

微生物肥料在农林业上的应用

杨鹤同, 徐超*, 赵桂华, 席刚俊, 史俊 (江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400)

摘要 微生物肥料是一类环境友好型的新型肥料,也是江苏省生物农业的研究和支持重点。在分析了国内外微生物肥料研究应用现状的基础上,结合江苏省微生物肥料开发和应用中存在的问题,提出今后研究的重点领域和发展方向。

关键词 微生物肥料;菌根;应用

中图分类号 S144 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)29-10078-03

The Application of Microbial Fertilizer in Agriculture and Forestry

YANG He-tong, XU Chao*, ZHAO Gui-hua et al (Jiangsu Polytechnic College of Agriculture and Forestry, Jurong, Jiangsu 212400)

Abstract Microbial fertilizer is a kind of environmental friendly fertilizer, and it is the key of research and support of biological agriculture in Jiangsu Province. Based on the present research and application of microbial fertilizer at home and abroad, and combining with the problems existed in development and application of microbial fertilizer, the key fields and development direction of microbial fertilizer in the future were put forward.

Key words Microbial fertilizer; Mycorrhiza; Application

微生物肥料是一种环境友好型的新菌肥,与农业的可持续发展关系密切。长期以来,人类的农业生产活动以利用动植物资源为主,而对有益微生物资源的利用远落后于动植物资源。其原因主要是有益微生物的种类多,个体小,不像动植物那样易被人们所认识和发现。在生物技术快速发展的21世纪,对动植物资源和微生物资源多学科综合开发利用的“多元农业”发展趋势越来越明显,一些未知的生物资源逐渐被人们所认识和利用。以微生物肥料、微生物农药、微生物食品为核心的“绿色农业”将成为未来农业可持续发展的重要方向。

1 微生物肥料定义、种类

微生物肥料是指由一种或多种微生物参与制成的、具有高活力的、肥料效应特定的生物制品^[1]。微生物不是严格意义上的肥料,而是各种有益生物的总称,是菌类制剂。在农业上应用的微生物菌剂都是按照微生物和基质的一定比例混合在一起,并且对植物有促生、抗逆效果,故称微生物肥料。按照制品中特定的微生物种类,可分为细菌类肥料(根瘤菌肥、固氮菌肥)、放线菌类肥料(抗生素肥料)、真菌类肥料(菌根真菌)三大类。目前,我国生产应用的微生物菌肥可分为固氮菌类、解磷菌类、解钾菌类、光合细菌类、菌根菌类、抗生素类、复合菌类^[2-3]。应用的剂型有液体菌剂、固体菌剂、粉剂、丸剂、片剂或颗粒剂。植物根际促生细菌(Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)是近年新研制的一类作物秸秆分解剂,也被归为微生物肥料。

2 国内外的研究和利用概况

1887年研究者发现豆科植物的根瘤具有固氮功能,并且成功培养根瘤菌^[4]。1905年, Noble 和 Hiltner 首次将根瘤菌

应用于农业生产,开创了微生物制剂研究与利用的先河^[5-6]。将根瘤菌剂接种于大豆和花生是我国微生物肥料研究应用的开始。近十多年来又推广应用由固氮菌、磷细菌、钾细菌和有机肥复合制成的生物肥料做基肥施用。目前,生物肥料的应用已成为农林业生产中的研究热点。

2.1 国外研究概况

2.1.1 细菌类生物肥料的应用。在20世纪20年代,美国、澳大利亚等就开始了根瘤菌接种剂(根瘤菌肥料)的研究和试用。迄今为止,根瘤菌肥依然是最主要的品种之一,在作物上应用范围广泛、效果稳定。一些国家使用固氮螺菌后可使作物的产量提高5%~20%。美国、法国和意大利将固氮螺菌接种到禾本科作物上,能固氮39 kg/gm²,减少20%~30%的氮肥用量(表1)^[4]。

表1 固氮螺菌肥在5个国家的使用效果

国家	农作物	增产//%
美国	玉米	10~20
法国	玉米	11~20
意大利	玉米	10~15
以色列	玉米、高粱	15~20
	小麦	5~12
印度	谷子、高粱	15~19

