

# 微生物肥料在湖北利川的应用

何平<sup>1\*</sup>, 冉旭<sup>1</sup>, 刘元生<sup>1#</sup>, 周富忠<sup>2</sup>

<sup>1</sup>利川市团堡镇农业服务中心, 湖北 利川

<sup>2</sup>利川市土壤肥料工作站, 湖北 利川

收稿日期: 2023年3月10日; 录用日期: 2023年4月5日; 发布日期: 2023年4月12日

## 摘要

本文综合叙述了微生物肥料的功能、分类、国内外研发历程及湖北利川的推广应用情况。按现行标准分类调查总结了农用微生物菌剂、生物有机肥、复合微生物肥料在利川的销售量、应用面积, 以及作物增产、地力培肥、土壤改良、病害控制、污染降解及作物品质提升等方面的效果, 并对利川推广应用中的问题和发展前景作了较详细分析和展望。

## 关键词

湖北利川, 农用微生物菌剂, 生物有机肥, 复合微生物肥料

# Application of Microbial Fertilizer in Lichuan, Hubei

Ping He<sup>1\*</sup>, Xu Ran<sup>1</sup>, Yuansheng Liu<sup>1#</sup>, Fuzhong Zhou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lichuan Tuanbao Town Agricultural Service Center, Lichuan Hubei

<sup>2</sup>Lichuan Soil and Fertilizer Station, Lichuan Hubei

Received: Mar. 10<sup>th</sup>, 2023; accepted: Apr. 5<sup>th</sup>, 2023; published: Apr. 12<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This paper comprehensively describes the function, classification, R & D process at home and abroad and the promotion and application of microbial fertilizer in Lichuan, Hubei. According to the current standards, the sales volume and application area of agricultural microbial inoculum, bio-organic fertilizer and compound microbial fertilizer in Lichuan, as well as the effects of crop

\*第一作者。

#通讯作者。

yield increase, soil fertility, soil improvement, disease control, pollution degradation and crop quality improvement were investigated and summarized, and the problems and development prospects in the promotion and application of Lichuan were analyzed in detail.

## Keywords

Hubei Lichuan, Microbial Inoculants in Agriculture, Biological Organic Fertilizer, Compound Microbial Fertilizer

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“酸、黏、薄、瘦、蚀、污”六大障碍是利川耕地的痛点，也是问题治理、质量提升的难点。重点表现在土壤严重酸化、结构黏重板结、耕层浅薄贫瘠、水土流失严重、耕地养分失调、土壤肥力下降、农药残留污染、重金属背景值高、土壤微生态恶化等耕地退化和恶化方面[1] [2] [3]。这些问题与土壤微生物种群消长息息相关，有益菌与病原菌的平衡被打破。土壤酸化使有害微生物成为优势菌群、有益菌生长被抑制；结构板结导致土壤空气减少，好氧菌繁衍受阻；耕地贫瘠、肥力低下使微生物养料贫乏，扩繁减缓等。微生物被比喻为土壤养分循环的“转化器”、环境污染物的“净化器”、陆地生态系统稳定的“调节器”；可以说，没有微生物，土壤就失去了活性，就没有了生产能力[4]。然而，我国农业生产长期过度依赖化肥，土壤中大量有益微生物群落遭到破坏，土壤活性下降。改善土壤生态系统、提高土壤地力，当务之急就是补充有益微生物，施用微生物肥料是最直接有效的方法。本文重点从微生物肥料的主要功能及分类、发展历程、应用效果、存在问题及建议等方面反映微生物肥料在湖北利川的应用情况。

## 2. 微生物肥料的主要功能及分类

微生物肥料是由一种或数种有益微生物、经工业化培养发酵而成的生物性肥料，所含微生物在增产、提质、解污等效应中起关键作用。是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[5]。

### 2.1. 微生物肥料的主要功能

微生物菌剂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。施用微生物肥料，就是通过人工接种的方法，把微生物肥料中大量有益微生物加入到农作物根际和土壤中，通过它们的活动来提高土壤肥力，刺激作物生长和抑制有害微生物的活动[6]。只有当有益微生物处于旺盛的繁殖和新陈代谢的情况下，物质转化和有益代谢产物才能不断形成[7]。微生物肥料的功效主要与营养元素的来源和有效性有关，或与作物吸收营养、水分和抗病有关[8]，可以概括为“提、促、控、解”四个方面。

提——提升土壤肥力。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，可以将土壤中难溶的磷、钾分解出来，提高土壤磷、钾的有效性，被作物吸收利用[8]。

