

生物肥料应用基础

刘爱民 编著

黄为一 主审

东南大学出版社

目 录

第一章 生物肥料概述	(1)
一、生物肥料的含义	(2)
二、影响生物肥料有效性的因素	(5)
三、发展生物肥料的重要意义	(6)
四、肥料中微生物的作用	(8)
五、生物肥料与有机肥料、无机肥料(化肥)三者关系	(12)
六、生物肥料的发展回顾	(20)
七、生物肥料的主要进展	(23)
八、今后生物肥料的发展方向	(24)
九、微生物肥料的应用效果	(25)
十、我国微生物肥料标准建设状况	(27)
第二章 微生物肥料促进植物生长的机理和微生物肥料	(31)
肥料的种类	(31)
第一节 微生物肥料促进植物生长的机理	(31)
一、微生物的特点	(31)
二、微生物肥料活化并促进植物对营养元素吸收 ...	(32)
三、产生抑病作用而间接促进植物生长	(41)
四、诱导系统抗性	(44)
五、提高植物的抗逆性	(44)
第二节 微生物肥料对土壤肥力提高的作用机理及特点	(45)



一、微生物肥料的作用机理	(45)
二、目前正在研究开发的微生物肥料的作用	(48)
第三节 微生物肥料的种类	(48)
一、用于生物肥料的微生物种类	(48)
二、按生物肥料功能分类	(55)
三、按制品中微生物种类的数量分类	(57)
四、纳米生物肥料	(80)
五、微生物肥料的演变	(80)
第三章 微生物菌肥的生产制备	(81)
一、微生物菌肥的生产流程	(81)
二、微生物肥料的剂型	(84)
三、自制简单的液体型生物肥料的方法	(85)
四、一般生物肥料的主要性状	(86)
第四章 微生物肥料的施用	(87)
一、微生物肥料的施用方法及注意事项	(87)
二、不同作物施用生物肥料的量和方法	(90)
三、几种常用微生物肥料的施用技术	(92)
第五章 与微生物肥料相关的其他肥料	(97)
一、有机肥	(98)
二、有机无机复混肥	(102)
三、农家肥料的种类	(104)
四、商品肥料的种类	(107)
五、内生生物菌肥	(109)
六、专用微生物肥料的研制	(109)
七、有机堆肥	(111)
八、有机营养肥料	(126)
九、关于生物有机肥的几个问题	(131)

十、其他肥料	(133)
第六章 生物肥料与我国农业可持续发展	(134)
一、微生物肥料在国内外草坪营养施肥中的应用 ...	(136)
二、微生物肥料在蔬菜上的应用	(136)
三、微生物肥料在水产养殖中的应用	(138)
四、生物有机肥对作物的影响	(139)
五、有机无机肥料对农业环境的影响	(140)
六、有机肥与有机农业	(141)
七、生物肥对减少环境污染的作用	(142)
八、钾细菌在剩余污泥资源化中的应用	(143)
九、用煤矸石研制新型复合微生物肥料	(143)
十、有机肥料对提高食品质量的作用	(144)
十一、微生物菌肥对苗圃的作用	(146)
第七章 微生物肥料研究和应用中存在的问题和 发展趋势	(148)
一、我国微生物肥料研究和应用中存在的主要问题	(148)
二、我国发展微生物肥料的对策	(150)
三、微生物肥料发展的预测和展望	(152)
四、微生物肥料的应用前景	(156)
五、微生物肥料开发利用的策略	(158)
六、微生物肥料推广应用上需注意的问题	(159)
七、微生物肥料在我国的发展趋势	(164)
八、国内外微生物肥料的发展概况	(165)
九、我国微生物肥料产业化的若干问题	(173)
参考文献	(179)

第一章

生物肥料概述

21 世纪正面临着日益严重的环境和资源问题,世界各国将在实施可持续发展战略的基础上采取实质性行动,而食物生产将是采取行动的重点领域。未来的发展趋势是:只有在洁净的土地上用洁净的方式生产的食物才更具有竞争力,才能更好地满足消费需要。21 世纪的主导农业是生态农业,主导食品是绿色食品。绿色食品是无污染的安全、优质、营养类食品。2001 年 8 月在北京召开的第 12 届世界肥料大会的主题是“21 世纪的肥料科学:施肥、食品安全和环境保护”,可见合理使用肥料是生产绿色食品的重要一环,使用肥料必须限制在不对环境和作物产生不良后果,不使产品中有害物质残留积累到影响人体健康的限度内。生产绿色食品限制化学合成肥料的使用,从而使得非化学合成的有机营养肥料在绿色食品的生产中占据了重要的地位。