2.1.2 真菌类生物肥料的应用。真菌类生物肥料又被称为植物共生菌肥、菌根菌肥。它是从植物根部分离到的、能与植物互利共生的真菌,经过一系列研究后制成的菌剂。近二十多年来,美国、英国、加拿大、俄罗斯(含前苏联)、法国、澳大利亚、新西兰、奥地利、赞比亚、菲律宾和中国等都加强了菌根真菌的研究,美国还专门成立菌根真菌研究所,对一些优良菌株进行系统研究和开发利用。有些先进国家已将菌根的研究成果应用于农业、林业及园艺的生产上,并且取得一定的经济效益。

目前,许多国家和地区都已有菌根菌制剂生产公司,并且在一定范围内推广应用,如美国、欧洲各国、日本、中国台湾,主要用于作物移栽,如草莓、西瓜、甜瓜、黄瓜、苦瓜、芦

基金项目 江苏省自然科学基金(BK2011497);江苏农林职业技术学院院级课题(2013td09);江苏农林职业技术学院院级课题(2011kj17)。

作者简介 杨鹤同(1982-),男,江苏兴化人,助理实验师,在读硕士,从事植物保护工作。*通讯作者,助理研究员,博士,从事铁皮石斛等植物共生菌的相关研究。

收稿日期 2014-09-01

笋、青椒、番茄、果树、花卉、绿化树种等。美国、英国等国家重点开发多种微生物的复合菌根制剂。有些制剂中可含有 5~12 种菌根菌,如美国生产的 Bio Organics™ 和 Plant Success™ Tabs 复合菌根制剂中就分别含有 8、12 种菌根菌。这些复合菌根制剂能大大提高植物的抗病性和抗逆性。近年来,美国加大了对菌根菌的研究力度,在印度建立了菌根培养物收藏中心(Mycorrhizal Culture Collection Center),已收藏 450 多种菌根真菌,并且把小麦生物肥料作为研究重点,开创了菌根生产技术商业化的例子。把 MycoApply 牌菌根接种剂用于小麦和亚麻植物上,产量分别增加 43% 和 27%。Mycorrhizal Landscape™ 生物菌肥可用于内生菌根和外生菌根依赖型植物,用于观赏树木、灌木、小树栽培和大树移植,大大提高成活率。在马来西亚和泰国,已生产出许多菌根制剂产品,主要用于植物(棕榈、果树、林木)育苗、橡胶、草坪、高尔夫球场、树木移栽、土壤修复等。

作为一种新型的生物肥料,菌根真菌对增加农林牧业产量、保持生态平衡、维持农林牧业可持续发展以及保护生物多样性具有不可替代的作用。

2.2 国内研究概况 我国政府历来注重微生物肥料的研究和开发。1999 年,在国家发展计划委员会、科学技术部共同编写的《当前优先发展的高新技术产业化重点领域指南》一书中,第一次明确将“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。2000 年,国家科技部、财政部和国家税务总局发布《中国高新技术产品目录 2000》,在新型肥料中明确提出生物有机肥的概念。这些政策的发布都极大地促进了我国微生物肥料的研究和利用进程。

经过五十多年的研究,我国微生物肥料已从过去单纯的根瘤菌制剂发展到细菌肥料、真菌肥料、微生物肥料,直到现在把微生物与有机、无机复混肥结合的复混生物肥料,并且已具备产业化、商品化的条件。目前,国内已有 400 多家微生物肥料的生产工厂,年产微生物肥料超过 300 万 t。仅河南省就有微生物肥料生产企业近 35 家,年产微生物肥料 15 万 t^[6]。

2.2.1 微生物肥料在农业上的应用。我国的多项研究表明,微生物肥料增产效果一般在 5%~20%,不同的作物增产效果差异很大。在我国 20 多个省(市、区)的 30 多种作物上,禾谷类作物应用的微生物肥料最多,其次是油料和纤维类,应用较少的是烟草、糖、茶叶、中药、牧草植物等,但以糖料作物的增产效果最好,其次为茶叶、蔬果(表 2)。其中,河南省在大豆、花生上施用根瘤菌、固氮菌和复合菌肥,增产率在 10% 以上,施用硅酸盐细菌菌剂一般可增产 5%~10%。

2.2.2 微生物肥料在林业上的应用。在林业上,研究最多和使用最普遍的是菌根生物肥。这与木本植物的生长特性有关,在农业、林业、蔬菜、花卉生产中使用效果显著。使用菌根肥料栽培后,湿地松苗木的造林成活率可提高 2~3 倍,苗木各项生长指标可提高 3~4 倍^[23],并且能提高林木木材生长量(表 3)^[24]。施用菌根肥料能使 2 年生油松苗木增产

