

我国微生物肥料研究现状及发展趋势

吴建峰 林先贵

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 为促进我国农业的可持续发展,适应有机、绿色农业的发展趋势,微生物肥料凭借其肥效高、无污染、成本低和节约能源等特点,将在未来农业中发挥重要的作用。本文概述了微生物肥料的特点及种类,分析了其开发利用现状,并从广义角度对“微生物肥料”的概念进行了相应讨论。

关键词 微生物肥料 发展趋势

中国是一个农业大国,农业是国民经济的基础,发展农业不仅仅对我国的经济发展,而且对世界的农业生产及经济发展都具有战略意义。目前,由于全世界的农药和化学肥料使用量的增长,对农药和化学肥料的依赖性日益增强,造成了有机肥使用不足,土壤养分比例失调;土地板结,土壤质量下降;河流和地下水污染等一系列问题^[1]。要避免重蹈发达国家“先污染、破坏、后治理”的覆辙,发展“持续性农业”,就要减少化学农药和肥料的使用量,寻找有效的替代品。微生物肥料具有肥效高、本身无毒、不污染环境且成本低、可节约能源等特点,是化学肥料的最有效的替代品。合理开发和利用微生物肥料,是我国农业持续发展的重要途径。

1 微生物肥料的含义和特点

1.1 微生物肥料的含义

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,能够获得特定的肥料效应,在这种效应的产生中,制品中活微生物起关键作用^[2]。

目前一般将微生物肥料制品分为两大类:一类是狭义的微生物肥料,指通过微生物的生命活动,增加了植物营养元素的供应量,包括土壤和生产环境中植物营养元素的供应总量,导致植物营养状况的改善,进而产量增加,这一类微生物肥料的代表品种是根瘤菌肥;另一类是广义的微生物肥料,指通过其中的微生物的生命活动,不但能提高植物营养元素的供应量,还能产生植物生长激素,促进植物对营养元素的吸收利用或有拮抗某些病原微生物的致病作用,减轻农作物病虫害而促进作物产量的增加。目前正处于研究和探索的植物促生根际细菌(Plant Growth-Promoting Rhizobacteria)(PGPR)即属于这一类,但这一类微生物制品的种类较多,市场混乱,目前争议较多^[3]。

1.2 微生物肥料的特点

微生物肥料的核心是微生物,因此具有微生物的特性。微生物资源丰富,种类和功能繁多,可以开发成不同功能,不同用途的肥料。而且微生物菌株可以经过人工选育并不断纯化、复壮以提高其活力,特别是随着生物技术的进一步发展,通过基因工程的方法获得所需的菌株已成为可能。微生物肥料中含有微生物的一些次生代谢产物,其中一些是作物的生长刺激素,可在作物幼苗期刺激作物生长发育,在作物成熟期还可以提高作物的品质^[4];

还有一些则有防治病虫害的功能^[5]。另外,从环境资源角度来看,微生物肥料具有资源再利用,无毒、无害、无污染、成本低的特点。

2 微生物肥料的主要类型

2.1 传统微生物肥料类型

微生物肥料种类繁多,根据它们的特性和作用机理,传统上将它们大致分为5类^[6]:

能将空气中的惰性氮素转化成作物可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制品。属于这一类的有根瘤菌肥料、固氮菌肥、固氮蓝藻等。

能分解土壤中的有机质,释放出其中的营养物质供植物吸收的微生物制品。

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制品。其中主要的是“硅酸盐”细菌肥料和磷细菌肥料。

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制品,如抗生素肥料。

菌根菌肥料

2.2 现代微生物肥料类型

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

2.2.1 单一菌种肥料 如上面所述的根瘤菌肥、固氮菌肥、解磷、解钾菌肥等属于这一类。

2.2.2 复合菌种肥料 此类菌肥种类繁多,大致有:

