

# 微生物在农业上应用研究的近况

罗 明 典

(中国科学院微生物研究所, 北京)

微生物与农业生产的关系十分密切。土壤中微生物对有机质的矿化、腐殖化作用, 以及固定大气中氮素的作用, 使植物获得赖以生存的营养。另一方面, 作物的生长又常常遭受病、虫、鼠、药等灾害的威胁。因此, 利用有益微生物和消除有害微生物的研究工作, 日益受到人们的重视。

## 一、有益微生物的利用

### (一) 固氮微生物

人们很熟悉的有两大类, 一是自生的, 一是共生的。二者不仅固定大气游离氮素, 而且能合成各种生物活性物质, 如维生素  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_6$ 、 $B_{12}$ 、泛酸、尼古丁酸、赤霉素、植物生长素等。苜蓿根瘤菌(*Rhizobium meliloti*)已作为维生素  $B_{12}$  生产菌应用于工业化生产。由于这类微生物(如自生固氮菌)对生物活性物质有较大的合成能力, 所以有人认为固氮菌对作物产生良好效果不只是因为它能固氮, 而更重要的是由于合成生物活性物质作用的结果。此外, 这类微生物还能产生杀菌物质, 如三叶草根瘤菌(*R. trifolii*)产生 Bacteriocin 对某些植物病原菌, 如燕麦根腐病病原菌(*Fusarium avenaceum*)具有拮抗作用<sup>[1]</sup>。某些自生固氮菌能合成门冬酰氨酶并具有抗癌活性<sup>[2]</sup>。

### (二) 自养微生物

除化能自养型外, 还有一类光能自养型, 如光合细菌及蓝藻等就是其中的典型代表。光合细菌应用的潜力, 总括起来有六方面:

1. 菌体蛋白质含量高, 约占 60%。在质量

上相当于酪蛋白, 类胡萝卜素、维生素  $B_{12}$  的含量也相当高。因此把它作为饲料或饲料添加剂是大有可为的。

2. 利用光合细菌处理废水, 既可除害, 又可得到菌体蛋白。

3. 利用光合细菌消除有毒物质, 免除对作物的危害。

4. 用于宇宙飞船上生产食物和处理废物。

5. 由于菌体含有铁氧还蛋白, 而在生命起源的研究中占有一定地位<sup>[3]</sup>。

6. 光合细菌的固氮作用, 在日本水稻田中得到实际应用, 并产生良好效果。基于这些工作所取得的进展, 开展光能自养菌的研究, 其意义是深远的。

### (三) 假单胞杆菌类

如溶胶假单胞杆菌(*Pseudomonas lequefaciens*)不仅在细菌冶金方面有一定价值, 而且在农业上可用作植物生长刺激剂。它与固氮细菌亦建立了互生联系<sup>[4]</sup>。它具有合成植物生长素和 B 族维生素的能力, 从而改善植物生长发育, 提高产量, 一般使作物增产 10% 以上<sup>[5]</sup>。假单胞杆菌的另一个种能使小麦高产<sup>[6]</sup>, 因此, 这类菌应用于农业上是有前途的。

### (四) 巨大芽孢杆菌类

这类菌在实际应用上有较广的用途。农业上作为磷细菌肥料生产菌, 不仅对含磷有机物有强大的分解力, 而且产生多种生物活性物质, 还有刺激固氮微生物生长和固氮作用以及刺激植物生长发育。这类菌不仅在农业上有它的实用价值, 而且可作为维生素  $B_{12}$  的生产菌株。

据报道,此菌还产生巨大芽孢菌素(Megacine),对某些微生物有致死作用。

### (五) 菌根真菌

它与高等植物建立共生关系。现发现这种内生菌(Endophyte)具有合成氨基酸、色素和其他复杂的有机物的能力。如从人参分离到这种内生菌的纯培养物,并得到其提取物,可以使农作物增产,但这种内生体究竟是什么真菌,还不清楚。近年报道菌根真菌如内囊霉具有溶磷能力,还能在缺磷土壤中与根瘤菌建立有益联系,促使热带豆类作物有效结瘤固氮<sup>[7]</sup>。最近发现通过原生质体途径使一种须腹菌(*Rhizopogon* sp.)吸收细菌而获得固氮能力<sup>[8]</sup>。