37%,苗木高增长 51% 以上;2 年生的长白落叶松苗木高生长可提高 35.6%,地径提高 20%,鲜重提高 93.2%^[25]。使用菌根肥料的银杏苗木生长量增加 1.6 倍,在马尾松造林和兰科植物栽培过程中的使用效果也比较明显。

表 2 我国微生物菌肥在农作物上的应用效果

品种	增产//%	品种	增产//%
水稻 ^[7-8]	27.1	草莓 ^[15-16]	9.2~34.2*
小麦 ^[9-10]	11.4~13.6	花生 ^[17]	23.4
甘薯 ^[11]	17.8~23.2	玉米 ^[18-19]	7.2~26.6
马铃薯 ^[12]	40.3	黄瓜 ^[10]	19.3
番茄 ^[13]	18.9~20.1	棉花 ^[20]	3.7~5.0
大蒜 ^[14]	10.0~20.0	葡萄 ^[21]	10.5~17.6
蔬果 ^[11]	25.4	牧草类 ^[22]	26.1

注:* 为单株增产,g/株。

中国林科院研制开发的 Pt 菌根菌剂可增加松苗木高生长 18.1%~131.0%,地径增加 24.1%~91.8%,造林成活率达 16.9%,从而可以解决松树因缺少外生菌根成活率低、生长差、造林不见林的难题。在辽宁西部干旱沙地利用血红铆钉菇(*Comphidius rutulus*)对油松种子进行包衣直播,出苗率提高 26%,成苗率提高 34%,油松在干旱地区的造林成活率达 64.5%~89.0%。此外,一些外生菌根菌(*Boletus edulis*, *Suillus grevillei*, *S. luteus*)能够抑制立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、尖镰孢菌(*Fusarium oxysporum*)、茄镰孢菌(*F. solani*)、根癌菌(*Agrobacterium tumefaciens*)的生长繁殖^[23,26]。

表 3 菌根制剂在松树和桉树上的使用效果

树木	单株材积	树木	单株材积
	增长量//%		增长量//%
加勒比松	73.68	湿地松	30.02
巨尾桉	142.86	尾叶桉	79.30

2.2.3 江苏省的微生物资源状况。江苏省地处 N31°~35° 地理区域,微生物资源种类非常丰富,主要包括真菌、细菌、放线菌和病毒,而真菌类群又分为共生菌类(菌根菌类)、生防菌类、能源菌类、产酶菌类、色素菌类以及提高土壤利用率的其他微生物类群。它们存在于各种草本、木本植物的体内外、枯枝落叶、作物秸秆以及土壤和水体中。众多微生物资源正日夜不停为江苏的农、林业生产发挥各自的作用,为维持生态平衡、保护农业丰产丰收做出贡献。

在《省政府办公厅转发省农委关于加快发展生物农业实施意见的通知》中提出的生物农业发展方向和研究重点中,几乎所有的领域都涉及微生物资源的利用问题,特别是一些有益的真菌和细菌。在生物农业中,优良的微生物资源是该领域科技创新的基础,也是生产有机食品的安全基础。一种好的微生物资源可以带动一个生物产业的发展。微生物是可再生资源,可不断地加以利用,但要制定科学的微生物资源收集和开发计划,加强对它们的管理和保护。笔者认为,生物农业中的一项重点研究内容应放在寻找潜在、有益微生物资源上。只有找到可利用的微生物资源,才能真正实现生物农业的快速发展和作物产量的稳定提高。

3 生物肥料的作用机制

微生物制剂的共性在于不同的菌类侵入植物后,把植物和外界基质连接起来,形成一个共生系统,使生物演化的成功。菌根真菌的菌丝为植物的发育提供营养物质。这种共生系统已达到高度和谐与平衡。在兰科植物上的共生菌有小菇 *Mycena osmundicola* 和微囊菌 *Microascus* sp.^[27],其中石斛小菇产生的玉米素核苷可促进细胞分裂分化和幼苗生长^[28],缩短营养生长周期,促进生理代谢和矿质元素吸收及维生素和植物激素的产生。另外,许多外生菌根能产生植物激素和生长调节物质,通过合成植物激素调节宿主——真菌双方如牛肝菌(*Boletus* sp.)和乳牛肝(*Suillus grevillei*),能产生玉米素和乙烯,而乙烯的活动在许多方面与吲哚乙酸相似,刺激接种苗根的分叉,使得短根数量增加^[25]。因此,把共生菌制成生物菌肥用于植物栽培不仅能促进植株的生长,而且可以提高植物的抗逆性和抗病性,减少化肥和农药使用,大大保证了产品质量。