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方面起着促进和调节的作用。如元素钼、铁等是固氮酶的组成成分,是固氮作用不可缺少的元素。西南农学院分别用钼、钴、钨浸种做的葫豆田间试验以及中国农业科学院土壤肥料研究所的实验都证实了上述微量元素对共生固氮都有良好的增产效果^[7]。

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。我国科学家从水稻、玉米、小麦等禾本科植物的根系分离出联合固氮细菌,并开发制成微生物肥料,由于具有固氮、解磷、激活土壤微生物和在代谢过程中分泌植物激素等作用,促进作物生长发育,提高小麦单位面积产量。在国内推广很快,应用面积达330多万公顷。甘肃省达27万公顷^[8]。

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上,在适宜的温度条件下培养,达到所要求的活菌数后,再按比例混合,制成菌剂,其效果优于单株菌接种。如BOM_{SINOW}微生物有机肥料同时具有氨化、硫化、解磷的功能^[9]。

有机—无机生物复合肥料。在长期应用微生物肥料的实践中,人们认识到,单独施用生物肥料满足不了作物对营养元素的需要,生物肥的增产效果是有限的。长期大量使

用化肥,土壤板结,作物品质下降,口感不好,更值得注意的是影响人、畜的身体健康。因此,有机—无机复合生物肥料成为人们关注的一种新型肥料。

多菌株多营养生物复合肥。这种生物肥料是利用多种生理生化习性相关的菌株共同发酵制造的一种无毒、无环境污染、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、缩短生长周期、提高作物产量,用时该肥易于保管、运输和施用。如“垦易”(活性)生物肥料,是以鱼粉、红糖或蜜糖为主,制成培养液,高温灭菌,然后接种母剂,发酵 20 天左右。经微生物学分析,这种液体肥料含微生物种类很多,细菌、放线菌、霉菌和酵母都有,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、酵母菌、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。

3 微生物肥料的开发利用现状及发展趋势

3.1 开发利用现状

我国早在 50 年代就开始了微生物肥料的生产,经过多年的实验和研究已经取得了很大的进展,在长期的农业生产应用中取得了较好的效果。我国微生物肥料中,根瘤菌肥的应用最为广泛,其中大豆、花生、紫云英及豆科牧草接种面积较大,增产效果明显。紫云英根瘤菌在未种植过紫云英的地区应用,紫云英产草量可成倍增长。大豆接种根瘤菌每公顷可增产大豆 225~300kg^[10]。花生根瘤菌可使花生增产 10~50%^[11]。豆科作物从根瘤菌中获得的氮素占其一生所需氮素的 30~80%,而且豆科根瘤固定的氮素大部分可为植物吸收利用。如果根瘤菌类肥料的使用面积达到 666.67 万 hm²,则可减少 12 万~50 万 t 化肥用量。在保证作物产量稳步增长的同时,产品品质亦相应提高,环境效益更不可估量。令人遗憾的是,由于菌剂工艺的不成熟以及当地条件的限制,目前我国花生、大豆等作物的接种面积尚不足其播种面积的 0.1%^[12]。

根据所收集到的资料和调查研究的结果,我国目前固氮菌肥使用不广,以 1990~1998 年湖北省小麦根际联合固氮菌的应用为例,使用面积最高的 1997 年为 22.531 万 hm²,占当年小麦播种面积的 17%,最低的 1996 年为 0.7 万 hm²,仅占小麦播种面积的 0.5%(表 1)。

表 1 1990~1998 年湖北省小麦根际联合固氮菌使用面积

	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997	1998
使用面积 (hm ²)	18610	159750	85760	39260	49480	7000	225310	15710
占小麦播种面积 (%)	0.9	11.9	6.7	3.1	4.0	0.5	17.7	1.3

