

我国微生物肥料的应用研究进展

王素英¹ 陶光灿¹ 谢光辉¹ 沈德龙² 李俊² 路宝庆³

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 农业部 微生物肥料质量监督中心, 北京 100081;
3. 北京市 延庆县农委, 北京 102100)

摘要 综合分析了我国近 10 年来对微生物肥料(根瘤菌肥料除外),在提高农产品产量和改良品质方面的应用效果。微生物肥料与化肥、有机肥等混合施用,比传统施肥增产的报道占 98%,其中增产幅度超过 5%的报道占 87.4%,超过 10%的占 56.6%。微生物肥料种类以固氮菌类、解磷细菌类、解钾菌类和复合微生物肥料为主;菌根菌类、复合微生物肥料、PGPR 类、固氮菌类、光合细菌类和解钾菌微生物肥料的平均增产率依次为 22.3%、21.2%、16.5%、14.7%、13.6%和 12.2%。微生物肥料在作物上应用最多的是禾谷类作物,其次是油料类和纤维类作物,应用较少的是烟草、糖、茶、药、牧草等类作物。微生物肥料对作物品质改良研究较少,主要为经济作物,而对粮食作物研究较少。从已有的研究可以看出微生物肥料对作物品质有改善作用,主要表现为:降低蔬菜硝酸盐含量,减少棉籽及油菜中的棉酚和芥酸含量,提高蔬菜和水果含糖量和维生素 C 含量,提高纤维类作物纤维的长度和强度,增加上等烟的比例,增强作物的抗病性。分析了微生物肥料的施用条件和方法,指出合理使用的条件和方法,并从研究、开发和管理 3 个方面进行了展望。提出加强应用性研究以解决生产中存在的微生物肥料效果不稳定的问题。

关键词 综述;微生物肥料;作物产量;作物品质

中图分类号 S 144

文章编号 1007-4333(2003)01-0014-05

文献标识码 A

A review of effects of biofertilizers on crop yield and quality

Wang Suying¹, Tao Guangcan¹, Xie Guanghui¹, Shen Delong², Li Jun², Lu Baoqing³

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Center of Biofertilizer Quality Supervision of Agricultural Ministry, Beijing 100081, China;

3. Agricultural Committee of Yanqing County, Beijing 102100, China)

Abstract Effects of biofertilizer (except rhizobium) on crop yield and quality are reviewed, according to the literature in the past decade. Compared with controls of conventional fertilization, 98% trial of bio-fertilizer was documented to increase crop yield, among which 87.4% showed positive results of more than 5%, and 56.6% more than 10%. Average yield increase varies with different types of the biofertilizer, in the order of mycorrhizal type > complex type > PGPR type > nitrogen-fixing type > photosynthetic bacteria type > K-solubilizing type, and their increasing rate are 22.3%、21.2%、16.5%、14.7%、13.6%和 12.2%, respectively, in terms of the kind of objective crops, biofertilizer application can be ranked as follows: cereals, oil crops, fiber crops, and tobacco, tea, herbs etc. Though the effects of biofertilizer on crop quality were not documented as more as crop yield, most such researches were conducted with cash crops. It might be considered that the biofertilizers play positive effect on product quality improvement. Generally, biofertilizers application resulted in decrease of nitrate content for vegetables, hydroxybenzene for cotton seeds and erucic acid for rape seeds, and increase in sugar and vitamin C for vegetable and fruit, increase in length and intensity of cotton fiber, adding the proportion of first class ratio tobacco. Relationship between application method and effect of biofertilizer also reviewed. The perspective is presented with the respect of research, development and management of the biofertilizers.