4 生物肥料相关的重点研究领域

针对农业生产中过量使用化肥导致的土壤理化性质改变以及生物肥料开发和使用过程中存在的其他问题,需要建立由不同学科组成的、高水平的研究开发和推广应用人才队伍,以加快生物肥料的研究进度。

4.1 微生物专业人才的培养 优秀的专业技术人才是科学研究创新的基础。生物肥料所涉及的主要微生物是真菌和细菌,但是目前江苏省从事微生物采集、分离培养和菌物分类鉴定的人才远不能满足科技发展的需要,因此要制定科技人才培养计划,加快优秀人才的培养。

4.2 微生物资源的筛选 微生物资源的调查和采集是一项长期、艰苦的工作,也是微生物资源发掘和研究的基础工作。发展生物肥料最需要解决的问题是优质微生物资源的筛选,可按照农林作物、花卉、蔬菜、水果等有益微生物的不同类群有计划地进行收集,从而加强微生物肥料应用基础研究,并且不断研发生物肥料的新剂型。

4.3 生物技术菌株筛选中的应用 现代科学研究应充分发挥科技的优势。当前,分子生物学技术的渗透使得分子构建、基因重组新菌株成为可能。在微生物资源筛选和利用过程中,通过DNA重组技术,可以加强有益微生物的基因工程菌研究,进而选择高效菌种。

4.4 复合微生物菌剂配方的研制 根据微生物资源的不同用途,可以大力开展单一微生物菌肥制剂和多种微生物组成的复合制剂研究,同时要高度重视微生物肥料配方的研究和生产工艺的优化,从而研制和生产高效的微生物肥料。

4.5 做好微生物肥料开发与应用之间的有机衔接 微生物资源开发的最终目的是促进植物生长,提高产品质量,产生效益。因此,在课题立项时,需加强从微生物资源收集—开发—推广应用各环节有机衔接,以加快开发进度。

4.6 农林废弃物的循环利用 生物肥料可分为固体和液体2种。固体生物肥料的生产基质可充分利用食用菌栽培废料、农作物秸秆和各种树木的枯枝落叶,使得部分废弃资源

得到循环利用,既可以节约成本,又可以提高现有资源的利用率,为农业的可持续发展做出贡献。

4.7 加强微生物肥料产品质量检测技术和标准的研究 为了更合理地利用微生物资源,应根据不同生物肥料的使用对象,加强江苏省微生物肥料产品质量检测和质量标准的相关研究。

4.8 建立微生物菌肥的种质资源库,并且收集国内外优质菌种 微生物菌肥种质资源库的建立,可以有效保护现有的有益微生物资源,为今后开展微生物相关研究提供物质基础。因此,目前自然界存在的具有某一特定功能菌株如固氮、解磷、解钾和促进植物生长等,都可作为一种特定的菌种资源进行保存和保护。政府应建立专门机构组织科技人员在各种自然环境下筛选新菌株,广泛收集有益菌种,建立微生物肥料的菌种资源库,并且通过规范试验,确定某种生物肥的标准菌种,为将来菌种的开发利用提供依据。

5 生物肥料的发展前景

微生物肥料在作物增产和品质改善方面起重要的作用。据估计,若我国微生物肥料的产量占化肥产量的3%,则粮食产量可增加50亿~100亿kg^[29]。据2009年资料,我国现有微生物肥料的年产量仅300万t,只占化肥产量的0.5%^[30]。可见,微生物肥料的发展具有很大空间。随着人们环保意识的增强,有机食品生产、资源再生利用与微生物肥料生产相结合已成为现代农业的发展方向。“绿色”农业生产的实现离不开多功能、复合型微生物肥料的使用。这为开发生产高效优质的微生物肥料提供一个良好的发展机遇。

