

# 细菌在植物病害生物防治上 应用研究的进展

何礼远

(中国农科院植保所)

以生物防治为手段来控制农作物病害的尝试, 早在本世纪三十年代就已开始, 但是在相当长一段时间中处于停滞不前的状态。近十多年来, 植病生防的研究进展明显地加快了, 在有些国家如澳大利亚和美国等, 已成为一个热门学科, 可望在植物病害的防治上走出一条新路。

在植病生防上可供利用的微生物种类和其他生物因素很多, 包括真菌、放线菌、细菌、噬菌体、病毒甚至高等植物等等。七十年代初Kerr (1973) 在澳大利亚试验利用放射土壤杆菌 (*Agrobacterium radiobacter* K84) 防治植物根癌病 (*Agrobacterium tumefaciens*) 获得成功, 引起人们越来越大的兴趣。据1980年不完全统计, 利用有益细菌的试验例次占到所有有益生物和其他措施试验总数的22.6%。

细菌的种类和数量众多, 在植物的根际和地上各部分都大量存在, 许多益菌与植物建立了密切的相互关系, 对植物生态环境比较适应, 成为植物根围和叶围的长期“居民”。细菌繁殖速度惊人, 在适宜条件下, 几十分钟就分裂繁殖一次, 一天之后便有数千万个后代。这对于它们占领空间和生存竞争无疑是很有利的。细菌大都可以人工培养, 便于控制, 故有可能通过人为地调整农业生态环境, 促进有益细菌种类发展, 限制或削弱有害微生物的竞争能力。因此, 可以说细菌在植病生防中具有无比的潜力。

## 一、细菌对植物病原物的作用机制

目前已明确细菌在植病生防中的作用机制大体有四种形式:

(一) **竞争作用** 有些细菌种类之所以对栽培植物具有防病保护作用, 主要由于它们具有超过植物病原物的竞争能力, 包括营养物质的争夺, 物理位点和生物学位点的抢占, 以及氧气的竞争等。

(二) **拮抗作用** 主要指由于细菌的同化作用产生能抑制有害病原物发展的抗菌物质, 包括细菌素、蛋白酶类等等。

(三) **寄生或“捕食”作用** 有的细菌可以侵袭到植物病原微生物的体内, 从后者获取营养, 藉以生存和繁殖。寄生性蛭弧菌的生活方式就是最典型的例子。

(四) **植物的诱导抗性** 采用非亲和性病原物或其他因素, 诱导寄主植物产生抗性, 保护或减轻植物受亲和性病原物的侵害。

## 二、以细菌治病的主要进展

### (一) 放射土壤杆菌

用K84菌系防治根癌病是最成功的例子。从1973年起即开始用于田间防治实践,并商品化。除在澳大利亚推广外,还在新西兰、美国和希腊等国采用。主要用于桃、巴旦杏、樱桃、葡萄以及玫瑰等栽培植物根癌病的防治。推荐的使用方法是高浓度的菌液处理种子、根或插条。其防效据报道在澳大利亚曾达100%。K84菌系的作用机制主要是能产生一种核苷酸细菌素,称为土壤杆菌素84(或农杆菌素84,即agrocin84),其对根癌菌具有拮抗作用,也可能具有竞争作用和诱导抗性作用。存在问题是,该菌系主要对根癌菌生化型Ⅱ号有较好效果,而根癌菌生化型Ⅰ号的一些菌株和生化型Ⅲ号对其不敏感。此外,放射土壤杆菌K84菌系产生土壤杆菌素84的质粒,在有胭脂碱(nopaline)存在的情况下,很容易通过天然结合作用被转移到根癌病菌上去。如果防治不彻底,有一定数量的根癌病菌存在时,此种生物碱可在癌病组织中合成,导致土壤杆菌素84的质粒向根癌病菌转移,使后者产生抗性,防治就失去效果。

### (二) 荧光假单胞菌

这类细菌大量存在于植物根围,又称根际细菌(Rhizobacteria)。具有突出的防病和增产作用。防治小麦全蚀病(*Gaeumanomyces graminis*),棉花幼苗猝倒病(*Pythium ultimum*)和马铃薯软腐病(*Erwinia carotovora*)等试验,取得一定效果。其作用机制随条件不同表现为对土壤中的铁或植物的位点的竞争作用,或者产生抗菌素(如Pyoluteorin)。由于它们都是土壤习居菌,很适应于植物根围的环境,如果创造条件,以提高其竞争能力,许多病原物将不是它们的对手。