中国是农业大国,农业是国民经济的基础,是无法取代的第一产业。现代农业是以高投入、高产出、高效率可持续发展为特征,而与此密切相关的肥料工业更是现代农业生产和发展的极其重要的物质基础。由于人口基数大,目前人均耕地仅为 1.5 亩(为美国的 1/6),占世界人均水平的 40%左右,且每年还以 500 万~700 万亩的速度递减,届时人均耕地更少。而且耕地品质不断下降,中低产田占到耕地面积的 70%,耕地后备资源短缺,城乡用地粗放。故而,迫切需要提高耕地的单位面积产量,坚持农作物高产、稳产才能满足国计民生之需。农作物增产的一个重要且为人类较易控制调节的因子就是植物营养,即与施用肥料的



数量、质量、品种和方法密切相关。当今农业生产目标主要是:不断提高作物单位面积产量,合理利用自然资源,改善农业生态环境,保持和提高土壤肥力。利用我国丰富的有机废弃物资源制作微生物肥料是当前微生物肥料重点研究的内容之一,达到废物处理和利用的双重目的,符合生态农业的发展方向。

一、生物肥料的含义

人类的祖先很早就农业和食品等方面应用天然存在的微生物。在古罗马时代,农民就发现在先前种过豆科植物的大田里种谷类作物时,产量有所提高。注意到细菌能增加农业土壤的营养,这些细菌的发现,对这些细菌的研究促使了第一家美国纳特公司(Nitragin company)于1989年生产和销售了土壤细菌接种剂。

生物肥料(biofertilizers)系指诸如细菌、真菌和藻类在内的有选择性的微生物肥料,因主要含微生物,也叫微生物肥料、菌肥、细菌肥料、接种剂,是应用于植物或土壤环境中、含有生物活性、起肥料效应,或以肥料方法施用、以微生物活性生物体或其代谢产物为主要作用因子的一类生物制剂或肥料制品,应用于农业生产中,能获得特定的肥料效应。生物肥料就是利用微生物对氮气的固定、对土壤矿物质和有机质养分的分解来实现其作用的,从而刺激作物根系生长,促进对土壤中各种养分的吸收,提高农产品的产量和品质。通常我们所说的生物肥料主要是指微生物肥料,其生产原料为:有机基质+微生物菌种。从广义上来说,生物肥料是以植物及其残体、动物(指土壤无脊椎动物)和动物排泄物等经微生物发酵而来,可直接施用于土壤中,或在一定条件下经无害化处理(或加工)而成的有机肥料。它们含有作物生长所需的营养要素或促进作物生长的有益微生物。尽管对其名称、作用等方面还有不同的看法或意见,但这类制品中都含有

一定量的特定功能的微生物,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。这一定义明确指出微生物肥料是一种有机的生物活体,一种新型肥料。它不仅为农作物提供了生长所必需的各种营养元素,而且增加了土壤中有益微生物的活性,同时克服了化肥的过量施用和不平衡施肥造成的弊端。1840年,德国农业化学家李比希创立了“植物的矿质营养学说”,提出植物仅从土壤中摄取为其生活所必需的矿物质养分,由于不断地栽培作物,这种摄取势必引起土壤中矿物质养料的消耗,长期不归还这部分养分,会使土壤变得十分贫瘠,甚至寸草不生。轮作倒茬只能减缓土壤中养分的贫瘠和较协调利用土壤中现存的养分,但不能根本解决问题。为了保持土壤肥力,就必须把植物从土壤中带走的矿物质,以施肥的方式归还给土壤,否则就是掠夺式的农业生产,由此推动了化肥工业的发展。100多年后的今天,化肥定位试验结果表明,磷、钾化肥的施用会导致重金属在土壤中累积,过量施用化肥会对自然生态造成破坏,如环境中硝态氮含量的增加,保护地的次生盐渍化,某些土壤结构的破坏,对蔬菜、水果品质的影响,最后造成化肥报酬率的降低和土壤退化。