注:数据引自《湖北农村统计年鉴》

同时,近几年我国其它菌肥发展迅速。在生物复合肥料研究开发领域中,许多高校和研究机构正在与产业界合作,采用产、学、研结合的开发形式,使科研成果迅速产业化,取得了明显的经济效益。目前,我国生物复肥生产企业规模一般在 1.5~3.5 万 t/年,有 8 种生物肥料已获得农业部首次认证,并在国内推广使用。其中北京世纪阿姆斯生物技术有限公司研制开发成功的“阿姆斯”世纪生物肥料,已在全国近 20 个省市自治区的 34 种作物上试用,可使蔬菜增产 13~21%,棉花增产 28%。北京绿源生物技术研究所开发的生物肥,可使水稻小麦等增产 10~20%。武汉利泰技术有限公司及北京大学也分别研究开发成

功多功能生物肥,可使作物增产10%以上。湖北德隆生化有限公司提出利用一种多效有机生物肥料的生产方法。海南兰德工贸技术公司提出一种生物复混肥料的制造工艺,它含有耐氨菌剂、改造后的铵态氮肥和微量元素化合物。这些生物复合肥对作物的增产都能达到10%以上。

3.2 微生物肥料的发展趋势

从我国微生物肥料的成长史中可以看出我国微生物肥料的发展趋势。概括起来有这样几个方面:

由豆科作物接种剂向非豆科用肥方面发展

微生物肥料起源于豆科作物专用根瘤菌接种剂。然而,豆科作物种植面积在我国较小,对肥料需求量远不如粮食作物大。加之,大豆、花生生产区经常用根瘤菌剂就会出现老产区接种效果差的问题,因而四十多年来我国根瘤菌剂生产和应用量一直不大,始终没有形成产业规模。今后微生物肥料势必转向非豆科粮食作物用肥。

由单一菌种想复合菌种方面发展

豆科作物接种根瘤菌只要选用相应接种族的根瘤菌种,但是,由于微生物肥料的肥效并非单一功能作用结果,因而必然发展到多种菌的复合。目前,国内微生物肥料多趋向于将固氮菌和磷、钾细菌复合在一起施用,使得微生物肥料能同时供应作物氮、磷、钾营养元素。

由单功能向多功能方面发展

微生物肥料由于其微生物活动的特性,必将在微生物种群繁殖生长的同时向作物根际分泌一些次生代谢产物,而其中的一些次生代谢产物具有改善植物营养、刺激生长和抑制病菌等综合功能。许多微生物的功能,也不是单一的,有些自生固氮菌除有固氮作用外,还能抑制病菌;有些杀虫细菌同时具有抑菌作用,许多微生物都有刺激植物生长作用。因此,微生物肥料将向功效的多样化方向发展;除要求有肥效外,还可开发兼有防治土传病害(如小麦全蚀病、西瓜和棉花枯萎病)的生物肥料。

由无芽孢菌转向芽孢菌种

目前,我国应用的各种微生物肥料中固氮菌类(包括根瘤菌类)都是无芽孢菌类。由于无芽孢菌不耐高温和干燥,在剂型上只好以液体剂或将其吸附在基质(如草炭或蛭石等)中制成接种剂,以便于存储和运输。液体剂或固体菌剂用作拌种剂,每公顷用量很少(7.5~15kg);如作为基肥则用量大(每公顷750kg左右),难以运输和施用,成本也高。价值,无芽孢菌抗逆性低,制成液体剂或吸附剂都不耐存储,难以进入商品渠道。因此,微生物肥料今后的发展必然在剂型上要有革新,要求菌种的更新换代,即应选用抗逆性高、能长时间存储的芽孢杆菌属。如现已为国际承认的有固氮作用的需氧芽孢细菌,多粘芽孢杆菌(*Bacillus polymyxa*),其中一个有较强固氮能力的变种于1984年定名为固氮芽孢杆菌(*Bacillus azolofixans*),其固氮酶活性可达 $69 \sim 240 \times 10^6 \mu\text{g}$ 分子乙烯/ml/h,用凯式定氮法测定其固氮能力为3.3~6.0mg N/g葡萄糖。此类菌剂80°C干燥制成干粉后可长期储存,适合于制成粉状或颗粒状微生物肥料,是固氮菌类更新换代的最佳菌种。