Key words review; biofertilizer; crop yield; crop product quality

收稿日期: 2002-06-20

作者简介: 王素英, 硕士研究生; 谢光辉, 副教授, 导师, 主要从事稻作栽培和土壤养分的研究, E-mail: xiegh@cau.edu.cn

在当前农业可持续发展形势下,开辟微生物肥料部分替代化肥日益受到重视^[1,2]。我国的根瘤菌肥料的应用已较广泛^[1],虽然其他微生物肥料的生产应用的争议较大发展也不平衡,但近几年的研究仍有增加,我国主要农业期刊 1989 年以来刊登的有关文章平均每年 36 篇,1999 年达 80 篇以上。本文分析了我国 1989 年以来的文献,综述了微生物肥料在提高农产品产量和改良品质方面的效果。

1 微生物肥料的应用概况及增产效果

1.1 微生物肥料的增产情况

1989 年以来非根瘤菌类微生物肥料的文献以应用效果试验的报道为主,其中增产的占绝大多数,约 98%,只有个别报道不增产^[3,4],所以微生物肥料的增产作用是应给予肯定的。但是,这些增产效果是同时施用化肥或有机肥而获得的^[5~9],单施微生物菌剂而增产效果不稳定^[9,10]。在与化肥结合施用条件下,微生物肥料比传统化肥增产 5%~10%^[11~14]和 10%~15%^[15~17]的分别占总增产报道总数的 30.8%和 22.0%,增产 15%~20%的试验占 13.8%^[10,18,19],报道增产 20%以上的占 20.8%^[20]。

1.2 各类微生物肥料的应用概况及增产效果(图 1)

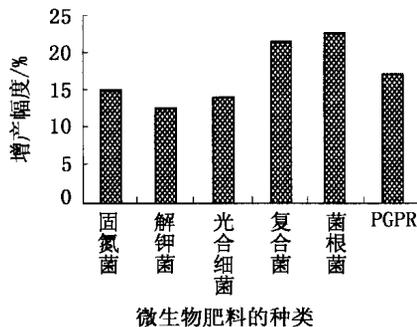


图 1 不同微生物肥料的生产效果

Fig. 1 Average increases in yield with different biofertilizer application

我国生产应用的微生物肥料可分为 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、复合菌类等。1989 年以来各类菌肥的文献以上述、和为主,而、类很少,也有个别报道促进植物生长的根际细菌(PGPR)。据文献综合分析,各类微生物肥料的平均增产效果不同,范围在 12.2%~22.3%之间。需要指出的是,对解磷微生物肥料的机理研究较多,但增产效果较少论及;而菌根菌类微生物肥料主要用于林业生产,有关增产效果的数据较少,但从不多的数

据也可看出其施用效果较好,增产约 22.3%^[21,22]。上述几种报道较多的菌肥中,解钾菌肥料的增产效果最低,但在甘薯上用作基肥效果较好,增产率为 23.2%^[33];复合微生物肥料的增产效果约为 21.2%;固氮菌类肥料和光合细菌类肥料,增产效果相近^[25];PGPR 类作为现在研究的热点,效果也较好^[26]。

1.3 微生物肥料在不同地区的应用概况及增产效果

目前我国约 20 多个省(市、区)都有微生物肥料的应用。其中华中地区最多,报道的试验次数为 44 次;华北和西北次之,分别为 43 和 34 次;华南和东北较少,前者为 9 次,后者为 8 次。不同地区又因土壤、温度和气候等各种条件的不同,应用方法和应用效果也不一样。西北地区的应用效果最好,华北地区次之^[15],东北略低于华北,华南和华中效果相近,前者略高^[10,20],西南地区效果最差^[28](图 2)。

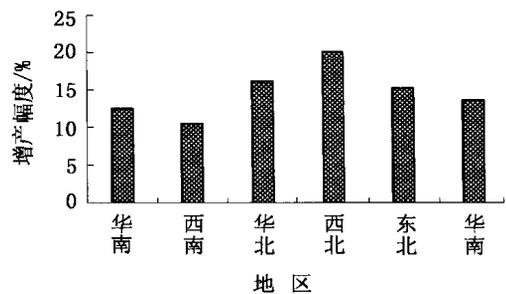


图 2 不同地区的施用微肥后增产幅度

Fig. 2 Arrange of increase in crop yield in different area with biofertilizer application