微生物肥料又担负着土壤有机质向腐殖质转化的重任,增加土壤团粒结构,提高保水保肥能力,活化被土壤固化了的养分,提高化肥利用率。同时微生物肥料中有益微生物向土壤分泌各种有益物质、生长刺激素、吡啶乙酸、赤霉素和各种酶,从而有效地促进养分的转化,减轻了土传病的发生,修复了污染的土壤。因此,微生物肥料可以说是绿色农业和有机农业的理想肥料,在农业可持续发展中有着广阔前景。

从上述的微生物肥料概念中可知,它与传统肥料的概念有着较大区别。微生物肥料既包括直接提供养分的传统肥料范畴,如根瘤菌固氮为宿主植物提供氮素营养;也包括促生、拮抗病原



微生物等效应的范畴,如 PGPR(plant growth-promoting rhizobacteria,植物根圈促生细菌)的促生抗病作用。后一范畴的微生物制品是目前和将来新品种研制、开发和应用更为活跃的领域。与其他国家相比,我国的微生物肥料具有品种多、应用范围广的特点,尤其是在研制开发微生物与有机营养物质、微生物与无机营养物质的复合而成的新产品方面,处于国际领先地位。这些产品目前在我国已形成较大生产规模,在降低化肥使用量、提高化肥利用率和减少化肥过量使用导致环境污染方面,已取得了较好的效果,研制开发具有广阔前景。然而必须认识到,提高产品质量,降低生产成本,稳定应用效果仍是该行业面临并且是急需解决的课题。微生物肥料作为生物技术的发展及其在农业生产中应用的一个方面,由低级向高级、由低效到高效发展,并向农业产业化发展。

微生物肥料学是一门新兴的学科,其基础理论、应用研究都取得了迅速发展。尽管目前有些作用机理还不完全清楚,生产和应用上有很多问题需进一步探讨,然而作为一种农业技术措施,微生物肥料已经在农业生产中显示了积极的作用。但同时表明,微生物肥料只能不同程度地减少化肥的使用量,而不能完全取代化肥。当前,很多人对微生物肥料的作用还缺少了解,有些人则故弄玄虚,过分夸大宣传,以推销其假冒伪劣产品,这都不利于微生物肥料农业应用的健康发展,人们最关心的是肥料的效果。生物复合肥中的微生物组分称之为微生物接种剂,人为地增加土壤中有效微生物的数量,改变原有土壤微生物区系的特点,使有益微生物对肥料因素的转化能力得到表现,因此生物复合肥的肥效取决于微生物组分的有效性。如果微生物组分没有发挥效用,生物复合肥的肥效就如同普通复混肥了。我国有些人把少量使用的、仅由微生物和草木灰(或蛭石)载体组成的叫做接种剂、拌种剂,而把微生物和有机物(畜禽粪便、草木灰、褐煤

等)或有机物、无机物(化肥、微量元素)混合,制品再经加工造粒,用于基肥、追肥,用量较大的称为微生物肥料。我国将此类制品称为细菌肥料由来已久,早在 20 世纪 50 年代,国家制定的 1956—1967 年 12 年农业发展纲要中,就有“发展细菌肥料”一节,现在把它们称为微生物肥料更易为广大农民所接受。

微生物肥料是一种活性肥料,是汲取传统有机肥料之精华,结合现代生物技术加工而成的高科技产品。它的作用主要靠它含有的大量有益微生物的生命活动来完成,具有提高农产品品质、抑制通过土壤传播的病害、增强作物抗逆性、促进作物早熟的作用。其主要特点:一是无污染、无公害;二是配方科学、养分齐全;三是活化土壤、增加肥效;四是低成本、高产出;五是提高产品品质、降低有害积累;六是有效提高耕地肥力、改善土壤供肥环境;七是抑制通过土壤传播的病害;八是促进作物早熟。

生物肥料的微生物资源种类及数量十分丰富,占次要地位的植物肥料资源也很丰富,如绿肥资源我国就有 10 科 42 属 60 多种,共 1 000 多个品种,其中生产普遍采用的有 4 科 20 属 26 种,约 500 多个品种。另外,农作物秸秆也是主要的植物资源。绿肥和秸秆为发展生物肥料提供了大量的基本材料。还有动物性生物肥源在发展生物肥料方面也起到了不可估量的作用。

