

生防芽胞杆菌脂肽抗生素研究进展

邓建良^{1,2}, 刘红彦^{1*}, 王鹏涛¹, 李国庆²

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002; 2. 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070)

摘要 本文对生防芽孢杆菌脂肽抗生素的类群、特性, 脂肽抗生素合成相关基因的基因工程研究以及脂肽抗生素的分离纯化、鉴定进行了概述。最后对该类抗生素的研究前景进行了展望。

关键词 芽孢杆菌; 脂肽抗生素; 基因工程

中图分类号: Q 939.92 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2010.03.005

Advances in lipopeptides from *Bacillus* spp.

Deng Jianliang^{1,2}, Liu Hongyan¹, Wang Pengtao¹, Li Guoqing²

(1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract The types and properties of lipopeptides from *Bacillus* spp., genetic engineering of lipopeptide synthesis-related genes, isolation and identification of the lipopeptides were described in this paper. The potential applications of this kinds of antibiotics were finally presented.

Key words *Bacillus*; lipopeptides; gene engineering

目前应用于生物防治的芽孢杆菌种类主要有枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、解淀粉芽孢杆菌(*B. amyloliquefaciens*)、多黏芽孢杆菌(*B. polymyxa*)、蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*)、地衣芽孢杆菌(*B. licheniformis*)、巨大芽孢杆菌(*B. megaterium*)、短小芽孢杆菌(*B. pumilis*)和短芽孢杆菌(*B. brevis*)。通过同化作用产生抗菌物质, 抑制有害病原物的生长或者直接杀灭病原物, 是生防芽孢杆菌防治植物病害的重要机制之一。芽孢杆菌产生的拮抗物质主要有抗生素、抗菌蛋白及挥发性抗菌物质等, 其中脂肽抗生素是一个较大的类群。已报道的脂肽抗生素生产菌株很多, 并且其田间应用生物防效良好。日本东京研究所研发的商品菌*B. subtilis* RB14 和美国 Taensa 公司研发的商品菌 *B. amyloliquefaciens* FZB42, 主要用于防治农作物的枯萎病和根腐病。我国南京农业大学开发了 *B. subtilis* G1 和 *B. subtilis* B3, 前者主要用于防治辣椒病毒病和烟草病毒病, 后者用于防治小麦纹枯病^[1]。脂肽抗生素由于结构多样, 理化性质稳定, 对

植物病原真菌、细菌、病毒、昆虫等具有生物活性, 并且抑制或杀死病菌机制形式多样。最近的研究还表明脂肽抗生素有助于产生菌在植物根部的定殖, 增强其生态环境适应性, 在激发植物防御机制过程中也能起到关键作用, 因此被称为植物病害生物防治中的万能武器^[2]。

1 生防芽孢杆菌脂肽抗生素的种类及特性

脂肽抗生素产生不以 mRNA 为模板, 不以 tRNA 为运输工具, 而是利用 20 种氨基酸以外的其他化合物, 通过非核糖体多肽合成酶(nonribosomal peptide synthetases, NPRS)合成其活性产物^[3]。NPRS 是已知分子量最大的多酶复合体, 可以识别特定的氨基酸, 将其直接连接形成多肽链。脂肽抗生素这种特殊的生物合成机制决定了其具有氨基酸组成和分子形式的多样性特点:一般分子量较小, 含有脂肪酸、D-氨基酸等特殊氨基酸, 分子形式多种多样, 但它们的氨基酸序列表现出高度的相似性, 一般由一个 7~10 个氨基酸组成的肽链结合一个脂肪酸或者和一个含羟基的脂肪酸组成, 生防芽

收稿日期: 2009-04-21 修订日期: 2009-11-05

基金项目: 河南省重大科技攻关项目(082101110400); 河南省农科院科研专项资金项目

* 通信作者 Tel: 0371-65730166; E-mail: liuh1219@163.com

胞杆菌脂肽抗生素包括三大类群:表面活性素类(surfactins)、伊枯草菌素类(iturins)和丰原素类(fengycins)。表面活性素类群的脂肪酸碳链长度为13~16个,具有LLDL LDL手性的七肽通过一内酯键与脂肪酸链碳原子的 β -羟基相连,其在水溶液中分子成“马鞍状”构象,该家族成员包括枯草芽孢杆菌产生的表面活性素(surfactin),地衣芽孢杆菌产生的地衣芽孢杆菌素(lichenyishin),短小芽孢杆菌的表面活性剂pumilacidin、埃斯波素(esperin),其中地衣芽孢杆菌素、pumilacidin、埃斯波素主要应用于制药工业和环境治理^[4-6]。伊枯草菌素类群包括伊枯草菌素(iturin)A、B,杆菌抗霉素(bacillomycin)D、F、L,抗霉枯草菌素