促——促进作物生长。微生物代谢产生的生长素、细胞分裂素、吲哚乙酸、赤霉素等植物激素刺激

和调节作物生长,改善营养状况,使植物生长健壮[8]。

**控——控制病虫害。**施用微生物肥料在作物根部接种的微生物大量繁殖,成为作物根际的优势菌群,抑制病原微生物生长,达到生物防治效果;同时,有的微生物对病原微生物还具有拮抗作用,起到了控制和减轻作物病害的功效[8]。

**解——降解土壤污染。**微生物肥料中的有益菌通过摄取营养过程生物吸附和富集、分泌有机酸溶解或沉淀、氧化或还原等作用,将重金属钝化、固定、转移或转化为无毒或低毒沉淀物;例如将高毒性的 6 价铬还原为低毒性的 3 价铬。微生物直接作用于有机磷农药,通过酶促反应降解农药;还可通过其活动改变土壤化学、物理环境间接作用于农药,如矿化作用、共代谢作用、生物浓缩或累积作用等[9][10]。

## 2.2. 微生物肥料的分类

微生物肥料的种类很多,按微生物种类可分为细菌肥料(如根瘤菌肥及固氮、解磷、解钾菌肥)、放线菌肥料(如抗生素类、5406)、真菌类肥料(菌根真菌肥、霉菌肥)、光合细菌肥料、复合菌剂肥料(酵素菌肥)等;按作用机理可分为增加植物营养为主的菌肥、刺激植物生长为主的菌肥、抵抗杀灭植物病虫害为主的菌肥、农药降解为主的菌肥等;按种类多少可分为单一微生物肥料和复合微生物肥料;从形态上可分为液体菌肥、固体粉剂菌肥、固体颗粒菌肥等[8]。

根据现行标准,可分为农用微生物菌剂(GB 20287-2006)、复合微生物肥料(NY/T 798-2015)和生物有机肥(NY 884-2012)三类[8]。其中农用微生物菌剂根据内含的微生物种类或功能特性分为 9 个品种:根瘤菌剂、固氮菌剂、解磷菌剂、硅酸盐菌剂、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[11]。

**农用微生物菌剂:**指目标微生物(有效菌)经工业化生产扩繁后,利用多孔的物质作为吸附剂(如草炭、蛭石),吸附菌体的发酵液加工制成的活菌制剂。它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、有害物质的作用;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[11]。

**复合微生物肥料:**指特定微生物与营养物质复合而成,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[12]。是把无机营养元素、有机质、微生物菌有机结合于一体,体现无机肥料、有机肥料以及微生物肥料的综合效果。

**生物有机肥:**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[13]。

## 3. 微生物肥料的研制及推广应用历程

### 3.1. 国外对微生物肥料的研究与应用

1890 年,法国微生物学家 C. H. Voinov 首次分离到硝化细菌,并确定该菌能吸收外界的氨或亚硝酸并使之氧化;1895 年,德国推出的“Nitragin”根瘤菌接种剂是世界上最早的微生物肥料[14];1896 年,根瘤菌菌剂获得销售专利,这些研究开创了微生物肥料发展的先河。20 世纪三四十年代,美国、澳大利亚、英国等都有了根瘤菌接种剂产业[15]。目前,至少有 70 多个国家研究、生产和应用豆科根瘤菌,面积不断扩大,应用的豆科植物种类日益增多。在美国、巴西等大豆种植的主要国家,根瘤菌接种率达到了 95%以上[16]。

1901 年,荷兰学者别依林克首次从运河水中分离出自身固氮菌;1911 年,丹麦学者 Basslik 从蚯蚓肠道中分离到一株解钾芽孢杆菌,能够提高土壤中有效钾含量;苏联学者蒙基娜从黑钙土中分离出具有溶磷作用的巨大芽孢杆菌,使土壤中有效磷含量提高 15%以上;1930 年,前苏联学者亚历山大罗夫从土

壤中分离到一种硅酸盐细菌,能分解钾长石、磷灰石等矿物质,释放出钾素和磷素。之后,前苏联和东欧的一些国家将从土壤中分离出来的硅酸盐细菌、解磷菌及固氮菌应用到农业生产中[17],所用的菌种有圆褐固氮菌和巨大芽孢杆菌等。他们和前捷克斯洛伐克、英格兰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,能促进种子发芽和作物根部生长。

在微生物肥料发展的起步阶段,微生物肥料的研制与开发主要集中在固氮、解磷、解钾等功能微生物的筛选与应用方面。20世纪70年代末至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,对其作用争议较大。但在固氮螺菌与禾本科作物联合共生的研究中取得了一定的进展,在许多国家作为接种剂使用。总结20年来世界上一些国家的田间试验数据表明,固氮螺菌接种在土壤和气候不同的地区可以提高作物的产量,在60%~70%的试验中可增产5%~30%。它们促进生长的主要机制是能生产促进作物生长的物质,提高根毛的密度和长度以及侧根出现的频率和根的表面积[16]。