### (三) 芽胞杆菌(*Bacillus* spp.):

此类细菌的研究很多,不仅有防病作用,而且具有明显的促生(growth-promoting)增产效果。国内外试用芽胞杆菌防治植物病害非常广泛,有马铃薯疮痂病、苹果红癌病(*Nectria* sp)、小麦全蚀病、赤霉病以及其他许多土传病害和地上部病害。施用方式有种子或播种材料细菌化处理,也有作叶面喷洒。对它们跟植物种子、块根块茎、幼苗以及其他微生物之间的相互作用关系,目前还不完全清楚。这类细菌的特点是生成内生芽胞,抗逆能力强,在土壤中和植物表面存在普遍。目前利用于生防的种类已知有枯草芽胞杆菌(*B. subtilis*),多粘芽胞杆菌(*B. polymyxa*),蜡状芽胞杆菌蕈状菌变种(*B. cereus* var. *mycoides*),以及其他一些种类。

### (四) 草生欧文氏菌(*Erwinia herbicola*)

此类菌在植物表面存在普遍,据试验,用它来防治梨火疫病,以浓度为 $10^8$  CFU/ml的菌悬液作喷射,与使用浓度为 $100\mu\text{m}/\text{ml}$ 的链霉素的效果相等。此菌还试用于柑桔溃疡病以及冻害的防治。目前草生欧文氏菌的报道比较零散,对它的防病作用尚难作出评价。

### (五) 黄杆菌(*Flavobacter* sp.)

此菌为革兰氏阴性叶围细菌。据Verma等(1978)报道,此菌对防治棉花角斑病有效。只有温室接种试验,未见到田间试验的报道。

### (六) 植物病原细菌用于植病生防的尝试

植物病原细菌在其进化过程中与植物确立了密切的关系,有一定的专化性和寄主范围,

即对有的植物种类为亲和的,对另外种类为非亲和的。近年人们试图利用非亲和的病原细菌去防治非寄主上的致病菌。研究的事例非常多。值得一提的是Strobel的研究,把丁香假单胞菌(*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)的一个菌系DC27+ (NRRLB-12050)用于田间预防或治疗荷兰榆病害,并于1981年已报了专利。他还报道此菌能产生含14个氨基酸的多肽抗菌素,无论使用活菌或使用提纯的抗菌素都同样具有防病效果。

利用植物致病菌来控制非寄主上的病害是可以探索和试验。特别是利用致病菌防治杂草已有一些成功的事例。但是,田间应用必须十分谨慎,因为在自然条件下有许多因素如昆虫、流水等,都可能把非寄主上的致病菌传播或扩散到寄主植物上去引起危害。此外,还存在着致病菌的致病决定因子向腐生菌转移的可能性,因此对于防病有效的致病菌的遗传特性亦必须注意。

#### (七) 寄生性蛭弧菌 (*Bdellovibrios* Spp.)

德国Stolp在六十年代初偶然发现这种细菌在培养基平板上对菜豆晕萎病菌(*Pseudomonas phaseolicola*)引起透明的溶菌斑。此菌呈弧状到杆状,体较小,一般 $0.25-0.4\mu\text{m}\times 1-2\mu\text{m}$ ;革兰氏阴性,有鞭毛,着生于菌体一端;运动速度快,这种小细菌对寄主的侵袭是非常特殊而有趣的。它首先是猛烈地碰撞寄主,撞击寄主大约两秒钟后使用无鞭毛的一端附着于寄主细胞上,然后在寄主细胞壁上钻孔。蛭弧菌穿透进入寄主细胞后便留在寄主的胞壁和胞膜之间,靠渗透作用获得营养,大约一小时后发展为丝状细胞,并形成分隔,断裂为子细胞,最后逸出体外,使寄主细菌仅存一个空壳。

国外曾以蛭弧菌测试过黄单胞菌属,欧文氏菌属,土壤杆菌属和假单胞菌属的120个植物病原细菌菌株,证明都有溶菌作用。日本Uematsu等(1979)曾分离一株蛭弧菌,针对水稻白叶枯菌和软腐病细菌进行室内试验,表明具有一定效果。

利用蛭弧菌控制植物病原细菌看来存在一些限制因素。寄生性蛭弧菌种类只能在有寄主存在时才能存活,其增殖系数比其他寄生物低得多。蛭弧菌的寄主范围太广,甚至土壤中的有益固氮菌和根瘤菌等都对它很敏感。因此,应用时,不能不考虑其对农业生态体系中微生物区系的影响。

#### (八) 植物诱导抗性的研究

利用生物的和非生物的因素诱导植物提高抗病性,近年来在国外已引起广泛的兴趣。其中不少研究是用病原细菌的无毒菌系或者寄主的非亲和细菌,使植物产生过敏性反应和其他保护性反应,以提高植物寄主的抗病力。美国人(1981,1982)研究用无毒的青枯菌突变株处理番茄幼苗和马铃薯块茎,表明在一定程度上可以提高寄主抗青枯病的能力。