二、影响生物肥料有效性的因素

微生物肥料的有效性表现为两方面:(1) 改善作物的营养条件。有益微生物能将某些作物不能吸收利用的物质转化为可吸收利用的营养物质,也就是生物固氮、解磷、解钾和活化微量元素,提高土壤中养分的利用率;(2) 刺激作物的生长。有益微生物在代谢过程中能产生植物激素和抗生素,促进作物的生长和增强作物的抗病能力。影响微生物肥料有效性的内在因素是微生物的质量,必须选用优良的菌种而且要达到足够的数量,一般每



亩地应至少施入有益微生物 1 000 亿~3 000 亿个。在配制生物复合肥以及计算成品施用量时,一定要考虑有益微生物的引入量,数量过小,就无法表现出其有效性。

影响微生物肥料有效性的外部因素是土壤条件 and 环境因素。当肥料施入土壤后,土壤为休眠的微生物提供了复苏的条件,但微生物能否繁殖和旺盛代谢,取决于土壤的 pH 值、湿度、温度和通气性等条件以及养分含量(微生物与作物之间将会竞争养分)。另外,要弄清微生物和作物品种、土壤类型之间的关系,做到合理使用,如根瘤菌肥必须与相应的豆科植物种甚至品种接种才明显有效。此外化肥品种和配比也会对微生物的生存产生影响,甚至产生负面作用。有关生产工艺、装备、安全性等都有待进一步研究加以解决。因此,使用微生物肥料时必须选择高质量制剂和最佳使用方法、条件,以保证微生物肥料的显著效果。进入 WTO(世界贸易组织)以后,肥料市场不能单一的立足国内,更要面向世界,进入国际市场,更需要加快速度,规划和发展有中国特色和品牌的优质环保型生物肥料新品种。

21 世纪是生物肥料的时代,它们的原料是可再生的资源,降低了一次性矿物资源的消耗;它们的成分包含作物生长所需要的全面的营养要素和生产调节要素;它们的特征是有利于作物有效吸收;它们的使用有利于生态环境保护,有利于同其他农业技术(如水、土、种)相配合。总之,有利于可持续发展。绿色、环保生态,可持续发展的主题为生物肥料提供了广阔的舞台。而集各种养分功能于一身的具有高科技含量的综合性复合型生物肥料是肥料发展的方向,必将成为时代的宠儿。

三、发展生物肥料的重要意义

1. 有效地利用了大气中的氮素或土壤中的养分资源

据估计,全球生物固氮作用每年所固定的氮素大约为 130×10^9

千克,而工业和大气每年的固氮量则少于 50×10^9 千克,即依靠生物所固定的氮素是工业和大气每年固氮(如雷电对氮素的固定等)量之和的 2.6 倍,因此,开发和利用固氮生物资源,是充分利用空气中氮素的一个重要方面。从目前的研究结果来看,虽然微生物的固氮效率因土壤条件和菌种特性的不同而有较大差异,但这种作用的存在无疑是氮肥工业的一个有力补充。

2. 提高磷、钾化肥的利用率,降低了生产成本

由于土壤对磷肥有较强的固定作用,磷肥当季利用率只有 20% 左右,钾肥由于淋失较严重,其利用率也只有施肥量的 40% 左右。通过微生物肥料的大量使用,使作物根际土壤微生物活性加强,有效地活化了土壤中的无效态磷肥,减少了钾流失,提高了肥料的利用率,减少了化肥的流失。如何将土壤中的无效态磷、钾转化成可供作物吸收利用的有效态养分,一直为广大研究者所关注,生物肥料的应用,无疑为其提供了前提条件。

固氮生物能直接或间接利用光能将氮气转化为氨,且这种生产是就地发生的,不仅节约了肥料生产所需的能源和劳动力,而且又不必花费将所生产的肥料运往田间撒布的代价,同时节省了建造化工厂的费用等,可谓是一举多得。人类当前面临的最紧迫的问题是:粮食短缺、环境污染、能源枯竭,生物固氮有助于解决上述问题。微生物肥料在培肥地力、提高化肥利用率、抑制农作物对硝态氮和农药的吸收、净化和修复土壤、降低农作物病害发生、促进农作物秸秆和城市垃圾的腐熟利用、保护环境和提高农作物产品品质和食品安全等方面,已表现出了其独特的不可替代作用。国家已在“十一五”规划中对微生物肥料的研发应用提出新的要求,并将大力利用微生物的生命活动及代谢产物的作用,改善作物养分供应,为农作物提供营养元素、生长物质,调控生长、增强抗逆性,达到提高产量、改善品质、减少化肥使用量、提高土壤肥力。