20世纪60年代以后,各国都加强了微生物肥料的研究和应用[8]。20世纪70年代,J. W. Kloepper首次提出植物根际促生菌概念(PGPR)。PGPR是指在植物根圈中生存的有益细菌统称,可促进植物生长并对病原菌有拮抗作用。巴西学者DÖbereiner分离获得雀巢固氮菌,并提出根际联合固氮概念,加拿大研究人员筛选出青霉菌,用此菌株生产出具有高效溶解无机磷的微生物肥料,十年应用试验结果表明作物平均增产6%~9%。之后,先后从大麦、玉米、花生、水稻等根际土壤中分离出越来越多的具有促生、生防等作用的微生物菌种,包括假单胞菌、芽孢杆菌、链霉菌和木霉菌等[18]。以根际促生菌为功能微生物开发出具有多功能的微生物肥料,肥料种类迅速增加,出现了放线菌制剂、固氮蓝绿藻肥、丛枝菌根(AM菌根真菌)菌剂、EM菌剂等丰富多样的微生物菌剂产品。菌肥功效也从单一的固氮、解磷或解钾作用转变为兼具促长、防病、土壤修复等诸多作用。

1997年,在意大利洛克菲勒基金会中心召开的生物固氮全球挑战与未来需求国际讨论会上,各国著名科学家制定了一个到21世纪生物固氮增加需求的行动计划,其中就包括发展微生物肥料以增加豆科和非豆科产量。在微生物肥料的研究、生产、应用过程中,少数国家经历一段时间的混乱,逐步认识到加强微生物肥料质量管理的重要性,并制定了相应的标准以强化产品的监督管理。

近年来,世界微生物肥料产业发展迅速,欧美发达国家农业生产中,微生物肥料的使用占20%以上。湖南贝哲斯信息咨询有限公司撰写的《全球有机肥料微生物肥料行业发展研究报告》中报道,2021年全球微生物肥料市场规模达到101.58亿元。

### 3.2. 我国微生物肥料的发展历程

我国微生物肥料的研究和生产起步较晚,20世纪40年代开始研究根瘤菌肥,主要应用于大豆、花生和紫云英等,使大豆亩增产15~20 kg、花生增产10%~50%、紫云英产草量成倍增长。50年代研究根瘤菌在内的固氮菌、硅酸盐细菌等,研究者们从土壤和作物根际分离得到多株硅酸盐细菌,确定硅酸盐细菌主要为胶质芽孢杆菌和环状芽孢杆菌,并开发出以胶质芽孢杆菌为活菌的生物钾肥。60年代推出“5406”放线菌,70~80年代研究土壤真菌制成的泡囊-丛枝菌根(AM菌根)[16]。因产品无标准、行业无监管,导致质量无保证,我国微生物肥料的研发出现短暂的“三起三落”。

到了20世纪90年代,特别是21世纪以来,由于化肥过量和不平衡施用,土壤出现酸化板结、结构破坏、有机质含量下降、缺素突出、地力衰退、土壤污染、环境恶化、生态失调等一系列障碍,农产品则出现产量不高、品质不优、效益低下等问题。科学家们再次把目光转向了微生物肥料,因而掀起了新一轮研究热潮,相继推出联合固氮菌肥、硅酸盐菌剂、光合细菌菌剂、PGPR制剂和有机物料腐熟剂等适应农业需求的新品种,它们在农业可持续发展,减少化肥使用、促进作物废弃物、城市垃圾的腐熟和开发利用、净化土壤、保护环境以及提高作物品质和食品安全等方面发挥了重要作用,以其生产成本低、

耗能小、无污染等优势,日益受到重视[16]。1994年,我国出台了第一个微生物肥料标准——《NY/T227-1994微生物肥料》;1996年,农业部将微生物肥料正式纳入肥料登记范畴;在1999年和2000年,我国分别将“高效有机肥(微生物肥料)商品化生产工艺与成套设备”列为优先发展的产业,并提出了生物有机肥的概念,促进了我国微生物肥料的发展。许多高校和研究机构进行多功能菌株的筛选和制剂开发,研发出以经济作物为主要应用对象且具有防治重茬病、钝化重金属、防治线虫等多种功效的微生物肥料,在改善土壤问题、提高经济效益等方面起到了显著作用。

近15年来,我国微生物肥料行业的发展非常迅速,种类增多、产量增大。微生物肥料的功能和市场产品呈现复合型、多样化的发展趋势。2006年7月以前,在农业部登记的微生物产品有511个;到2015年11月达到1398个,登记菌种近130个,其中含2种以上菌种的复合产品占比超过一半,生产企业也由500余家发展到1000余家,翻了一番,其中湖北有近20家[19];截至2020年10月,获得微生物肥料登记证的产品达7608个,生产企业有2852家,年产量达2000多万吨[20]。与欧美发达国家相比,微生物肥料的应用效果相当;但产量和施用量在肥料总量中的占比还差距较大,特别是应用面积占比差距相当大。