1.4 微生物肥料在作物上的应用概况及增产效果

微生物肥料在我国应用于 30 多种作物上,其中,禾谷类作物应用最多,其次是油料和纤维类,应用较少的是烟草、糖、茶、药、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^[29],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^[22,30]。糖料作物的增产效果最好^[31],其次为茶叶^[20,32],蔬果增产 25.4%^[18,28],牧草类增产 26.1%^[26]。纤维、薯类、油料的增产效果分别为 17.1%^[33]、17.8%和 15.0%。微生物肥料对禾本科作物的增幅最低(图 3)。

2 微生物肥料对作物品质的促进作用

人们对微生物肥料改善作物品质和获得无公害产品的作用日渐重视,我国此类研究逐渐增多。就 1989 年以来的文献看,关注增产效果的报道为多,

对品质的研究主要在产值较高的一些经济作物上,如蔬菜、水果、棉麻、油料、烟草、茶以及药用植物等,而对粮食作物研究较少。微生物肥料对作物品质的改善作用是可以肯定的;有的微生物肥料虽然没有增产作用,但仍然有改善品质的作用^[34]。

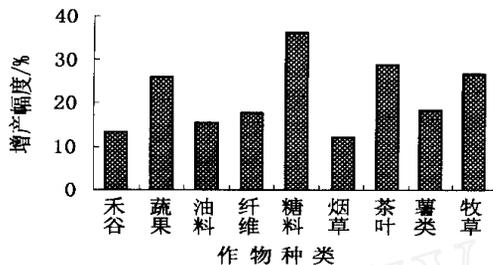


图3 不同作物上施用微肥的增产情况

Fig. 3 Increase in yield of different crop with biofertilizer application

施用微生物肥料的蔬菜硝酸盐含量减少 25.4 ~ 44.3 mg kg⁻¹,比传统施肥降低 19.1%,维生素 C 含量提高了 99.6 mg kg⁻¹,糖分含量平均提高了 6.6 mg kg⁻¹^[36]。黄瓜、番茄和韭菜也因施用微生物肥料含糖量略有增加,不足 5%,韭菜的葡萄糖和果糖分别增加了 19.5%和 17.0%^[37]。与基质和化肥对照相比,施用生物肥后增加了生菜的粗蛋白、钾、维生素 C,总有机酸降低,还原糖增加,糖酸比提高 1 倍,亚硝酸盐降低 21.3% ~ 36.3%^[38]。茄子施用生物肥后含糖量和维生素 C 分别增加 16.3%和 9.1%^[18]。增施微生物肥料比 N、P、K 平衡施肥,提高蔬菜产量的同时降低硝酸盐含量 25.4 ~ 702.0 mg kg⁻¹^[7]。蔬菜极易富集硝酸盐,随食品摄入人体的硝酸盐中有 80%以上来自蔬菜,因此,合理施肥减少蔬菜硝酸盐是生产中亟待解决的问题,施用微生物肥可在一定程度上有助于解决这一问题。

在桃树上喷施微生物肥后,可使果实可溶性固形物含量提高了 5.71% ~ 10.87%,果实的风味和品质有所改善^[39]。喷施液体微生物肥料的猕猴桃植株叶色更加翠绿,落叶期推迟 7 ~ 10 d,果实口感更为纯正、可口^[40]。一种真菌肥对增大翠冠梨的果实,提高其质量,有明显效果^[41]。柑桔施用生物有机复合肥后固酸比显著高于对照,果实味更甜,同时产量明显提高^[42]。甘蔗施用生物肥不仅增产,而且甜度显著提高,品质得到改善。