3. 提高作物产量,改善了农产品品质

因化肥的过量施用,导致中国农产品品质下降,豆类及其制品口味下降,籽粒作物中氨基酸含量降低等。因此,减少化肥使用量,提高生物肥使用量对提高作物产量和改善农产品品质比增施化肥更加重要。根据有关研究结果,豆科作物增施根瘤菌肥,可提高籽实中蛋白质含量,长期使用可使根际土壤环境有明显改善,减少大豆生长期间的病害。但单纯施用生物肥效果较差,并可能造成减产。

4. 逐步减少环境污染,达到无公害生产

当前,由于过量使用化学肥料导致的环境污染问题已受到人们的关注。中国江河和湖泊等水体的富营养化污染主要来自农田肥料养分流失,其作用远远超过了工业污染,特别是氮磷营养的流失最为严重。而生物肥料由于其利用率高,并通过微生物的作用,提高了化肥的利用率,减少了化肥对农田环境的污染,从而保证了农田的生态环境,对农业的可持续发展起到了积极的作用。

我国政府已经充分认识到发展无公害微生物肥料的重要意义,并把加强农业环境保护和食物的安全生产作为我国 21 世纪农业科技发展的方向之一。微生物肥料的广泛应用在农业环境保护和动植物安全生产中将发挥越来越重要的作用。从 2006 年 8 月在山东泰山举行的第三届全国微生物肥料生产技术研讨会上可知,我国微生物肥料产业已初具规模,但相对于农业可持续发展的要求,还有待进一步加大研发与推广的力度。

四、肥料中微生物的作用

生物肥料制品中的活微生物起着关键作用。微生物的生命活动,一方面增加了对植物营养元素的供应量,从而提高植物产量;另一方面它们所产生的植物生长刺激素对植物产生刺激作

用,促进作物对营养元素的吸收,或者是拮抗某些病原微生物的致病作用,减轻作物病虫害,使产量增加。微生物作为肥料资源主要是由于它是自然界中唯一能够直接利用氮气的生物。空气中的氮气是所有生物的氮素来源,微生物通过固氮作用,把分子氮转化为氨态氮,部分供自己,另一部分供植物利用并进一步合成有机氮;同时通过微生物的降解作用,将生物的残余物变成植物可以利用的氮源和其他养料,实现生态平衡;其次,微生物参与地球化学循环过程,促进土壤的形成和熟化,促进无机元素的释放,为植物提供矿质营养,微生物扮演了天然肥料生产者的角色。植物的正常生长、发育和高产是与其遗传物质的组成和外部环境(如营养物质的供应情况、有益微生物和有害微生物的存在与否等多种复杂因素)有关的。土壤中固有的有益微生物包括可以释放刺激植物生长物质的细菌和真菌,也包括土壤中抑制有害微生物生长而起作用的微生物。一般来说,微生物直接促进植物生长的机制包括从大气中固氮,增加铁、磷等元素的吸收,合成促进植物细胞增殖的植物激素等。间接作用的机制则是有益微生物的生长耗尽了某种营养,或由于它释放出了某种物质抑制了有害微生物的生长。

1. 微生物对土壤肥力的特殊作用

微生物是一切肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。土壤是地下微生物的“容器”和活动场所,土壤之所以有别于岩石而成为活的“土壤生命有机体”,就是因为其中生长着大量具有适应性和活性的生物类群,这些生物对于养分元素的转换、储存和释放具有特殊的作用。倘若把土壤中的生物全部消灭,土壤便会变成没有活力的“死寂”或“老朽”土壤。在土壤-植物生态系统中,微生物对土壤肥力的作用至关重要。微生物一方面分解有机物质形成腐殖质并释放出养分,另一方面又转化土壤碳素和固定无机营养元素。土壤微生物对于系统中的养分循环和