### 3.3. 利川微生物肥料的推广应用

湖北利川规模应用微生物肥料起源于20世纪80年代末,与全国推广应用“生物钾肥”同步,曾掀起一次微生物肥料应用的小高潮。生物钾肥是由河北省科学院从玉米根际土壤中分离筛选出解钾能力很强的“146”、“114”硅酸盐细菌,并综合从中国科学院引进的“152”菌株,制成的硅酸盐细菌肥料[21]。当时,由利川市土肥站牵头,依托农技推广服务体系(乡镇农技站)大量开展试验示范,重点应用于玉米、马铃薯等粮食作物,并在烟草上进行少量展示,亩用量0.5~2 kg,1991年推广面积达到2万余亩。试验结果60%以上表现增产,但增幅超过10%的占比不足一半,多数增幅在5%左右,因此肉眼效果较差。再因一次性进货数量过大,导致大量库存,微生物菌过期失效,给经营者造成了一定经济损失,微生物肥料推广热度迅速下降,断崖式跌至零点。

而后,利川销售的微生物菌剂多登记为杀虫剂、杀菌剂,用于作物病虫害的生物防治,但应用作物少、面积小。如苏云金杆菌(BT)用于烟草、蔬菜杀虫,枯草芽孢杆菌用于防治水稻白叶枯病、白菜软腐病、烟草青枯病等作物病害。

直至2008年,启动退耕地区基本口粮田建设项目,要求退耕还林地区人平建设0.5亩以上高产稳产基本口粮田,把秸秆还田作为培肥耕地的重要农艺措施纳入建设内容。为利于农事活动,加快秸秆腐熟速度,采购了河南鹤壁人元、湖北太阳雨、武汉合缘等企业的秸秆促腐剂,用于秸秆田间堆制、沤制发酵,牛栏内厩肥发酵等。该项目连续实施8年,于2015年结束,秸秆促腐剂每年应用面积在2000亩左右。因当地农户对秸秆还田的认识不够,且受到劳动力不足的限制,项目区以外应用面积积极小,因此,秸秆促腐剂基本未进入市场销售。

随着利川耕地严重酸化等土壤障碍不断加剧,十字花科蔬菜根肿病,山药、黄连等药材根腐病,白菜、魔芋软腐病,玉米打桩、矮缩,水稻僵苗、坐蔸等土传病害及土壤障碍引起的生理病害快速蔓延,微生物肥料的应用对防治土传病害、修复土壤障碍取得了较好效果。因此,近10余年来,利川微生物肥料应用再次掀起新的高潮。先后引进了德强生物股份有限公司(哈尔滨)、湖北恩施壮农业科技有限公司、武汉合缘绿色生物工程有限公司、陕西中德禾正生物科技有限公司、四川国科中农生物科技有限公司、陕西恒田生物农业有限公司、黑龙江恩邦生物科技有限公司、烟台龙灯肥料有限公司、湖北祥云化工股份有限公司、北京阿姆斯特生物科技有限公司、北京世纪阿姆斯特生物技术有限公司、建始绿奥生态农业科技有限公司等近20家企业生产销售的生物有机肥、微生物菌剂及复合微生物肥料。

近年来,随着高标准农田建设、退化耕地治理等项目实施,秸秆腐熟剂、生物有机肥、复合微生物肥料作为改良土壤、培肥地力的重要产品纳入政府采购,在项目建设中发挥了重要作用。经市场调查初步估算,2022年利川销售微生物肥料超过2000吨,应用面积达到4万余亩次,因投入相对较高,重点在蔬菜、药材、烟草等经济作物上施用,玉米、马铃薯等经济价值不高的粮食作物上应用面积较小。

#### 4. 微生物肥料的应用效果

微生物肥料在土壤中通过特定微生物菌株快速繁殖,固定大气中的氮、释放土壤中固定态磷和钾,充分发挥土壤、空气等环境养分潜力,营造良好的土壤微生态环境利于作物生长。其应用效果主要表现在以下四个方面:一是提高化肥利用率,增加作物产量;二是改善微生态环境,提升土壤肥力;三是增强作物抗逆性,改善产品品质;四是治理环境污染,修复土壤质量。

经利川农户调查、田间试验结果统计表明,微生物肥料在多种作物上表现出不同程度的增产作用,蔬菜增产25.6%~52.8%,茶叶、烟叶增产12.4%~31.6%,粮食作物增产8.6%~26.5%,黄连、大黄等药材增产2.3%~15.6%;根据用量不同,可替减化肥10%~30%。酸化土壤逐步得到改善,连续3年施用,土壤pH可提高0.1~1个单位;还可促进土壤团粒结构形成,“天晴一把刀、下雨一团糟”的黏化板结现象逐步缓解,土壤肥力提高,如土壤有机质提升3 g/kg上下,土壤容重下降0.2 g/cm<sup>3</sup>左右,耕地质量等级提高0.1等以上;根腐、青枯、软腐等土传病害明显减轻,综合感病率下降1.5%~22.4%;多年重茬导致的作物僵苗、长势弱等现象明显减少,农药残留(特别是除草剂残留)导致下茬作物畸形生长现象减轻,大米镉超标事故下降。部分科研人员的试验结果表明,施用微生物肥料可使蔬菜硝酸盐含量减少25.4~44.3 mg/kg,比常规施肥降低193.1%;而蔬菜维生素C、糖分含量分别可提高99.6 mg/kg、6.6 mg/kg,作物品质提升[19]。