(mycosubtilin)以及bacillopeptins A、B、C^[7-10],其脂肪酸链碳链长度一般为14~17个,具有LD-DLLDL手性7个强极性氨基酸短肽的N端氨基通过形成肽键与脂肪酸链羧基相连。丰原素类群包括丰原素(fengycin A、B)和制磷脂素(plipastatin A₁、A₂、B₁、B₂),脂肪酸链碳链长度一般为14~18个,8个氨基酸成环,线状部分包括2个氨基酸和脂肪酸链^[11-12]。另外还有海洋环状芽孢杆菌(*Bacillus circulans*)代谢产生的结构类似于surfactin的脂肽抗生素和苏云金芽孢杆菌CMB26(*Bacillus thuringiensis* CMB26)产生的结构类似于丰原素的脂肽抗生素^[13-14]。部分脂肽抗生素结构示意图见图1。

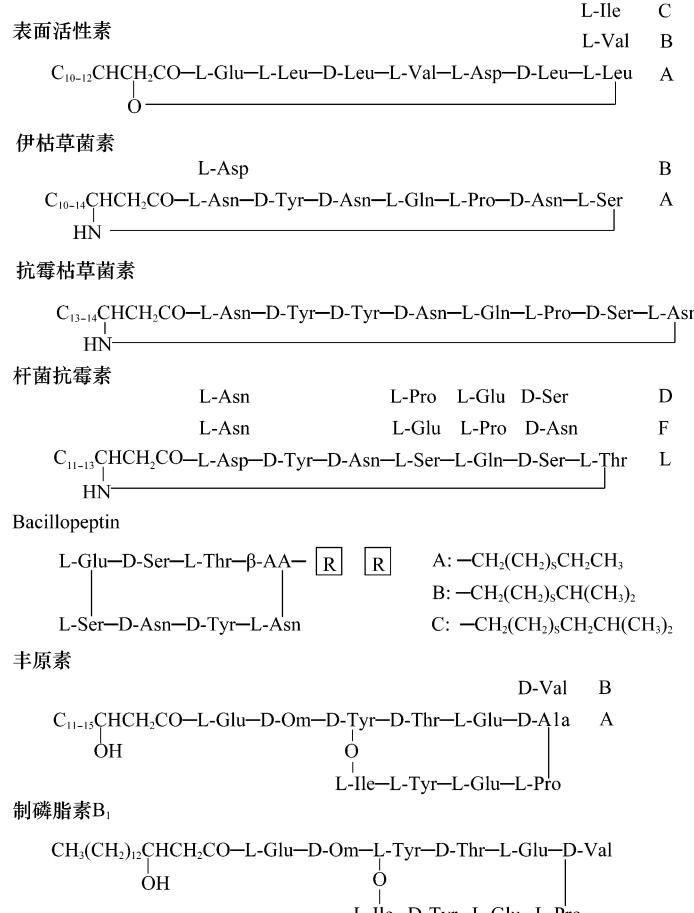


图1 脂肽抗生素结构图

表面活性素作为表面活性剂能与病毒的脂质膜发生物理化学交互作用,具有与去污剂相似的作用机理,通过与磷脂双层相互作用形成离子通道,破坏膜的结构,导致细胞内容物的释放而最终引起细胞的死亡^[15]。伊枯草菌素通过小囊泡的形成和内膜

颗粒聚集来干扰真菌细胞质膜功能,促进释放电解质、大分子物质以及降解磷脂,导致细胞死亡^[16]。丰原素能够抑制磷脂酶A2和芳香酶的活性,抑菌区域中的新生菌丝顶端或者分枝顶端膨大,呈淡黄泡囊,部分泡囊破裂后,细胞壁内含物流出,造成菌