微生物肥料的生产受到越来越多的关注,在资源节约和环境友好型社会建设中将发挥重要作用,市场潜力巨大。我国微生物肥料研发与应用时间相对较短,一些产品的开发还是处于实验室研究阶段,部分制剂的应用效果、稳定性还难以达到大面积推广应用的要求,仍需进一步完善。今后,要重点加强微生物菌种的筛选与选育、微生物复合制剂的应用以及微生物菌种与化肥和有机肥的复配技术等研究,使得微生物肥料在我国的应用上一个新台阶。

参考文献

- [1] 吴建峰,林先贵.我国微生物肥料研究现状及发展趋势[J].土壤,2002,34(2):68-73.
- [2] 唐欣鸣,张明,赵海泉,等.微生物肥料及其生产应用中的问题[J].微生物学杂志,2002,18(1):32-33.
- [3] 庄绍东.微生物肥料开发利用现状、问题与对策[J].福建农业科技,2003(1):34-35.
- [4] 李万才.国内外微生物肥料的发展概况[J].当代蔬菜,2006(4):22-23.
- [5] 刘迪.我国微生物肥料的研究现状与发展趋势[J].辽宁农业职业技术学院学报,2009,11(6):34-37.
- [6] 刘戈,易玉林.微生物肥料的发展现状与前景展望[J].安徽农业科学,2007,35(11):3318,3332.
- [7] 张淑娟,王立,马放,等.丛枝菌根(AM)对水稻生长促进及化肥减量研究[J].哈尔滨工业大学学报,2010,42(6):958-962.
- [8] 梁运江,许广波,郑哲,等.生物菌肥对水稻营养特性及增产效果的初步研究[J].土壤通报,2001,32(2):88-89.
- [9] 魏峰,侯祥保,魏琳娜.几种微生物肥料在小麦上的施用效果[J].安徽农业科学,2002,30(1):90,112.
- [10] 刘会清,张爱香,马海莲,等.生防菌剂与生物有机肥复配对黄瓜抗病促生效果的研究[J].北方园艺,2011(5):1-4.

量超于处理③时增产不明显,处理⑤、④分别比处理②增产7.1%和2.3%。3月6日收获雪里蕻,对各小区分别采收,称

表4 雪里蕻小区实产

小区编号	重复1	重复2	重复3	合计	平均	比处理①		比处理③	
	kg	kg	kg	kg	kg	增产//kg	增幅1//%	增产//kg	增幅2//%
①	23.0	13.5	15.9	52.4	17.5	-		-55.7	-76.1
②	49.0	59.6	51.6	160.2	53.4	35.9	205.0	-19.8	-35.5
③	73.0	69.3	77.2	219.5	73.2	55.7	318.2	-	-
④	75.5	66.2	84.8	226.5	75.5	58.0	331.5	2.3	4
⑤	86.5	72.5	92.6	215.6	83.8	66.3	378.8	10.6	19.0

从F测验中,已得知参试处理产量间在0.01水平显著,故应进行t测验。根据误差自由度,从t值表中查出的 $P=0.05$ 、 $P=0.01$ 的 $t_{0.05}=2.306$ 、 $t_{0.01}=3.355$,用最小显著差数法表示。

$$5\% LSD = S\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \times t_{0.05} = 27.2 \text{ kg}$$

$$1\% LSD = S\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \times t_{0.01} = 48.6 \text{ kg}$$

从表5可以看出,处理⑤与处理②间差异达0.05显著水平,与处理①间差异达0.05显著水平;处理⑤、④、③与处理①间差异达0.01显著水平;处理②与处理①间差异达0.05显著水平,处理③、④、⑤之间差异不显著。

表5 随机区组排列中各参试处理平均产量相互间对比结果

小区编号	平均值 kg/区	相比处理产量差异//kg				
		⑤	④	③	②	①
⑤	83.8					
④	75.5	8.3				
③	73.2	10.6	1.3			
②	53.4	30.4	22.1*	19.8		
①	17.5	66.0**	58**	55.7**	35.9*	-

注:*表示产量差异在0.05水平显著;**表示产量差异在0.01水平显著。

2.3 投入与产出分析 从表6可以看出,随着施氮量的增加,纯收入增加,处理⑤纯收入最高,为36199.5元/hm²。

表6 投入与产出分析

小区编号	股料投入 元/hm ²	产量 kg/hm ²	产值 元/hm ²	纯收益 元/hm ²	产投比	纯收益 位次
①	390	8755.5	7879.5	7489.5	19.2	5
②	855	26713.5	24042.0	23187.0	27.2	4
③	1065	36618.0	32955.0	31890.0	30.0	3
④	1260	37768.5	33991.5	32731.5	25.9	2
⑤	1530	41922.0	37729.5	36199.5	23.7	1