李星洪等将具有固氮和分泌激素作用的微生物复合肥应用于棉花,发现棉花的纤维长度提高了 1.7 cm,比对照增加 5%左右^[44]。解钾微生物肥料

对提高棉纤维长度及衣分有显著作用,纤维整齐度提高了 10%,衣分提高了 2%。还可增强棉花单纤维强力、纤维细度和主体长度等。而高卫东研究表明,增产菌除能促进棉纤维强度和长度之外,还使棉籽油的棉酚含量降低了 6.8%,并增加了棉籽氨基酸含量,而且使人体所必需的 5 种氨基酸平均增加了 13.2%^[45]。微生物肥料增加红麻的茎粗和皮厚度有明显效果,分别比对照提高了 7.1% ~ 9.2%和 7.3% ~ 18.4%。经过基因工程改良的菌种生产的微生物肥料表现更好,张世平提出,各工程菌对棉花枯萎病防效在 34% ~ 63%之间,并且混和菌效果最佳,达到 63.4%^[46]。

钾细菌微生物肥料能改善油菜品质:提高赖氨酸含量、降低芥酸含量、增加籽粒粗脂肪含量^[47]。喷洒液体微生物肥料也可提高大豆籽粒蛋白质和脂肪含量^[48]。不少研究指出微生物肥料应用于烟草可增加上等烟率。提高幅度较高的报道表明,解磷、解钾复合微生物肥促进上等烟高达 58% ~ 60%^[50]。提高幅度较低为 2.1% ~ 6.1%,但对烟叶其他质量指标也有一定提高,化学成分协调性好,杂气和刺激性都有减少^[49]。施用钾细菌微生物肥料还能使烟叶落黄速度加快,比对照成熟度提高一个等级,烤后烟叶金黄至桔黄,烟叶还原糖、总氮和氯离子含量略有减少,烟碱含量有所提高,品质优良^[51]。微生物的烟草专用肥在山东、黑龙江、贵州和福建等地多点应用,也表现出明显促进烟草根系发育、提高上等烟比例和香吃味的作用^[52]。

茶树施用微生物肥配加 Zn、K 元素使茶树芽叶密度、一芽一叶、一芽二叶的数量,以及鲜叶嫩度都有提高^[32]。更有意义的是赵良骏等认为,微生物肥料处理的秋茶茶叶汤色绿,香气清高^[20]。黄庆波等将增产菌应用于人参栽培,发现人参斑点病发病率降低了 5.7% ~ 22.6%,锈病的发病率降低了 2.1% ~ 10.7%,优质参率也有提高,而且还促进了参根产生双芽孢^[53]。魏改堂对菌根菌类微生物肥料应用于药用植物曼陀罗进行的深入研究发现能促进生长,增加对 P、S 等元素的吸收,降低了镉、铅在植物的含量,提高了莨菪碱和东莨菪碱的浓度^[54]。

3 应用条件、技术及其与效果的关系

3.1 施用条件

土壤类型、质地、pH、肥力和水分条件都会影响施入土壤的微生物肥料中的微生物的生长发育,从

而影响肥效。如在榆中、武威和永登 3 地试验结果表明,使用联合固氮菌剂给小麦拌种,在弱酸性至弱碱性土壤使用效果好,土壤 pH > 9 时增产效果不明显;且含有机质较高的壤质土比沙质土增产效果好,粘土效果不如壤土。土壤肥力水平过高,特别是土壤中碱解氮大于 200 mg kg⁻¹时,则接种无效^[55]。

3.2 施用方法

微生物肥料的施用方法较多,主要有^[56]:拌种、穴施、基肥、追肥、蘸根、种肥、淋芽、沾蔓等。不同肥料对不同的作物有最适施用方法、施用量和施用时间。田间试验表明,在李树幼果期根际浇施微生物肥料 5~10 mL 株⁻¹ 1~2 次,可明显增强树势,提高果实品质,增加产量,其中以浇施 10 mL 株⁻¹ 2 次的效果最明显^[5]。以用量 450~1 500 mL hm⁻² 微生物肥料拌种对棉花都有增产作用,但 1 500 mL hm⁻² 用量效果最佳^[8]。水稻用菌根菌肥拌土法比浸根法的增产效果更好^[58]。在因施用方法不同而引起的产量或品质差异不显著的情况下,就需考虑哪种方法更省工省时经济有效。分别用基施、沾秧根、追施 3 种方法给水稻使用生物钾肥,结果分别比对照增产 3.9%、2.9% 和 2.3%,差异不显著,这就应推荐较省工的基施或追施。