丝细小、断裂等^[17]。另外研究表明表面活性素与伊枯草菌素、制磷脂素存在协同效应,能够有效地增强

后者的抑菌活性。部分脂肽抗生素特性介绍见表 1。

表 1 生防芽孢杆菌脂肽抗生素特性介绍

类别	脂肽抗生素	来源菌株举例	生物活性	部分理化特性
表面活性素类	表面活性素 A、B、C	<i>B. subtilis</i> HOB2 ^[18]	抑制少数植物病原	白色针状晶体,微溶于水,可溶于碱
		<i>B. amyloliquefaciens</i> FZB42	真菌、多种细菌、病毒,具杀虫作用 ^[20]	液和大多数有机溶剂,如甲醇、乙醇。
		<i>B. megaterium</i> ^[19]		两性分子,具强烈的表面活性
伊枯草菌素类	伊枯草菌素 A	<i>B. subtilis</i> RB14	强烈抑制植物病原	无色粉末,不溶于水,可溶于甲醇。
		<i>B. amyloliquefaciens</i> FZB42	真菌,部分细菌,具	耐高温,耐酸,对蛋白酶 K 不敏感
		<i>B. megaterium</i>	杀虫作用	
	杆菌抗霉素 D	<i>B. subtilis</i> <i>B. amyloliquefaciens</i> FZB42 <i>B. cereus</i> DFE4	抑制多种植物病原 真菌	无色粉末,不溶于水和绝大多数有机 溶剂,可溶于甲醇、75%乙醇、嘧啶二 甲亚砜以及碱性溶液,耐高温,耐酸
丰原素类	杆菌抗霉素 F	<i>B. subtilis</i> H215	抑制多种植物病原 真菌、较弱抑制细菌	
	杆菌抗霉素 L	<i>B. subtilis</i> BBK-1	抑制真菌	
	抗霉枯草菌素	<i>B. subtilis</i> ATCC6633	强烈抑制植物病原 真菌	白色晶体,难溶于水,不溶于低浓度 强酸和弱碱,可溶于 70%乙醇和低 浓度强碱。耐高温
制磷脂素	Bacillopeptins A, B,C	<i>B. subtilis</i> FR-2	抑制植物病原真菌、 细菌	均不溶水,可溶于二甲基亚砜,耐高 温。BacillopeptinA 为无色粉末,Ba- cillopeptinB、C 为无色晶体,可溶于 甲醇
	丰原素 A、B	<i>B. subtilis</i> F-29-3 <i>B. amyloliquefaciens</i> FZB42	强烈抑制植物病原 真菌	无色粉末,不溶于水,可溶于极性有 机溶剂,如甲醇。耐高温、耐酸。177 ℃下无色变红色
	制磷脂素	<i>B. cereus</i> BMG302-FF67		
		<i>B. subtilis</i> YB8 <i>B. subtilis</i> BBK-1 <i>B. licheniformis</i> F2. 2	抑制植物病原真菌	无色粉末,可溶于水,甲醇、乙醇、丁 醇,不溶于丙醇。不耐酸,耐高温

2 脂肽抗生素基因工程研究进展

自 20 世纪 70 年代 Lipmann 首次开展肽生物合成的非核糖体机制分析以来,越来越多抗菌脂肽的合成机制得以阐明,大量相关基因被克隆、分析,特别是一些芽孢杆菌全基因组测序的完成,提供了大量脂肽抗生素合成和调控的遗传信息^[21]。根据已有的研究进展归结来看,芽孢杆菌的脂肽类抗生素合成基因的特点是:抗生素的合成受一个大的基因簇控制,基因簇由合成基因、调控基因共同组成,基因簇中的一个或多个转录单元的表达是协同调控的,相似主链结构的肽类产物是由相似的合成基因合成的,酶的活性存在于一个大的功能蛋白的不同结构域中,或组织于一个多酶复合体中,因此,明确脂肽抗生素合成的相关基因(见表 2)是脂肽抗生素基因工程应用的基础。

表 2 脂肽抗生素合成相关基因^[28]

脂肽抗生素	合成酶基因	调控或辅助基因
表面活性素	<i>srfAA</i> 、 <i>srfAB</i> 、 <i>srfAC</i> 、 <i>srfAD</i>	<i>sfp</i> 、 <i>lpa-14</i> 、 <i>comA</i>
伊枯草菌素 A	<i>ituA</i> 、 <i>ituB</i> 、 <i>ituC</i> 、 <i>ituD</i>	<i>sfp</i> 、 <i>degQ</i>
杆菌抗霉素 D	<i>bamA</i> 、 <i>bamB</i> 、 <i>bamC</i> 、 <i>bamD</i>	<i>degU</i> 、 <i>yceE</i> 、 <i>comA</i> 、 <i>sfp</i>
抗霉枯草菌素	<i>fenF</i> 、 <i>mycA</i> 、 <i>mycB</i> 、 <i>mycC</i>	<i>abrB</i>
丰原素	<i>fenA</i> 、 <i>fenB</i> 、 <i>fenC</i> 、 <i>fenD</i> 、 <i>fenE</i>	<i>sfp</i>
制磷脂素	<i>fenA</i> 、 <i>fenB</i> 、 <i>fenC</i> 、 <i>fenD</i>	<i>lap-8</i> 、 <i>degQ</i>