另外,还有一类微生物本身为植物病原菌。但是,利用它们和它们的产物,又可以达到“化害为利”的目的。

已知赤霉菌对水稻危害不小,但从其寄生菌得到产物——赤霉素,又成为农业上使用的一种良好植物生长刺激素。六十年代发现用交链孢霉(*Alternaria*)防治菟丝子产生良好效果,孢子附着菟丝子基部则迅速繁殖,经两天后菟丝子则死亡<sup>[9]</sup>。我国从菟丝子病死株上获得一种病原菌,系盘园孢属的一种(*Gloeosporium* sp.),定名鲁保1号,用于消灭大豆菟丝子效果很好。此外,锈菌(如 *Puccinia suaveolens*)防治农田中田蓟<sup>[10]</sup>、霜霉(如 *Peronospora camelinae*)防治亚麻田中的亚麻荠等亦产生良好效果,并且不危害其他农作物<sup>[11-13]</sup>。有意思的是,大豆根瘤菌产生一种毒性物质,具有广谱性杀杂草能力,但在土壤中过2—3天后迅速破坏而失效<sup>[9]</sup>。

## 二、病、虫、鼠害的微生物防治

### (一) 病害

一般指主要由微生物所引起的植物病害。这里仅举些研究成果来说明利用微生物控制病害的价值。

1. 细菌治真菌病: 溶菌假单孢菌(如 *Ps. mycolytica*)能使镰刀菌中一些病原菌溶解,对引起棉花黄萎病的大丽轮枝孢菌也有溶解作用,还能溶解引起小麦根腐病,长蠕孢菌(*Hel-*

*minthosporium sativum*),对禾本科植物、亚麻、松树幼苗、茶树等凋萎病菌亦有溶解作用。最近,发现溶真菌假单孢杆菌新种不仅对棉花凋萎病等有较好的防治效果,而且有益于种子萌发、植物生长发育,从而提高产量<sup>[14]</sup>。另一类细菌如噬菌假单孢菌(如 *Ps. mycophage*)防治棉花凋萎病亦有较好效果,这是因为该菌产生镰刀菌酸而引致的抑菌作用。某些根瘤菌、固氮菌、磷细菌和钾细菌对某些真菌病也有抑菌作用。

2. 真菌治真菌病,从木素木霉(*Trichoderma lignorum*)中筛选5个菌株用于防治棉花枯萎病,黄萎病,可使发病率从37.8%降低到11.7%。土曲霉(*Aspergillus terreus*)防治棉花枯萎病也有类似作用,可使发病率减少50%。

3. 细菌治细菌病<sup>[15-17]</sup>: 噬细菌蛭弧菌(*Bdellovibrio bacteriovorus*)主要寄生在一些革兰氏阴性细菌上。该菌首次由 Stolp. H 等<sup>[18]</sup>在1962年分离到。形体小(0.8—1.9×0.3 μ)能通过细菌过滤器,能运动。它广泛分布于土壤、污水及水田中。寄主为鼠伤寒沙门氏菌、假单孢杆菌、大肠杆菌等多种革兰氏阴性菌<sup>[19]</sup>。现在已把这种寄生菌做成制剂,可防治大豆假单孢杆菌(*Ps. glycinea*)引起的大豆叶斑病。对水稻白叶枯病黄杆菌(*Xanthomonas oxyzae*)也有噬菌作用,此菌对水源自净过程起重要作用。因此,有人把它作为测定污水的指标之一。

4. 噬菌体治细菌病: 有人用噬菌体来处理种子防治细菌性病害,如棉角斑病黄杆菌(*Xanth. malvacearum*),玉蜀黍萎蔫病杆菌(*Bacterium stewartii*)。也有用噬菌体防治植物细菌性溃疡病、马铃薯病害获得较好的效果<sup>[20]</sup>。噬菌体对烟草细菌性疫病菌和马合烟细菌性疫病菌有良好防治效果。噬菌体对水稻白叶枯病菌有效。但是噬菌体受一些自然因子影响而迅速钝化。因此,如何克服用噬菌体防治细菌性病害所遇到的困难,需要进一步研究。

5. 抗菌素治菌: 除有效霉素、多氧霉素防治水稻白叶枯病产生良好效果之外,另两种抗菌素: 农霉素(agrimycin)和蜡样菌素(ceresan)对水稻白叶枯病病原菌(*Xanth. oryzae*)致死率