从以上文献发现,微生物肥的绝大多数增产效果都是在正常施肥或减肥条件下追施微生物肥获得的^[12,14,17],所以在配施其他肥料时还应考虑合适的方法。在施用氮肥的基础上,配合基施(耙面肥) 15 kg hm⁻² 硅酸盐菌剂对水稻的增产顺序为:未配施磷钾肥 > 配施磷肥 > 配施钾肥 > 配施磷钾肥。施磷肥时,该菌剂对水稻既有较高的产量,又可获得较好的经济效益^[12]。

4 微生物肥料的发展前景及问题

根据本文对 10 年来微生物肥料报道的综合分析,可以肯定在不增加化肥用量甚至减量的情况下微生物肥料的增产和改善品质的积极作用。又据估计,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 50~100 亿 kg;而当前国内现有微生物肥料的生产厂家仅 400 家左右,年产 300 万 t,只占化肥产量的 0.5%^[19],可见微生物肥料的发展具有非常好的前景。但是,微生物肥料应在研究、开发和管理方面应给予全面重视^[23,24,27,34,35,43,57]。

4.1 高效稳定微生物肥料产品的研制与开发

我国微生物肥料研发与应用时间较短,产品研

制处于初始阶段,应用效果及稳定性都难以达到大面积推广应用的要求。而高效稳定的微生物肥料剂型的研发是这类微肥应用的首要前提,所以当前的重点内容为:微生物菌种的筛选与选育,微生物复合菌系的应用,微生物专用肥的开发,微生物菌种与化肥和有机肥的复配技术,与化肥复合的高盐和干燥过程的高温下提高有效活菌数。

4.2 微生物肥料的应用研究

根据 10 年来微生物肥料应用效果综合分析,与其他栽培学试验相比,一些试验仅局限于简单的增产效果和抗性描述,生物统计分析不多,试验的规范性和深入程度不足,研究范围中的应用基础研究更为欠缺,也没有充分应用当前科技的新方法和技术。因此,微生物肥料应用效果不足的一面报道极少,生产中限制其发展的因素仍然存在,如效果不稳定等。进一步的研究应重视下列方面:不同梯度的化肥减量规范试验、接种微生物在土壤中的消长动态、接种微生物在土壤中引起土壤活性和营养元素生物有效性的变化、长期的养分平衡定位试验、加强微生物肥料对作物品质影响的研究。

4.3 提高微生物肥料产品的质量

由于我国的微生物肥料生产、应用以及市场都不很规范,一些假冒伪劣产品严重地伤害了农民使用微生物肥料的积极性。为了提高微生物肥料的产品质量而加大质量监督和产销管理是目前十分迫切的任务。

参 考 文 献

- [1] 葛诚主编. 微生物肥料生产应用基础 [M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000
- [2] 葛诚, 吴薇. 我国微生物肥料的生产、应用及问题 [J]. 中国农学通报, 1994, (3): 24~28
- [3] 曹一平. 石灰性土壤上 VA 菌根强化玉米对非水溶性磷肥的吸收与利用 [J]. 华北农学报, 1989, (增刊): 202~206
- [4] 湖北省农牧业厅科教处. 增产菌应用效果联合试验简报 [J]. 湖北农业科学, 1989, (5): 14~16, 26
- [5] 柏德玟, 董琦珏, 蒋飞荣. SC27 微生物肥土壤增肥剂在李树上的应用 [J]. 浙江柑桔, 1999, 16(2): 32, 28
- [6] 张永利, 陈爱华, 王丽华, 等. 微生物与化肥复合颗粒肥料的发展前景 [J]. 中氮肥, 2001, (6): 6~8
- [7] 许前欣, 孟兆芳, 于彩虹. 减少蔬菜体内硝酸盐污染的施肥技术研究 [J]. 农业环境保护, 2000, 19(2): 109~110, 113
- [8] 王卫平, 关桂兰, 崔志强. PG 微生物制剂对棉花的增产效果 [J]. 土壤肥料, 1996, (6): 44~45
- [9] 王明有, 李光忠, 陈洪美. 小麦、玉米施用微生物接种剂增产效应初报 [J]. 土壤肥料, 2001, (3): 44~47