3 结论与讨论

通过对各处理雪里蕻苗情调查和产量分析,发现随着氮肥量的增加,单株绿叶数、单产都相应增加,开展度先增后减。经方差分析,发现处理⑤、④虽然比处理③增产,但增产不明显,表明大于优化氮区的施氮量增产不显著;处理⑤比处理②增产显著;处理⑤、④、③比处理①增产,且在0.01水平显著,处理②比处理①增产显著。经分析,优化氮区产投比最高,达30:1,大于优化氮区施氮量,随着施氮量增加,产投比逐渐降低,而低于优化氮区施氮量,随着施氮水平下降,产投比逐渐降低。就产投比,优化氮区位列第一;就纯收入,170%氮区位列第一。因此,在实际生产中,以大于优化氮区的施氮量(129 kg·hm²)为宜。

参考文献

- [1] 张剑,叶定池,张禹,等. 氮素营养对雪里蕻产量与品质的影响[J]. 浙江农业科学,2009(3):580-582.
- [2] 郭江,古亚汉,邓正新,等. 生物菌肥对葡萄应用效果试验总结[J]. 新疆农业科学,2005,42(S1):81-83.
- [3] 张倩茜. 微生物肥料的作用效果与广阔前景[J]. 今日科苑,2008(6):185.
- [4] 蒋家淡,林延生,詹正宜,等. 菌根生物技术应用现状与研究进展[J]. 甘肃农业大学学报,2001,36(2):221-225.
- [5] 陈羽,弓明钦,仲崇禄,等. 菌根菌剂在华南地区林业及农业上的应用[J]. 广东林业科技,2004,20(4):50-53.
- [6] 张立中. 树木菌根的应用[J]. 辽宁林业科技,1984(5):1-7,12.
- [7] 栾庆书,李立,李希桥. 中国外生菌根研究的20年成就[J]. 辽宁林业科技,2000(6):36-39.
- [8] 何炜,杨晓红,戴木兰,等. 兰科菌根共生效应研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(17):7206-7207,7226.
- [9] 邵华,张玲琪,李俊梅,等. 铁皮石斛研究进展[J]. 中草药,2004,35(1):109-112.
- [10] 高晓杰,刁治民,刘吉祥. 微生物肥料的研究现状与发展趋势[J]. 青海草业,2004,13(1):31-34.
- [11] 袁田,熊格生,刘志,等. 微生物肥料的研究进展[J]. 湖南农业科学,2009(7):44-47.
- [12] 王素英,陶光灿,谢光辉,等. 我国微生物肥料的应用研究进展[J]. 中国农业大学学报,2003,8(1):14-18.
- [13] 陈效杰,丁俊杰,邢文,等. 脱毒马铃薯应用生物菌肥的效果[J]. 中国马铃薯,2009,23(4):224-225.
- [14] 甘小虎,杨兴明,常义军,等. 有机生物菌肥在茄子上的应用效果[J]. 南京农专学报,1998,14(3):47-50.
- [15] 黄传辉. 生物多抗菌肥对大蒜病害的防治作用研究[J]. 现代农业科技,2007(17):75-76.
- [16] 齐国辉,陈贵林,吕桂云,等. 丛枝菌根菌在草莓上的应用试验[J]. 河北果树,2001(1):14-16.
- [17] 李保会. 复合微生物菌肥对连作草莓矿质养分吸收及产量的影响[J]. 河北农业大学学报,2007,30(3):44-47.
- [18] 李星洪,黄中莹,白凤鸣. 花生施用复合微生物肥的作用和增产效果初探[J]. 土壤肥料,1998(2):35-37.
- [19] 李殿祥,门文革,董金秋. 平安福生物有机菌肥在玉米上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2009(24):23.
- [20] 周艳玲,付和平,赵国霞. 生物菌肥在玉米上应用试验效果研究[J]. 农村实用科技信息,2011(1):43.
- [21] 刘洪亮,赵凤梅,黄琴. 微生物菌肥对作物产量和品质的影响[J]. 新疆农垦科技,2005(3):47-48.

(上接第10080页)