##### 4.1. 农用微生物菌剂应用情况

利川应用较早的微生物菌剂是德强生物的复合型菌剂“强品”,十年前引进,含枯草芽孢杆菌(固氮抗逆)和胶冻样芽孢杆菌(解钾),包装为1 kg/袋。最初用于林业苗圃育苗,结合底肥施用,对园林苗圃死苗现象效果较好。后逐步应用到蔬菜、药材、果树上,因地域、作物、施用方式及环境条件的差异,效果差异较大。在白菜、萝卜、甘蓝等大宗蔬菜上的田间试验结果表明,增产幅度8.6%~15.8%;黑腐病和软腐病发病率降低3.5~5.6个百分点。

近5年来,利川应用面积最大、应用作物最广的是黑龙江恩邦生物的“御黄散”微生物菌剂,年销量已达到500吨以上,应用面积近1万亩,亩用量在50~100 kg之间。虽登记为农用微生物菌剂,实际是“两肥+两剂”(氮肥、有机肥、土壤调理剂与菌剂)的组装产品,其主要成份为:99%的氮、18%的钙和镁、5%的有机质、2亿/g枯草及解淀粉芽孢杆菌,包装为25 kg/袋。主要应用于毛坝镇的茶叶,团堡镇、柏杨坝镇的蔬菜,建南镇的黄连、汪营镇的大黄等药材上,凉雾乡、南坪乡、文斗镇的烤烟、果树等作物上也有少量应用。对蔬菜苗期发根、返青作用明显,能有效缓解和治愈甘蓝、白菜莲坐期易出现的老叶枯边症(叶缘干枯),障碍土壤最高增产幅度超过50%;茶叶上与冬肥一起施用,对土壤pH低于4.5的极强酸性茶园改良效果较好,树龄不超过5年的新建茶园长势明显增强,鲜叶增产15%左右,连续三年施用茶树根系微环境土壤pH可提高0.3~1.0个单位;在黄连上试验,对根腐病治疗效果一般,肉眼观察根腐病引进的叶片发红发紫现象无明显好转。

团堡作为利川新兴的精品蔬菜、特色蔬菜大镇,近几年掀起了微生物肥料在蔬菜上应用的高潮。2018年,团堡镇农业服务中心引进北京世纪阿姆斯生物的“贝莱斯”微生物肥料系列产品,广泛开展宣传培训、试验示范,几年累计在31个村设置试验示范300多个。该系列产品有机质含量高达60%,富含枯草、

地衣(杀菌抗病)、解淀粉及胶冻样芽孢杆菌,使蔬菜增产 12.5%~25.2%,植株整齐度提高、叶片浓绿、果实光亮、色泽均匀,外观品质提升;水稻增产 10%左右,稻谷空壳率降低 5%以上;土壤环境得到极大改善,土壤生物多样性更加丰富,肉眼可见蚯蚓、微生物旺盛生长的白色菌丝等。年应用面积达到 4000 亩左右,年用量已超过 400 吨。

#### 4.2. 生物有机肥应用情况

较早进入利川的生物有机肥为德强生物的“茬必健”,与其微生物菌剂同期引入,含 45%的有机质、0.2 亿/g 的枯草和胶冻样芽孢杆菌,年销售曾达到 100 吨,应用面积达到 2000 亩以上。在水稻、马铃薯、甘蓝、白菜等作物上的试验结果表明,在配方施肥的基础上增施“茬必健”40 kg/亩,增产幅度分别为 5.6%、18.5%、12.3%、15.5%;水稻和马铃薯上减少配方肥 10%未减产,甘蓝和白菜上减少配方肥 20%减产不明显;抗重茬效果显著,甘蓝根肿病发病率降低 18.6%。因其运距远、价格高,已逐步退出利川市场,被其它产品取代。

紧接着,湖北恩施壮、北京世纪阿姆斯生物、建始绿奥生态农业、烟台龙灯肥料等企业的生物有机肥入驻利川,2022 年销量分别达到 100 吨、240 吨、610 吨、50 吨。为利川高标准农田建设及大面积耕地培肥作出了较大贡献。部分企业在登记菌种外还添加了相应的功能菌种,增强了生物有机肥的改土培肥能力。如龙灯活地龙生物有机肥登记为枯草芽孢杆菌,实际还含胶冻样芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌(抗病杀菌)、苏云芽孢杆菌(杀虫)、侧孢芽孢杆菌(促根杀菌降解重金属)、胶质芽孢杆菌(固氮溶磷释钾、分泌多种酶、提高抗病力)、乳酸菌(分解木质素和纤维、抗病、抗重茬)、放线菌(发酵后可产生多种抗生素和杀虫剂)。