- [10] 赵京音,姚政,郭强. 菌肥 AI 对结球甘蓝的肥效及土壤微生物的影响 [J]. 上海农业学报,1997,13(1):49~53
- [11] 施振云. 硅酸盐菌剂对提高玉米产量的效应 [J]. 土壤肥料,1997,(3):38~40
- [12] 施振云,王德君,倪礼斌. 硅酸盐菌剂对水稻的增产效果 [J]. 土壤肥料,1999,(2):39~40
- [13] 梁如玉,傅淡如,李登煜. 水稻施用几种菌肥的根际效应和增产效果 [J]. 土壤肥料,1994,(3):31~33
- [14] 姚培鑫,艾绥龙,马英明,等. 整合态活性复混肥钾细菌存活性初探 [J]. 西北农业学报,2001,10(3):59~62
- [15] 李星洪,黄中奎,白凤鸣. 花生施用复合微生物肥的作用和生产效果初探 [J]. 土壤肥料,1998(2):35~37
- [16] 黄昭贤,罗微,谢德体. 硅酸盐细菌在紫色土上应用效应研究 [J]. 西南农业大学学报,1998,20(3):275~278
- [17] 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,2001,4(32)2:88~89
- [18] 甘小虎,杨兴明,常义军. 有机生物菌肥在茄子上的应用效果 [J]. 南京农学报,1998,14(3):47~50
- [19] 李明. 微生物肥料研究 [J]. 生物学通报,2001,36(7):5~7
- [20] 赵良骏,章无畏. 核酸生物肥料在茶叶生产上的应用研究 [J]. 中国茶叶,1992,14(3):25
- [21] 赵士杰,李树林. VA 菌根促进韭菜增产的生理基础研究 [J]. 土壤肥料,1993(4):38~40
- [22] 沈廷厚. 红壤中菌根对柑桔磷肥效应的研究 [J]. 江西科学,1990,8(3):13~19
- [23] 刘健,李俊,葛诚. 微生物肥料作用机理的研究进展 [J]. 微生物学杂志,2001,3(21):33~36,46
- [24] 谢明杰,宫文红,曹文伟. 发展我国微生物肥料的对策研究 [J]. 辽宁师范大学学报,2000,23(4):410~412
- [25] 吴小平. 光合细菌在烟草上的应用 [J]. 福建农业大学学报,1999,28(4):471~473
- [26] 张和平,王兴隆,潘竟平. 紫花苜蓿喷施益微增产菌效果试验初报 [J]. 甘肃农业大学学报,1997,32(1):80~82
- [27] 章家恩,刘文高. 微生物资源的开发利用与农业可持续发展 [J]. 土壤与环境,2001,10(2):154~157
- [28] 段兴美,罗思江. 农丰菌、增产菌在玉米、水稻上施用效果试验简报 [J]. 耕作与栽培,1990(4):44~45
- [29] 顾希贤,林先贵,郝文英. VA 菌根效应的预测 [J]. 土壤肥料,1991(3):36~39
- [30] 刘润进. VA 菌根对湖北海棠实生苗水分状况的影响 [J]. 莱阳农学院学报,1989,6(1):34~39
- [31] 谢浩. 土壤有益微生物——保健增产菌的研究与利用 [J]. 新疆农垦科技,1989,(1):38~39
- [32] 程鸣珂,樊顺兴. 茶树益肥加 Zn、K 元素对茶树新梢生长效应的研究 [J]. 蚕桑茶叶通讯,1994(1):13~14
- [33] 吴裕军. 生物钾肥对棉花增产效果试验初步总结 [J]. 土壤肥料,1990,(6):28~30
- [34] 谢明杰,程爱华,曹文伟. 我国微生物肥料的研究进展及发展趋势 [J]. 微生物学杂志,2000,12(4):42~45
- [35] 程萍. 联合固氮微生物的研究进展 [J]. 湖北民族学院学报,1994,12(2):60~61