目前国内外在这方面的研究主要局限于原核微生物之间的基因转导构建基因工程菌株,用来研究脂肽抗生素及其合成相关基因新的功能或者获得脂肽抗生素高产基因工程菌菌株。Ohno 等将 *B. subtilis* RB14 基因组中表面活性素合成必须基因 *lpa-14* 连接到 pC112 载体,然后将其转导进入另一枯草芽孢杆菌获得 *B. subtilis* MI113 基因工程菌,该菌在 37 ℃下发酵产生表面活性素的量是 *B. subtilis* RB14 产生量的 8 倍^[22]。Leclère 等利用金黄色葡萄

球菌质粒 pUB110 中复制基因 *repU* 构建启动子, 将其转化到 *B. subtilis* ATCC 6633 菌株中代替抗霉枯草菌素操纵子的启动子, 获得基因工程菌株 *B. subtilis* BBG100, 该菌株抗霉枯草菌素的产量是原始菌株产量的 15 倍以上^[23]。Fachbereich 等将 *B. brevis* 中短杆菌肽 S(gramicidin S) 中与基因 *sfp* 同源性很高的上游基因 *gsp* 重组到 *B. subtilis* 中, 发现工程菌株能够代谢产生更多的表面活性素。该研究表明 *gsp* 基因能够对 *sfp* 基因功能起到补充作用^[24]。Lee 等利用 LA-PCR 技术将 32 kb 长度的表面活性素操纵子 *srfA* 扩增后连接到 pIndigoB-AC536 载体, 然后将载体导入大肠杆菌 (*Escherichia coli*) DH10B 获得转化子 *E. coli* ET2, 其代谢物通过薄层层析色谱(TLC)分析证实其中含有表面活性素^[25]。Duitman 利用两种刺激自然转化的新方法来研究 *B. subtilis* ATCC 6633 脂肽抗生素抗霉枯草菌素和表面活性素合成酶的调控机制, 最后通过遗传分析发现表面活性素操纵子 (*srfA operon*) 主要由 *comA* 基因调控, 抗霉枯草菌素操纵子 (*Myc operon*) 主要由 *abrB* 基因调控, 并且这两种脂肽抗生素的合成途径是不相关的^[26]。Tsuge 将长度 42 kb, 包含来自于 *B. subtilis* RB14 的 32 kb 的伊枯草菌素 A 操纵子基因片段利用双交换同源重组方法, 通过感受态细胞转化到不含伊枯草菌素 A 操纵子和 *sfp* 基因的 *B. subtilis* 168 基因组中, 然后再导入 *sfp* 基因和多向性调控基因 *degQ*, 获得基因工程菌株伊枯草菌素 A 的产量是 *B. subtilis* RB14 产量的 7 倍, 同时发现基因 *degQ* 在其中起到关键的调控作用^[27]。

3 脂肽抗生素的分离纯化和鉴定进展

脂肽类抗生素的分离纯化主要是依据其理化性质, 通常需要沉淀、萃取、层析、高效液相色谱等步骤。沉淀: 目的是将脂肽抗生素从细菌发酵液中沉淀下来。沉淀方法有多种, 如硫酸铵(80%)沉淀、 $MnCl_2$ (70 mmol/L)沉淀、浓盐酸(12 mol/L)沉淀等。使用最普遍的是浓盐酸沉淀, 原因是脂肽抗生素绝大多数都具有耐强酸的性质, 该方法被认为是鉴定脂肽抗生素存在的有效手段之一。沉淀后进行离心去上清液, 多余的试剂可利用透析、超滤等方法除去, 然后将沉淀低温干燥。萃取: 目的是将脂肽抗生素溶解于某一溶剂中, 用于进一步纯化