#### 4.3. 复合微生物肥料应用情况

利川市土肥站 2017 年在茶叶上的试验结果表明,在常规施肥的基础上,亩增施 100 kg 武汉合缘的复合微生物肥料(总养分  $\geq 15\%$ 、有机质  $\geq 20\%$ 、有效活菌数  $\geq 0.2$  亿/g),亩鲜茶叶增产 256 kg,增收近 800 元,增幅达 22.8%;尿素用量减少 30%,未出现减产。2022 年,结合化肥减量增效项目,采购该公司的复合微生物肥料 216 吨,用于项目区多种作物。该产品主要菌种有巨大芽孢杆菌、酿酒酵母、植物乳杆菌等,使用后项目区农户多数反映效果不错。

2022 年,北京世纪阿姆斯生物的复合微生物肥料(有机质  $\geq 20\%$ 、总养分  $\geq 25\%$ 、枯草 + 胶冻样芽孢杆菌  $\geq 0.2$  亿/g)在团堡镇销售 120 吨;湖北祥云的复合微生物肥料(有机质  $\geq 40\%$ 、总养分  $\geq 8\%$ 、有效活菌数  $\geq 2.0$  亿/g)在凉雾乡销售 20 吨。大多数用户评价不错,比等总养分的复合肥、配方肥效果更好,这应该是复合微生物肥料中的有机质和有益菌发挥了作用。

#### 4.4. 有机物料腐熟剂应用情况

2008~2015 年,利川实施退耕地区基本口粮田建设项目,先后采购了河南鹤壁人元生物、湖北太阳雨、湖北益丰等企业的秸秆促腐剂(含枯草芽孢杆菌、戊糖片球菌、粉状毕赤酵母、米根霉、黑曲霉等)用于加速玉米秸秆、稻草的腐熟。每年应用面积都在 2000 亩左右,玉米秸秆堆制发酵腐熟明显加快,在冬季常规堆制腐熟一般需要 50~60 天,而添加促腐剂后只需要 40~45 天完成腐熟,可提前半月左右,为轮作换茬等农事活动争取了较充足时间。因利川冬季气温低,微生物活性差,繁殖速度慢,甚至处于休眠状态,在稻田上试验,水稻收获后稻草就地平铺发酵效果不好,与常规平铺无明显差别,到翌年 4 月都未能完全腐熟,影响正常翻耕整田。将鹤壁人元生物的促腐剂用于牛栏内厩肥发酵,效果非常好,不仅能增加冬季牛栏温度,还有明显的除臭去异味的功效,牛栏内散发的是一股稻草发酵的香气,持续时间可达 3 个月。

2022年,利川实施绿色种养循环项目,二家中标服务机构又将有机物料腐熟剂用于粪肥堆沤及沼液发酵及无害化处理,全年腐熟剂用量5余吨,处理粪肥10万余吨(其中沼液6万余吨),使粪肥、沼液快速腐熟达到《NY3442-2019 畜禽粪便堆肥技术规范》《NY2596-2014 沼肥》技术要求,严格按施用规范施入土壤后对作物不产生毒害和肥害。经检测,处理后的粪肥合格率达到100%。

## 5. 微生物肥料应用存在的主要问题及建议

对微生物肥料的看法存在2种误解和偏见。一种是过分夸大微生物肥料的作用,把它当成万能肥料,认为它肥效很高,完全可以取代化肥;另一种则忽视了微生物肥料的作用,认为它根本不是肥料,没有任何肥效。近年来,人们对微生物肥料的认识逐渐提高,但因品种杂、成本高、有效期短、质量差异大、效果不稳定、施用条件要求严格等,导致其推广应用速度缓慢,在农业生产中的作用未能有效发挥。

### 5.1. 销售价格高,单位成本偏大

亩投入一般在300元上下,比化肥投入高出较多,农民不易接受。如贝莱斯微生物菌剂1kg零售价120元,亩用量2kg,还需配合有机肥施用;御黄散、禾正中药肥等微生物菌剂单价都在4000元/吨以上,亩用量100kg左右;复合微生物肥料单价略低,3000~3500元/吨,亩用量超过100kg;生物有机肥单价最低,2000~2500元/吨,但亩用量一般在200kg左右。价格较低的粮食作物增产不增收,粮农应用微生物肥料的积极性不高;只有在蔬菜、药材、烟草等经济价值较高的作物上应用才有明显效益,因此,目前主动应用微生物肥料的多为菜农、药农、烟农,并且局限在认识较高的少数群体。