植物有效性主要有两方面的作用：一是微生物自身含有一定数量的碳、氮、磷、硫元素等，可看成一个有效养分的储备库，土壤生物量（包括土壤微生物量和土壤动物生物量）本身就是一个养分贮藏库，具有“源与汇”的调控功能，它对土壤养分具有贮存和调节作用；二是土壤微生物通过其新陈代谢推动着这些元素的转化与活动。

最为大家熟知的能使土壤肥力增加的微生物当属根瘤菌。把豆科植物连根拔起，常可以看到这些植物的根上长着许多小疙瘩，这些小疙瘩就是由于植物根部被根瘤菌侵入后形成的“根瘤”。不过，这些“瘤状物”的存在不仅不会使植物生病，反而会不断地为植物提供营养。原来，根瘤菌侵入豆科植物根部形成“瘤状物”后，虽然在根瘤中它们是依靠植物提供的营养来生活的，但同时它们也把空气中的游离的氮气固定下来，转变成植物可以吸收利用的氮。这样，一个个小疙瘩就像建在植物根部的一个个“小化肥厂”。根瘤菌固氮的最大优点是它们与植物根系的“亲密接触”，使得固定下来的氮几乎能百分之百地被植物吸收，而不会跑到土壤中造成环境污染。近年来，微生物肥料领域的一个研究热点是所谓的“PGPR”，也就是植物根圈促生细菌，这类细菌生长在植物的根圈范围内，目前已经发现的至少有醋酸杆菌、产气单胞菌、自生固氮螺菌、枯草杆菌、荧光假单胞菌等数十种。这些细菌对植物的作用包括：分泌能促进植物生长的物质、控制植物病害、促进植物出芽、促进豆科植物结瘤和某些根瘤菌的生长等。如果我们通过深入研究，人为地加入某些人工培养的细菌来控制各种重要的经济作物的根圈促生细菌的品种和数量，就能最大限度地使它们朝着有利于提高作物产量的方向发展。试验表明，兼具固氮、解磷、解钾能力的微生物复合制剂可以减少氮肥投入 20%，减少磷、钾肥投入各 50%。总之，微生物肥料的使用不仅能降低化学肥料的使用量，防止土壤肥力

的退化,还可以保护环境。随着研究的深入,微生物肥料在新的世纪里将会得到更广泛的应用。

2. 微生物在自然生态系统中的作用

土壤微生物作为自然生态系统的基本组分,履行着主要分解者的作用,是物质循环的重要一环,推动着自然界养分元素的生物化学循环过程,是大自然中元素的平衡者。如果没有微生物的作用,物质循环过程便会中断,地球上的动、植物残体和废物也将堆积如山,生态系统就不可能持续发展下去,没有微生物,高等生物和人类也难以持续发展下去。同时,在土壤-植物生态系统中,特别是在植物根际微生物生态系统中,土壤微生物与土壤动物之间、微生物与微生物之间、微生物与植物之间、地下生物与地上生物之间存在着相互依存、相互竞争、相互拮抗的极为微妙和精巧的生态联系,不断发生能量与信息的交流与作用。在这些生态过程中,土壤微生物作为食物链的主要组分,起着积极的主导作用,以保持生态系统的正常运转和健康发展。

3. 微生物既是土壤的创造者,又是土壤的改造者

光秃岩石的风化也有微生物生命活动的一份功劳。如某些地衣、蓝藻、细菌等对岩石矿化起到了重要作用,有些硅酸盐细菌具有使沙子变成土壤的能力。然而,土壤的酸化对作物生长不利,原因有两方面:一方面与土壤本身的组成有关,如南方的红壤为酸性土壤,是农业生产的制约因素;另一方面与酸雨有关,这是全球面临的一个重要环境问题,在工业发达国家如日本,由于酸雨或其他因素造成土壤酸化,使 pH 值降低,引起土壤中的铝离子释放,致使蔬菜受害,对菜根的危害尤甚。为此,改良酸性土壤成为一个重要课题,传统方法是采用石灰中和以降低酸度。日本环境研究中心科研人员在研究过程中发现一种能改良酸性土壤的微生物,该微生物为一种黄色杆菌,能在低酸性(pH=3)和富含铝条件下生长繁殖。研究表明,该细菌能提高土