或者活性的检测。根据不同类脂肽抗生素的溶解特性采取不同的溶剂。溶剂有甲醇、乙醇(75%)、氯仿/甲醇(2:1)等, 使用最普遍的是甲醇, 其能够溶解绝大多数脂肽抗生素。萃取后进行离心去沉淀, 获得脂肽抗生素溶液。层析: 目的是进一步分离纯化, 可将不同类的脂肽抗生素分离。层析主要包括薄层层析(TLC)、凝胶色谱层析(GPC)。薄层层析过程中可以利用脂肽抗生素标样, 通过迁移率比较来推测脂肽抗生素种类, 同时可以通过原位酸水解、茚三酮显色反应来进行初步鉴定。凝胶色谱层析法是一种比较新的分离纯化方法, 其主要是利用分子筛原理将一部分杂质除去起到纯化效果, 通过活性检测来获得较纯的脂肽抗生素组分。由于层析后的溶液一般为弱碱性, 可以利用透析将碱性洗脱剂除去, 然后冷冻干燥获得固体样品。通过高效液相色谱对脂肽抗生素进行定性、定量分析, 利用标样对比分析可以推定各类脂类抗生素同系物的种类, 了解样品中的主要物质的成分以及含量, 最终可以获得纯的脂肽抗生素用来做进一步的结构分析。

脂肽抗生素的鉴定方法有很多, 对于已经纯化的单一样品可以利用红外光谱(IR)、氨基酸分析、快速原子轰击质谱(FAB-MS)、电喷雾离子源电离质谱(ESI-MS)、核磁共振(NMR)等技术进行分析, 对于含有多种脂肽抗生素的样品可以利用液质联用(LC-MS)、基质辅助激光解吸飞行时间质谱(MALDI-TOF-MS)、源后衰变结合基质辅助激光解吸飞行时间质谱(PSD-MALDI-TOF-MS)等技术进行分析, 后两者甚至可以直接对不做任何处理的细菌代谢物中脂肽抗生素进行鉴定^[29]。

最新的进展是使用液质联用分析, 先用液谱进行分离纯化之后, 再直接用质谱打出分子量图谱, 结合数据源分析鉴定, 具有快速简便的特点。

4 展望

脂肽抗生素能够广谱抑制植物病原菌, 同时具有低毒性并且能够被微生物降解, 具备开发为环保型生物源农药的条件。Orie 等人研究发现菌株 *B. subtilis* RB14 产生的含有伊枯草菌素 A 的发酵液可以有效防治丝核菌引起的番茄幼苗猝倒病^[30]。本实验室田间试验发现 *B. amyloliquefaciens* YN-1 产生的含有伊枯草菌素类和丰原素类的发酵液对苹

果轮纹病和苹果褐斑病防效高达67%~84%。然而,由于生防菌株脂肽抗生素产量较低,生产成本较高,大规模的工业应用还未实现。通过构建基因工程菌和优化培养条件、改善分离工艺,是实现脂肽抗生素大规模生产、商业化应用的根本途径。随着分子生物学技术的发展和应用深入,尤其是对生防菌株基因组学的研究,有利于进一步认识脂肽抗生素的生产调控机制,推动生防菌株的分子改良。目前通过基因转化技术使得脂肽抗生素在大肠杆菌中成功合成,构建高水平表达脂肽抗生素的工程菌。如果能够将脂肽抗生素合成相关基因导入植物基因组进行表达,使寄主本身能够产生广谱拮抗植物病原菌的抗菌物质,将能更直接地抵御病害的侵染,大大提高农作物的产量。有研究报道一些微生物(例如蛎灰链霉菌)能够代谢产生作为药物治疗人体疾病的脂肽抗生素,并且可以开发作为动物疫苗^[31],而具有类似抗原性质的生防芽孢杆菌代谢产生的脂肽抗生素能否开发作为植物疫苗可能是该领域今后研究的一个主要方向。