建议国家出台奖补政策,补贴微生物肥料生产或施用环节,降低土壤培肥和障碍修复成本,提高企业和广大农民群众的生产和应用积极性。

### 5.2. 品种多乱杂,质量参差不齐

市场上销售的微生物肥料良莠不齐,品种多、标识乱、说明夸张,广大用户对谁优谁劣很难判断,在推广应用中的确有部分产品效果不佳。农业部登记的微生物肥料产品近8000个,生产企业近3000家,管理跟不上,监督不到位,检测频率低,质量难以保证。

因此,建议用户购买正规的微生物肥料,执法部门要加强监管力度,加大抽检频率,严惩假冒伪劣生产和销售行为。国家规定微生物肥料必须经农业部指定单位进行检验和正规田间试验,充分证明其效益、无毒、无害后由农业部批准登记,而且先发给临时登记证,经3年实际应用检验可靠后再发给正式登记证。获得国家登记的产品都有一个唯一证号,临时登记证有效期1年,证号为“微生物肥(××××)临字(××××)号”;正式登记证有效期5年,证号为“微生物肥(××××)准字(××××)号”。第1个括号内的4位数为登记年号,第2个括号内的4位数是证号。

### 5.3. 有效期太短,销售季节过紧

目前我国对微生物肥料的有效期要求是不低于6个月(液体为3个月),而多数微生物肥料中的有效菌存活时间不超过1年,有效期标识最长的为3年。微生物肥料从生产到销售再到施用周期较长,生产企业、经销高对有效期内的使用量难以预测和把控,很容易导致产品过期。所以购买时一定要查看微生物肥料的生产日期,不买过期产品,并要尽快使用;若存放时间过长,其菌种休眠状态可能被破坏,部分有效菌死亡导致效果变差,甚至没有效果。

建议出台奖励政策,鼓励科研机构对微生物肥料新产品的深度研究和开发,筛选生命活性强的优势菌株,快速解决微生物肥料有效期短的不足。



#### 5.4. 环境要求严，效果差异悬殊

因微生物的生存及正常繁殖对土壤的温湿度、营养及环境 pH 值等要求严格，所以不同地点、不同作物表现差异较大。如华中农业大学赵竹青教授提供的链霉菌在团堡镇露地蔬菜上应用，对大白菜软腐病防效较好，感病率仅 1%，未施用则超过 5%；在大棚蔬菜上应用，防治番茄青枯病效果不明显。华中农业大学生物固氮研究室研制的绿肥根瘤菌剂在建南镇茶林村(海拔 600 m 左右)柑橘园下种植的光叶苕子上应用，实地调查根瘤无明显增加。

一般低于 5℃微生物不活动，而高于 45℃则会死亡，最佳应用温度 25~37℃，土壤的含水量要求在 60%左右，因此高温、低温、干旱时都不宜施用；多数微生物适宜中性土壤环境，过酸过碱的土壤效果较差；紫外线对微生物有杀灭作用，施用时要避免长时间暴晒，施入土壤中后应立即覆土。

小包装微生物菌剂要配合有机肥施用，有机质分解为微生物提供能源和必要的养分；同时，最好适量补充氮、磷、钾及微量元素肥料。例如豆科作物生长早期必须适量补氮，促进作物生长和根瘤的发育，才能有效提高固氮量；钼是根瘤菌合成固氮酶必不可少的元素，钼肥与根瘤菌肥配合施用，可明显提高固氮效率；施磷肥可以发挥“以磷增氮”的作用；为微生物提供适量的钾、钙营养，有利于其大量繁殖。

由于杀菌剂、杀虫剂、除草剂和含硫的化肥(如硫酸钾等)、高浓度复合肥等易杀死微生物，因此不要将微生物肥料与这些药、肥直接混合施用；在使用微生物肥料后，不要再用多菌灵、噁霉灵、硫酸铜等药剂灌根。

### 6. 微生物肥料的发展前景

利川通过近 10 年对微生物肥料的应用，其控制病害、改土培肥、改善生态、增产增收等作用逐步得到农业技术人员及广大农民朋友的认识和认可，应用区域、面积和作物正在逐步扩大。

微生物在农业上的作用已逐渐被人们所认识。随着研究的深入和应用的不断扩大，微生物肥料的研究已逐步形成 5 个转化：一是由豆科作物接种剂向非豆科作物生物肥转化；二是由单一接种剂向复合生物肥转化；三是由单一菌种向复合菌种转化；四是由单一功能向多功能转化；五是由用无芽胞菌种生产向有芽胞菌种生产转化等趋势。不仅如此，近 20 年来，许多国家更认识到微生物肥料作为活的微生物制剂，其有益微生物的数量和生命活动旺盛与否是质量的关键，是应用效果好坏的关键之一。为此，现已有许多国家建立了行业或国家标准及相应机构以检查产品质量，使微生物肥料的生产和使用更加规范化、标准化。