壤 pH 值(3.3~4.1),并降低铝离子浓度。因此,有可能将该菌研制成改良酸性土壤的菌剂,将其像石灰那样施于酸性土壤中起一定中和作用,这样有益于农业扩大生产。有关细菌吸收铝和中和酸性的机制以及它们是否受细菌基因支配等问题还需进一步研究。

五、生物肥料与有机肥料、无机肥料(化肥)三者关系

目前,我国农业耕地约 80%缺氮,50%缺磷(土壤有效磷少于 10 毫克/千克土壤),30%缺钾,有些土壤有机质不足 1%,所以种地离不开施肥。肥料通常分为化学肥料、有机肥料和微生物肥料(也叫菌肥)三大类。化学肥料简称化肥,是人们利用化学工业生产出的肥料,例如尿素、碳铵、过磷酸钙、氯化钾等,种类较多。有机肥俗称农家肥,是大自然中人畜生活中的“副产品”,含有有机质,特别是腐殖质,为植物提供各种养分。长期以来在肥料家族中只用有机肥和化学肥料两种。因为有机肥的不足,多年来人们只好施用化肥。近年来使用新型生物肥料已提上日程。微生物肥料与化学肥料作用机理是不同的。化学肥料是向植物提供各种营养元素,如氮、磷、钾各种微量元素,而微生物肥料中能够直接参与为作物制造营养的是各种根瘤菌肥料,但前提必须是肥料中的根瘤菌侵入豆科作物根部,与宿主形成根瘤后才行。化学肥料的应用对农业增产增收曾起到关键作用,然而长期施用化肥的后果是土壤肥力下降,有机质降低,在一定程度上影响了农产品的品质,并进一步带来了环境的污染。化肥的连施,腐殖质组成中胡敏酸下降,富里酸上升,腐殖质品质恶劣。例如在英国洛桑农业实验站向旱田连年施用了化肥,使土壤中的有机质含量和土壤微生物数量产生了显著差异(表 1-1)。另外,过度施用化肥后造成的污染如今已成为世界一大公害。1949—1981 年,我国肥料施用的总养分量,其中 $N:P_2O_5:K_2O=1:(0.4\sim$

0.46):(0.36~0.50),目前化肥的应用已达到世界消费量的 1/2,氮肥用量是世界水平的 3.8 倍。以氮肥为例,我国的平均施用量是美国的近 3 倍、澳大利亚的 8 倍多。“中国滥用化肥和农药造成的污染,尤其是氮污染,已经严重危害到人体健康和环境质量,中国过量使用化肥和农药已到极限。”由此带来了一系列负面影响:土壤中养分比例失调,致使农田生态环境、土壤结构受到不同程度的破坏,自然界生物多样性和生态系统稳定性降低,不合理施肥造成的水源污染在环境污染中的比例越来越大,农药、化肥的残留致使许多农产品出口受阻。据估计,目前我国每年因盲目使用浪费化肥约 100 万吨,折合人民币 5 亿元。认识到化肥的危害,世界各国都在借助高科技手段,寻求新的肥源,微生物肥料是研究的重点。土壤是由矿物质、有机质和微生物三大部分组成,微生物肥料正是基于这个原理开发的,是以土壤有益微生物,包括氮、磷、钾和刺激作物成长的菌种为核心的活性肥源和有机、无机物质及微量元素为基质载体组成的复合生物活性有机肥料。

表 1-1 化肥对土壤有机质含量以及土壤微生物数量的影响(每克土)

处理	C/%	N/%	细菌总数/个	真菌菌丝长度/米	原生动动物数量/个
无肥区	0.84	0.069	1.6×10^9	38	1.7×10^4
化肥区	1.00	0.115	1.6×10^9	41	4.8×10^4
厩肥区	2.59	0.251	2.9×10^9	47	7.2×10^4

“庄稼一枝花,全靠肥当家。”肥料是作物的“粮食”、“营养”,生物肥料与有机肥料、无机肥料三者构成了肥料的总体,对作物生长起着不同的作用。施用有机肥料是农业生产的基本组成部分,是我国几千年传统的施肥方式,它不仅可以为农作物提供全面的营养,促进作物生长,而且还可以改良土壤物理、化学和生物性状,熟化土壤,培肥地力。只施用有机肥料,可以维持土壤