达95—100%。近年,发现几种木霉属真菌所得到的—种抗菌素 trichotecin 对黄瓜白粉病菌及其他露菌科真菌均具有杀菌作用。对小麦根腐病亦有防治效果。此外,抗菌素 arenarin 防治番茄根癌病、黑斑点病、软腐病均有良好效果。可增产 10—42.5%。种子萌发率加快 1.5—2 倍,开花结果早熟 2—5 天。抗菌素 Imanin 对茄属中一些病毒病如番茄束顶病等有防治效果<sup>[21]</sup>。链霉菌(*Streptomyces* sp.)产生一种 Serimomycin,对植物病原真菌 *Alternaria kikuchiana*、*Sclerotinia cingulata* 等有抑制作用。

6. 噬藻体(cyanophage)或藻病毒(phycoviruses)灭藻类:噬藻体有类似蛭弧菌的性质,它能吞噬小球藻(*Chlorell*)等藻类<sup>[23]</sup>。这种噬藻体能使微胞藻(*Microcystis*)和念珠藻(*Nostoc*)某些种致死。在养鱼业中用这种噬藻体控制藻类的危害,是有一定意义的<sup>[24]</sup>。

为了更有效地消除病害,对那些有重大经济意义的病原微生物应加深其基础理论的研究,特别是生态学不可忽视。这是植保工作者的任务,也是微生物学工作者的艰巨任务。

## (二) 虫害

微生物治虫在国内外得到广泛的应用。这里列举一些最近所取得的成果来说明微生物用于治虫的价值:

1. 细菌:肉色假单孢菌(*Ps. carnea*)对棉铃虫幼虫的致死率达 90—100%。苏芸金杆菌的阿莱变种(*Bac. thuringiensis* var. *alesti*)具有广谱杀虫作用,防治鳞翅目、双翅目幼虫比一般细菌杀虫剂效果高 200 倍,比某些改进产品高 20 倍<sup>[25]</sup>。蜡螟变种(*Bac. thuringiensis* var. *galleriae*)所产生的外毒素( $\beta$ -外毒素)对家蝇有很高的致病力。甚至此毒素随着牲畜饲料经过肠道排泄后仍具杀虫力。该菌对蝗虫科象鼻虫和其他害虫亦有很高的致病力。

近年发现苏芸金杆菌和巨大芽孢杆菌芽胞壁物质,类似苏芸金杆菌内毒素。对某些害虫幼虫有毒害作用<sup>[26]</sup>。另一类芽孢杆菌(*Bac. alvei*、*Bac. cilulance*、*Bac. spaerians*、*Bac. cereus* var. *suroi*)防治蚊幼虫(孑孓)有效<sup>[27]</sup>。森田芽

孢杆菌(*Bac. moritai*)对锯蝇有较高的致病力。苏芸金杆菌的两个菌株能杀死伊蚊幼虫,而球状芽孢杆菌能杀死伊蚊、库蚊和按蚊幼虫<sup>[28]</sup>。

2. 病毒:美国试验了 300 种病毒用于害虫的生物防治。加拿大研究了用松叶蜂繁殖多角体病毒的简易方法。还研究了在合成培养基和天然培养基上繁殖昆虫获得病毒的方法。有人从棉花夜蛾幼虫分离出效力高、特异性强的核多角体病毒(NPV),在实验室条件下对害虫的致死率达 100%<sup>[22]</sup>。从罹病棉铃虫得到的 NPV,防治效果与化学农药相比拟。寄主昆虫 25 代后对它不产生抗性<sup>[29]</sup>。近来,对昆虫细胞和组织培养扩大了研究,以昆虫病毒感染继代培养获得成果。美国成功地用组织培养法培养出核多角体病毒,它可使棉铃虫、烟草夜蛾、紫花苜蓿尺蠖及甜菜害虫致病<sup>[29]</sup>。至目前为止,认为利用病毒防治鳞翅目害虫是最有前途的。我国上海昆虫研究所从自然死亡的桑毛虫尸体中分离到一株多角体病毒,室内外试验均有很高的致病力。喷施 19 天后桑毛虫幼虫死亡率达 98.4%<sup>[30]</sup>。

3. 真菌:发现一种寄生真菌如 *Coelomomyces* (系芽枝菌目雕食虫菌属)对防治蚊子幼虫有良好的效果。黄曲霉产生的毒素对库蚊有毒害作用。

4. 抗菌素:从吸水链霉菌获得一种新的聚醚抗菌素(Emercid),用 0.006—0.02% 浓度,可以扑灭家禽球虫病。日本从一种链霉菌中得到一种抗菌素 Monensin A. B. C,它对人、畜、植物均无药害,唯有对害虫、特别是壁虱以及产生抗药性的害虫均有良好的毒杀力,在水稻用试用成功。