4 微生物肥料今后的研究方向

目前微生物肥料发展还相当迟缓,其发展速度远远落后于肥料工业的发展要求。但是,

我国拥有多年的实践和研究经验，在长期的农业生产应用中取得了较好的效果。加之近年来 DNA 重组技术应用于微生物肥料领域后极大地促进了这一领域的发展，它不仅大大加速了筛选优质菌种的过程，而且还可以创造符合人们需要的新的优良菌种，基因重组还有可能生产出更多功能的微生物肥料产品。社会对粮食和肥料需求的加大，现代生态农业和有机农业对非化学肥料的需求，人们环境保护意识的提高，使微生物肥料的开发和研究具有巨大的潜力。微生物肥料存在的问题主要是质量上，肥效慢、专性强、使用面较窄、贮存期短、易失效等，而且，菌种分类地位不明确，有些产品使用的菌种缺乏必要的鉴定材料，不利于产品的标准化、商品化。因此，发展微生物肥料主要研究集中在以下几个方面：

研究固氮的分子基础，以提高微生物的固氮水平；

通过 DNA 重组技术改造共生细菌，提高其竞争力，使之能超过天然共生细菌，促进根瘤的形成；

产生有用的微生物菌株合成铁载体 (siderophore)，阻止植物病原微生物的生长；

寻找并改造产生植物激素的微生物，使之能释放特定水平的某种激素，以促进植物的生长和繁殖。

完善微生物肥料的产品标准，加强对微生物肥料的质量监督和管理；

规范微生物肥料产品的质量检测，合理利用自动稀释仪、红外扫描菌落计数器、荧光抗体技术、免疫酶标记术、单克隆抗体、免疫印记技术、限制性核酸酶切图谱 (RFLP) 及核酸杂交技术等对微生物肥料的质量提供检测。

总之，由于微生物肥料具有低投入、高产出、高质量、高效益、无污染、原料充足、制作技术简单，容易推广等优点，非常符合现代生态农业和农业可持续发展的方向。随着社会对环境保护的日益重视，随着现代生态农业，绿色农业，有机农业的蓬勃发展，微生物肥料在农业生产中将发挥出其应有的经济效益和生态效益。

参 考 文 献

- 1 考恩·瑞金特吉斯等. 未来农业. 北京: 中国农业科技出版社, 1995, 5~6
- 2 葛诚, 吴薇. 微生物肥料研究、生产领域现状及发展建议. 见: 葛诚主编. 微生物肥料的生产应用及其发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 7~15
- 3 葛诚. 微生物肥料概述. 土壤肥料, 1993, 6: 43~46
- 4 于彩虹, 许前欣, 孟兆芳. 生物菌肥对蔬菜品质的影响. 天津农业科学, 2000, 6(2): 20~22
- 5 林华峰. 以菌治虫, 生产无公害蔬菜. 北京农业, 2000, 8: 4~5
- 6 陈华癸. 微生物学. 北京: 高等教育出版社, 1959, 473~480
- 7 薛景珍. 对生物肥料的发展和生产应用中存在问题的讨论. 见: 葛诚主编. 微生物肥料的生产应用及其发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 55~60
- 8 王清湖等. 小麦联合固氮菌在甘肃有效施用条件的研究. 《第七届全国土壤微生物学会》发表论文, 1993, 77~79
- 9 韩光鹏, 单文昌, 张玉梅. BOM_{SING} 微生物有机肥料的研究与应用. 见: 葛诚主编. 微生物肥料的生产应用及其发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 95~99
- 10 宁国赞. 我国微生物接种剂的生产应用及产品质量监督管理. 见: 葛诚主编. 微生物肥料的生产应用及其发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 16~25
- 11 彭科林, 易风银. 富钾绿肥资源筛选及应用研究. 土壤通报, 1992, 23(5): 229~231
- 12 葛诚. 微生物肥料. 见: 包建中主编. 中国的白色农业. 北京: 中国农业出版社, 1999, 86~113