农药污染、抗生素残留、除草剂残留、连作障碍是我国农业发展中面临的迫切需要解决的问题。微生物数量大、种类多、变异快，降解有机物的潜力相当大，而且干净彻底、无二次污染。几乎所有能造成环境污染的有机物都能被微生物分解、利用，微生物肥料为消除农药残留、治理环境污染提供了一条崭新的途径。针对目前土壤污染形势严峻、生态破坏严重的情况，我国开展了大量的利用微生物肥料进行土壤生态修复方面的研究。在微生物肥料对重金属污染、有机污染、盐碱化、荒漠化、酸化等典型污染土壤的治理上取得不同程度的进展，微生物肥料将逐步成为重构健康土壤的主力军。

基于微生物在农业生产中的不可替代性，2013 年美国科学家提出了“微生物可以养活世界”的观点。近期美国、中国等相继提出并实施微生物组学研发战略计划。而我国通过对微生物肥料产业发展的政策扶持和资金支持，以及对其规范的登记管理，引导该产业迅猛发展。过去近 10 年时间，微生物肥料产业的年发展平均速度达 10%，预计未来 10 年的年增长速度仍将超过 10%，该行业将持续快速稳定发展。微生物肥料与化肥、有机肥料在数量和性能上的相互配合、相互补充，使微生物肥料将与化肥、有机肥一起构成植物营养之源，21 世纪微生物肥料开发对我国现代农业的稳步健康发展有着重要意义，前景十分广阔。

## 参考文献

- [1] 朱学祝, 周富忠. 利川市耕地质量问题的调查与思考[J]. 农业网络信息, 2011(6): 130-132+140.
- [2] 周富忠, 熊建成. 利川市耕地酸化成因分析及治理措施[J]. 中国农技推广, 2014, 30(3): 41-43+23.
- [3] 刘本昌, 陈固, 冉露, 周富忠. “一深 + 两肥 + 三剂”治理酸化提升耕地质量集成技术模式[J]. 长江蔬菜, 2022(19): 70-73.
- [4] 被农业部批准登记的微生物肥料, 只有这 11 类[J]. 北方园艺, 2019(6): 88.
- [5] 农业部微生物肥料质量监督检验测试中心. NY/T 1113-2006 微生物肥料术语[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2006.
- [6] 仝倩倩, 祝英, 崔得领, 赵毅, 陈玉坤, 王治业, 熊友才. 我国微生物肥料发展现状及在蔬菜生产中的应用[J]. 中国土壤与肥料, 2022(4): 259-266.
- [7] 孟令波, 孙婷婷, 郑苗苗, 胡宝忠. 应用微生物学原理与技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2021: 186, 110-115.
- [8] 刘鹏, 刘训理. 中国微生物肥料的研究现状及前景展望[J]. 农学学报, 2013, 3(3): 26-31.
- [9] 徐青龙, 向华浩. 微生物肥料在土壤生态修复治理中的应用[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2(20): 77-79.  
<https://doi.org/10.20028/j.zhnydk.2022.20.026>
- [10] 黄勇, 罗伟聪, 吴丹妮, 杨雪, 董运常. 利用微生物肥料进行土壤生态修复治理的研究与分析[J]. 环境科技, 2016, 29(4): 74-78.
- [11] 农业部微生物肥料质量监督检验测试中心, 中国农业科学院土壤肥料研究所. GB 20287-2006 农用微生物菌剂[S]. 北京: 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2006.
- [12] 农业部微生物肥料质量监督检验测试中心, 辽宁省土壤肥料总站. NY/T 798-2004 复合微生物肥料[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2004.
- [13] 农业部微生物肥料质量监督检验测试中心, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所. NY 884-2012 生物有机肥[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2012.
- [14] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 许秀成, 徐秋明, 张夫道, 姜瑞波. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 536-545.
- [15] 梁建根, 施跃峰, 竺利红. 植物根围促生细菌作用机制的研究[J]. 现代农业科技, 2008(17): 133-135.
- [16] 王粉莲, 苏利民, 王萍, 张丽菊, 李慧英, 赵红岩. 生物肥料在国内外的研究现状[J]. 内蒙古农业科技, 2010(6): 74-75.
- [17] 孟瑶, 徐凤花, 孟庆有, 顾万荣. 中国微生物肥料研究及应用进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 276-283.
- [18] 郑立伟, 闫洪波, 张丽, 黄媛媛, 黄亚丽. 微生物肥料发展及作用机理综述[J]. 河北省科学院学报, 2020, 37(1): 61-67.
- [19] 李启才, 牟玉华, 杜文艳, 周富忠. 肥料发展新方向——复合型微生物肥料[J]. 长江蔬菜, 2018(9): 68-71.
- [20] 孟庆伟. 微生物肥料行业的瓶颈问题与创新方法[Z]. 南京: 第四届中国微生物肥料技术研究与发展大会, 2020.
- [21] 熊同庆, 刘国平. 生物钾肥的增产效果与施用技术[J]. 农业科技通讯, 1990(6): 29.