5. 藻:发现从刚毛藻属和轮藻属的某些藻中提取的杀蚊素(larvicid),对防治蚊幼也是有效的。

## (三) 鼠害

微生物治鼠是一条行之有效的途径,但对其安全性问题亦有不同看法<sup>[31]</sup>,目前苏联主要采用的沙门氏菌属中某些种,在实际应用中得到了推广,未发现对人畜有毒害现象。生产上

通常应用的杀鼠菌有四种：①伊萨琴科菌(*Salmonella decumanicidum*)，②米列日柯夫斯基菌(*Sal. typhi spermophilorum*)、③普罗霍夫菌(*Sal. typhimurida rodentica* 5170)。普罗霍夫菌已在某些国家得到应用，后发现对人畜有不安安全现象，④达尼契菌(*Sal. danysz*)这些细菌制成的杀鼠剂，对鼠具有广谱致死作用，一般死亡率80—100%。并且可以长期保持菌的毒力。造成鼠类大量死亡是由于细菌释放大量毒素所致。如果提取这种毒素，并加入到天鼠菌剂中施用，则可缩短鼠流行病的潜伏期，引起鼠类急性发病。实验证明，这种细菌毒素对人畜均无毒害，这倒是一个值得注意的趋势。

除细菌外，近年青海生物研究所在鼠痘病毒防治小家鼠的研究中，亦获得良好结果，死亡率达100%，小家鼠呈急性死亡。

### 三、环境保护

某些化学农药的施用和工厂的“三废”对生活环境和耕作土壤造成“公害”。研究有毒物质的微生物转化，实行综合利用，变害为益，这也是微生物应用研究的重要内容。

假单孢杆菌某些种如溶胶假单孢杆菌对含氰化合物有氧化力。另外还可以利用它的代谢产物浸出金，加入 $\text{Na}_2\text{O}$ 时，更能强化该菌的浸金率；最近，在假单孢杆菌属中另一种，如*Pseudomonas* sp. No 62具有利用和降解杀虫剂666(lindane)的能力<sup>[32]</sup>。菜豆根瘤菌(*Rh. phaseoli*)不仅与本宿主豆科植物行共生固氮作用，而且此菌的不同菌株对某些酚类化合物具有较强的降解力，如对儿茶酚的效果达99—100%。大豆根瘤中的类菌体亦有利用酚类化合物能力。芽孢杆菌中的枯草杆菌、马铃薯杆菌(*Bac. mesentericus*)能把己内酰胺水解成 $\gamma$ -氨基卡布隆酸。德阿昆哈假单孢菌(*Ps. dacunhae*)和活跃杆菌(*Bact. agile*)也有类似作用。最近还分离到一种芽孢杆菌(*Bacillus* sp.)、棒状杆菌(*Corynebacterium* spp.)、和假单孢杆菌(*Pseudomonas* spp.)等对除莠剂——三氨基-1、2、4三唑(amitrole)具有降解力<sup>[33]</sup>，日本发现酵母和蛇皮癣菌

对剧毒聚氯联苯(Polychlorinated biphenyl, PCB)有分解能力。分解率分别为40%、30%，某些假单孢杆菌对消除PCB也有良好效果。美国在实验室条件下发现互生毛霉(*Mucor alternans*)对DDT有同化力，它能使DDT降解，至少产生两种不含氯的水溶性产物。欧氏植病菌的一个种能使DDT分子在乙烷部分脱氯。某些真菌和链霉菌也有类似的脱氯作用。目前还在继续研究该杀虫剂为什么在自然条件下难以降解，而仅在实验室里具有降解力<sup>[34]</sup>。近年，对微生物破坏土壤3.4苯并芘致癌物的能力以及用微生物(包括藻类)改良红壤和盐碱地的作用均引起了注意<sup>[35]</sup>，上述这些成果，说明微生物对那些人为造成的环境污染物的消除起着有益的作用。

开发新的微生物资源。土壤里蕴藏着极其丰富的微生物资源。目前用于工业化生产的某些生产菌也主要来自土壤，然而对土壤中的微生物的了解是很有限的，有人认为，已知土壤中的微生物只少数被人们发现，尚有大量未被发现。寻找有经济效益的新种是大有可为的。除上面谈到的光合细菌、固氮微生物、假单孢杆菌之外，螺旋蓝藻(*Spirulina*)和小球藻等均系很有价值的微生物，它们用作饲料添加剂及人的食品是大有可为的：