关于植物诱导抗性的机制问题,研究证明与植物凝结素、植物保护素等有密切关系,但尚无突破性进展。在病原细菌方面,已证明青枯病细菌细胞壁表层的脂多糖中的脂质A(Lipid A)是引起烟草保卫性反应的诱导体。

### 三、细菌在植病生防上应用的前景

在农业生态系中有益的微生物种类很多,可用于植病生防的细菌资源非常丰富,特别是从根围细菌中发掘有益的种类具有很大潜力。根围细菌是土壤中的“长住户”,对土壤环境适应能力强。可以通过调节农业生态环境,促进有益根围细菌的生长、繁殖,提高其与有害

微生物的竞争力,起到防病增产作用。

植物诱导抗性的利用亦具有乐观的前景。在植病生防中无论是病害的减轻或产量品质的提高,都是要通过栽培植物来反映的。用诱导方法来提高寄主植物的抗病能力,比起利用植物的固有抗性(抗病育种)来,可以更大地发挥人们预防植物病害的主动性。

在植病生防研究中,除了要注意那些危害性明显的重大病害,要特别注意有益细菌对次要病害或微侵染病原(Minor pathogens)的有效作用。有时可能正是由于有效地控制次要病原物,才使得农作物产量获得显著的提高。

此外,在重视田间防效,广泛寻找益菌的同时,不能忽视基础理论的研究,如有益细菌的生态学、生理学和作用机制。这样可以减少盲目性,使植病生防这一新兴学科的发展更快、更富有成果。

### 主要参考文献

- [1] Baker, K. F. and J. R. Cook 1974 W. H. Freeman and Co., San Francisco, 330pp.
- [2] Blakeman and N. J. Fokkema 1982 Ann. Rev. Phytopath. Vol. 20: 167—192.
- [3] Goodman, Robert N. 1967 Phytopath. Vol.57, No.1: 22—24.
- [4] Goto, Masao, Yuji Taduachi and Norio Okabe 1979 Annals Phytopath. Soc. Japan 45: 618—624.
- [5] Keer, A. 1980 84. Plant Disease 64 (1): 24—30.
- [6] Kempe, J. A. 1982 M. S Thesis, Univ. of Wisconsin, madison. 75pp.
- [7] Kuc, J, and S. Richmond 1977 Phytopath. Vol 67: 533—536.
- [8] Lum, Keng-Yeang 1981 Ph D Thesis, Univ. of Wisconsin, Madison, 134pp.
- [9] Main, C. E. 1968 Phytopath. Vol. 58: 1058—1059.
- [10] Moore, Larry W. 1979 Ann. Rev. Phytopath. Vol.17: 163—179.
- [11] New, P. B., and A. Keer 1972 J. Appl. Bacteriol. Vol 35: 279—287.
- [12] Schroth, N. Milton, and J. G. Hancock 1981 Ann. Rev. Microbiol. Vol. 35: 453—476.
- [13] Sequeira, L., G. Garrod and G. A. Dezoeten 1977 Plant Pathol. Vol.10: 43—50.
- [14] Stolp, H. and H. Petzold 1962 Phytopathol. Z. Vol.45: 364—390.
- [15] Stolp, H. 1973 Ann. Rev. phytopath. Vol. 11: 53—76.
- [16] Uematsu, Tsutomu and Kan-ichi Ohata 1979 Annals Phytopath. Soc. Japan 45: 147—155.
- [17] Utkhede, R. S. and J. E. Rahe 1981 Phytopath. Vol.71 No.2: 262.
- [18] Verma, J. P., H. D. Chowdhury and R. P. Singh 1978 Proceedings of the IVth International Conference on Plant Bacteria. II: 795—802.
- [19] Vidaver, Anne K. 1976 Ann. Rev. Phytopath. Vol.14: 451—465.
- [20] Vidaver, Anne K. 1982 In "Phytopathogenic Prokaryotes" Vol II: 387—397.

## ADVANCES OF RESEARCH AND APPLICATION OF BACTERIA IN BIOLOGICAL CONTROL OF PLANT DISEASES

HE Liyuan

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences)

Some newer achievements and advances concerning research and application of *Agrobacterium radiobacter* K 84, fluorescent pseudomonads, *Bacillus* spp., *Erwinia herbicola*, phytopathogenic bacteria, and induced resistance in biological control for plant diseases were briefly reviewed and discussed. Some suggestions or considerations were proposed as well.