霉属等，研究最多的是该亚门中的白僵菌和绿僵菌。白僵菌杀虫剂是发展历史最早，推广面积较大，应用最广的一种真菌杀虫剂，但是，由于绿僵菌防治效果不稳定，对其研究曾一度陷入低谷。研究和应用最广泛的真

菌杀菌剂是木霉菌 (*Trichoderma*)，它能抑制植物病原真菌，其次是黏帚霉类。我国开发研制的灭菌灵，主要用于防治各种作物的霜霉病。真菌除草剂主要属丝孢纲和腔孢纲，其中，17% 有良好或极好的实际使用前景。

(三) 农用抗生素

农用抗生素是微生物发酵过程中产生的次级代谢产物，可抑制或杀灭作物的病害、虫害和草害及调节作物生长发育。抗生素研究以日本最快，已开发出了春日霉素、灭瘟素、多氧霉素、井冈霉素、灭孢素和杀螨霉素等。其中，阿维菌素是由阿维链霉菌 (*Savermatitis*) 产生的一组广谱、高效、低毒的大环内酯类抗生素，是迄今为止发现的最有效的杀虫抗生素。我国多年来开发的主要杀菌剂有：公主岭霉素、春雷霉素、农抗 120、灭瘟素和多抗霉素等品种；杀虫抗生素有：浏阳霉素、华光霉素等。双丙氨磷是能产生既抗细菌、又抗真菌的抗生素，并且有强烈的杀草活性，能防除 1 年生和多年生的农田杂草，是一种速效和持效兼而有之的除草剂。虽然农用抗生素得到一定的应用，但还是有自身的缺点：一是因为抗生素不稳定，在应用时效力下降；二是由于病原菌对抗生素产生抗性，还有抗生素的毒性的存在。

(四) 病毒源农药

病毒杀虫剂的研究和开发利用起步较晚，其基本原理是由病毒感染种群并引发病毒流行病传播，使害虫持续感病死亡，达到调节害虫种群数量、减轻危害的目的。目前，我国利用病毒进行生物防治取得了很大进展，棉铃虫杆状病毒杀虫剂是我国第一个商品化生产的病毒杀虫剂，粉剂和悬浮剂都已推广应用于棉铃虫的防治。另外，利用弱病毒防治番茄病毒病已成为当今温室栽培番茄不可缺少的高新技术，在日本已普遍应用于生产，被人们称为植物疫苗。近几年来，我国病毒杀虫剂的研究

主要集中在增效剂和复配制剂方面，如用增效蛋白（En）与苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒（Ac NPV）和 Bt 的混合物复配后，对靶标害虫的毒力大幅提高。

由于多数昆虫对病毒具有一定的抵抗能力，导致病毒杀虫谱单一，但试验发现，个别病毒中具有提高其他种类病毒杀虫活性的增效因子，如黏虫同时感染 NPV 和 GV 时，存在增效关系，其增效因子是 GV 包含体蛋白的一部分，它起分解蛋白酶的作用，破坏围食膜，从而使昆虫免疫力大大降低。所以增效因子作为生物杀虫剂的一种新型的生物活性添加剂，将会受到格外重视。病毒源农药目前主要是利用昆虫细胞增殖的方法来生产，其剂型主要有乳剂、乳悬剂、可湿粉剂和水悬剂等剂型。

（五）微生物农药的剂型

为了使微生物农药能够便于保存运输，提高药效和便于利用，需要将其制成一定剂型。微生物农药不同于化学农药，与化学农药相比，微生物农药的加工更加困难，这主要是因为微生物农药都是颗粒状物质，它们是不溶于水的生物体，其颗粒大小差别很大。这种颗粒性和疏水性直接影响其制剂的润湿性、分散性和悬浮性等物理性能。并且，作为生物体，微生物对外界因素，如温度、湿度和光照等比较敏感，制剂贮存稳定性差，田间持效期短，作用速度慢，所以在选择助剂时除需要考虑制剂理化性能之外，还需要考虑一些特殊助剂，如防光剂、增效剂等。另外，微生物作为活体，与各种助剂的相容性一般比化学农药都差。影响微生物农药剂型选择的因素很多，主要有微生物的生理生化特性，有害生物的生理特性，使用技术及目的，加工成本及市场竞争力，环境保护的要求等。微生物农药的剂型种类很多，几乎化学农药所涉及的剂型在生物农药中都有使用。微生物农药的剂型加工很大部分是模仿化学农药进行的，只有少部分是微生物农药特有的。

二、微生物农药的特点

(一) 微生物农药的优点

1. 与传统的化学农药相比，生物农药具有选择性强，活性高的特点

多数生物农药只对某种特定有害生物有效果，自然代谢，残留低、降解快，对非靶标生物、人畜、环境相对安全，并能诱发害虫流行病。

2. 生物农药开发利用途径较多，如天敌昆虫可人工繁殖或育种，也可利用基因工程开发成天敌生物农药

自然界中动物、植物、微生物凡对有害生物有控制作用的活体或代谢产物都可以作为研发的材料。

3. 生物农药可利用农副产品生产加工

目前，国内生产加工生物农药，一般主要利用天然可再生资源，如玉米、鱼粉、豆饼、麦麸。原料的来源十分广泛，生产成本很低廉。

4. 开发投资风险相对较小

高效生物农药的开发应用对保障人类健康、保护生态环境和农业的可持续发展都有极其重要的意义。

(二) 微生物农药的缺点

1. 微生物农药的菌种容易退化

剂型加工过程若填料、稳定剂、分散剂、渗透剂、保护剂及增效剂等选择不当，就会导致产品易失活，货架寿命短。田间应用时，不仅作用缓慢，而且对环境条件要求较苛刻，尤其是湿度、温度和光照对微生物农药药效影响很大。经常导致田间药效不稳定，从而难与化学农药竞争市场，有害生物较易对农用抗生素产生抗药性。