1. 它们的细胞蛋白质含量达45—65%，最高者达72%。所含维生素 $\text{B}_{12}$ 、维生素C以及胡萝卜素等也相当高。
2. 吸收 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 及有机物质等，使空气、环境净化。
3. 由于它们有很强的嗜碱性，有可能用来改造盐碱地<sup>[36]</sup>。从对土壤微生物的利用来看，土壤微生物学，也可以叫做资源微生物学。

### 四、结束语

微生物的生命活动及其代谢产物同农业生产有着密切的联系。它的有益性不仅表现在增强土壤肥力，提供植物营养，促进作物良好生长发育，为农业增产发挥它的重要作用，而且以其巨大的繁殖力和生物合成能力为人类提供许多有价值的产物。随着现代科学技术的发展，科

学研究工作的深入,微生物蕴藏的潜力必将得到大力开发,为农业生产做出更大的贡献。

### 参 考 资 料

- [1] Schwinghamer, E. A.: *J. Gen. Microbiol.*, 91(2):403—413, 1975.
- [2] Gaffav, S. A. et al.: *Appl. Environ. Microbiol.*, 33(3):508—514, 1975.
- [3] Hall, D. O. et al.: *Nature*, 233(5314):136—138, 1971.
- [4] Креслянь, Д. Я.: Микроорганизмы и Растения, 18—24, Рига, 1972.
- [5] Межараупе, В. А. и др.: Микроорганизмы и Растения, 67—70, Рига, 1972.
- [6] Смалий, В. Т.: Получ и Примен. Бактериальн. Удобрение, Изд. АНУССР, 1958.
- [7] Grush, J. R.: *The New Phytol.*, 73(4):743—752, 1974.
- [8] Marx, J. I.: *Ser.*, 193:380, 1977.
- [9] Чесалин, Г. А.: Сорные Растения и Борьба с ними, 203—238, Москва, 1975.
- [10] Захаренко, В. А.: *С/Х. За Рубежом*, 12: 2—18, 1975.
- [11] Smith, R. J. et al.: *The Rice J.*, 76(10):16—17, 1973.
- [12] Smith, R. J. et al.: *The Rice J.*, 77(9):22, 1974.
- [13] Templeton, G. E. et al.: *The Rice J.*, 77(7):29—30, 1974.
- [14] Panteleyev, A. A. et al.: *Agricul. Biol. (USSR)*, 4:564—570, 1973.
- [15] Mishustin, E. N.: *Proceed. USSR. Acad. Sci. Biol. Ser.*, 3: 423—426, 1970.
- [16] Mishustin, E. N. et al.: *Proceed. USSR. Acad. Sci. Biol. Ser.*, 1: 149—150, 1972.
- [17] Mishustin, E. N. et al.: *Proceed. USSR. Acad. Sci. Biol. Ser.*, 4:541—548, 1974.
- [18] Stpolp, H. et al.: *Phytopathol. Z.*, 45(4):364—370, 1962.
- [19] 藤井博: 植物防疫, 28(5): 1—2, 1974.
- [20] Коновалова, С. М. и др.: *Микробиол.*, 46(1): 134—136, 1977.
- [21] 依兹拉依尔斯基, В. П.: 植物细菌病害, 46—47, 财经出版社, 1955.
- [22] Федоринчик, Н. С.: Защита Растений, 3: 20—24, 1971.
- [23] Gramov, B. V.: *Acta Protozool.*, 70(20):263—267, 1970.
- [24] Desjardis, P. R.: *Agr. Research*, 23(2):15, 1974.
- [25] Dulmage, H. J.: *J. Invertebrate Pathol.*, 15(2): 232—239, 1970.
- [26] Barker, A. N. et al.: (ed): *Spore Research*, 257, 1974.
- [27] Morita, J.: *U. S. Patent*, 3,651,215.
- [28] Jgnoffo, C. M.: *Exp. Parasit.*, 53(2): 380—406, 1973.
- [29] *Science News*, 106(6): 88, 1974.
- [30] 朱国凯等: 微生物学报, 15(2): 93—100, 1975.
- [31] Wodziski, K.: *Bull. WHO.*, 48(4):461—467, 1973.
- [32] Tu, C. M.: *Arch. Microbiol.*, 108(3): 259—263, 1976.
- [33] Campacci, E. F. et al.: *Nature*, 266(5598): 164—165, 1977.
- [34] Chem. Week, 114(21): 39, 1974.
- [35] Chhonkar, P. K. et al.: *Plant Soil*, 35(2): 449—451, 1971.
- [36] Анисимов, О. Л. и др.: *ЖБХОМ.*, 17(5): 560—563, 1972.