- [36] 许前欣,孟兆芳,于彩虹. 微生物肥料农业应用的效益评价 [J]. 天津农业科学,2000,6(2):45
- [37] 张立音. 垦易生物有机肥应用效果初析. 微生物肥料的生产应用及其发展 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1996,161~165
- [38] 徐振桐,冷如新. 阿姆斯特生物肥对生菜产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报,1999,15(1):23~24,26
- [39] 陈德芬,赵国防,杨焕婷. 苹果增产菌对桃果实的影响 [J]. 落叶果树,1996,(4):4~5
- [40] 周光萍. EM 微生物菌剂在猕猴桃上的应用试验 [J]. 落叶果树,1999,31(3):43
- [41] 贺坤. 真菌王对提高翠冠梨品质的试验初报 [J]. 落叶果树,1999,(4):18
- [42] 邓伯勋,张建成,周功林. 生物有机复合肥在柑桔上的应用效果 [J]. 湖北农业科学,1993(8):16~19
- [43] 贺积强,李登煜,张小平,等. 硅酸盐细菌的研究进展 [J]. 西南农业学报,1999,12:102~108
- [44] 李星洪,彭立娥,孙建永,等. 高效生物复合肥的研制及其增产效果. 微生物肥料的生产应用及发展 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1996,7:87
- [45] 高卫东. 增产菌对棉株光合性能产量和品质改进的作用机制 [J]. 山西农业大学学报,1991,11(1):30~33
- [46] 张世平. 棉花枯萎黄萎病生物防治新途径 [J]. 中国棉花,1996,23(7):4~6
- [47] 钱非凡,褚建平,徐浩良. 生物钾肥在油菜作物上的使用效果 [J]. 土壤,1997,2(5):258~260
- [48] 岳寿松,任大明,刘江. 喷洒有效微生物群对大豆产量和品质影响 [J]. 吉林农业科学,1998,(3):12~13
- [49] 蒋太明,秦松,陈旭辉. 生物钾肥的增钾效应及在烟草上的应用 [J]. 贵州农业科学,1997,25(5):22~25
- [50] 郭富伟,任士俊,陈喜林. 生物磷钾肥对烤烟产质的影响 [J]. 烟草科技,2000,(12):40~41
- [51] 何金旺. 生物钾肥对烤烟产量和品质的影响 [J]. 广西农业科学,1994,(2):77
- [52] 吕静. 微生物肥料在我国烟草生产中的应用与创新 [J]. 中国烟草科学,1999,(3):48~50
- [53] 黄庆波,曹清良,黄瑞贤. 广谱增产菌在人参上应用效应的观察 [J]. 人参研究,1992,(2):8~12,9
- [54] 魏改堂. VA 菌根真菌对药用植物曼陀罗 (*Datura stramonium* L.) 生长、营养吸收及有效成分的影响 [J]. 中国农业科学,1989,22(5):56~61
- [55] 王清湖. 小麦根际联合固 N 菌剂试验示范研究 [J]. 甘肃农业科技,1990,(2):21~23
- [56] 刘荣昌,李凤汀,郝正然,等. 生物钾肥在农业生产中的应用. 微生物肥料的生产应用及其发展 [M]. 北京:中国农业科技出版社,1996,74
- [57] 占新华,蒋延惠,徐阳春,等. 微生物制剂促进植物生长机理的研究进展 [J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(2):97~105
- [58] 郎春秀,陈锦涛,吴关庭. VA 菌对水稻增产效应的初步研究 [J]. 浙江农业科学,1998,(2) 63~65