参考文献

- [1] 王帅,高圣风,高学文,等.枯草芽孢杆菌脂肽类抗生素发酵和提取条件[J].中国生物防治,2007,23(4):342~347.
- [2] Ongena M, Jacques P. *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol [J]. Trends in Microbiol, 2008, 16(3):115~125.
- [3] Kleinkauf H, Dohren H. Nonribosomal biosynthesis of peptide antibiotics[J]. Eur J Biochem, 1990, 192(1):1~15.
- [4] Meiji S K. Thee revised structure of the peptide antibiotic esperin, established by mass spectrometry[J]. Tetrahedron, 1969, 25:1985~1990.
- [5] Yakimov M M, Timmis K N, Wray V, et al. Characterization of a new lipopeptide surfactant produced by thermotolerant and halotolerant subsurface *Bacillus licheniformis* BAS50 [J]. Appl Environ Microbiol, 1995, 61(5):1706~1713.
- [6] Naruse N, Tenmyo O, Kobaru S, et al. Pumilacidin, a complex of new antiviral antibiotics: production, isolation, chemical properties, structure and biological activity [J]. Antibiot, 1990, 43(3):267~280.
- [7] 陈华,袁成凌.枯草芽孢杆菌JA产生的脂肽类抗生素-iturin A的纯化及电喷雾质谱鉴[J].微生物学报,2008,48(1):116~120.
- [8] Francoise P, Marie T P, Bhupesh C. Structural of bacillomycin D and bacillomycin L peptidolipid antibiotics from *Bacillus subtilis* [J]. The Journal of Antibiotics, 1984, 37(12):1600~1604.
- [9] Aicha M, Francoise P, Francoise B. Bacillomycin F, a new antibiotic of iturin group: isolation and characterization[J]. The Journal of Antibiotics, 1982, 35(3):306~311.
- [10] Yoshio K, Masanori S, Miyuki K. Bacillopeptins, new cyclic lipopeptide antibiotics from *Bacillus subtilis* FR-2 [J]. The Journal of Antibiotics, 1995, 48(10):1095~1103.
- [11] Nongnuch T, Wolfgang L. Fengycin-a novel antifungal lipopeptide antibiotic produced by *Bacillus subtilis* F-29-3 [J]. The Journal of Antibiotics, 1986, 39(7):888~901.
- [12] Nishikiori T, Naganawa H, Muraoka Y, et al. Plipastatins: new inhibitors of phospholipase A2, produced by *Bacillus cereus* BMG302 - fF67 [J]. The Journal of Antibiotics, 1986, 39(6):737~744.
- [13] Kim P I, Bai H, Bai D. Purification and characterization of a lipopeptide produced by *Bacillus thuringiensis* CMB26 [J]. J Appl Microbiol, 2004, 97(5):942~949.
- [14] Das P, Mukherjee S, Sen R. Antimicrobial potential of a lipopeptide biosurfactant derived from a marine *Bacillus circulans* [J]. J Appl Microbiol, 2008, 104(6):1675~1684.
- [15] Heerklotz H. Interactions of surfactants with lipid membranes [J]. Q Rev Biophys, 2008, 41(3~4):205~264.
- [16] Grau A, Ortiz A, de Godos A. A biophysical study of the interaction of the lipopeptide antibiotic iturin A with aqueous phospholipid bilayers [J]. Arch Biochem Biophys, 2000, 377(2):315~323.
- [17] Magali D, Michel P. Effect of fengycin, a lipopeptide produced by *Bacillus subtilis*, on model biomembranes [J]. Biophysical Journal, 2008, 94:2667~2679.
- [18] Haddad N I, Wang J, Mu B. Identification of a biosurfactant producing strain: *Bacillus subtilis* HOB2 [J]. Protein Pept Lett, 2009, 16(1):7~13.
- [19] Pueyo M T, Bloch C Jr, Carmona R. Lipopeptides produced by a soil *Bacillus megaterium* strain [J]. Microb Ecol, 2009, 57(2):367~378.
- [20] Assié L K, Deleu M, Arnaud L, et al. Insecticide activity of surfactins and iturins from a biopesticide *Bacillus subtilis* Cohn (S499 strain) [J]. Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkd Toegep Biol Wet, 2002, 67(3):647~655.
- [21] Chen X H, Koumoutsi A, Scholz R, et al. Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens [J]. J Biotechnol, 2009, 140(1~2):27~37.
- [22] Ohno A, Ano T, Shoda M. Production of a lipopeptide antibiotic, surfactin, by recombinant *Bacillus subtilis* in solid state fermentation [J]. Biotechnol Bioeng, 1995, 47(2):209~214.
- [23] Leclère V, Béchet M, Adam A, et al. Mycosubtilin overproduction by *Bacillus subtilis* BBG100 enhances the organism's antagonistic and biocontrol activities [J]. Appl Environ Microbiol, 2005, 71(8):4577~4584.
- [24] Borchert S, Stachelhaus T, Marahiel M A. Induction of surfactin production in *Bacillus subtilis* by *gsp*, a gene located upstream of the gramicidin S operon in *Bacillus brevis* [J]. J Bacteriol, 1994, 176(8):2458~2462.
- [25] Lee Y K, Yoon B D, Yoon J H, et al. Cloning of *srfA* operon from *Bacillus subtilis* C9 and its expression in *E. coli* [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2007, 75(3):567~572.
- [26] Duitman E H, Wyczawski D, Boven L G, et al. Novel methods for

- genetic transformation of natural *Bacillus subtilis* isolates used to study the regulation of the mycosubtilin and surfactin synthetases [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2007, 73(11):3490–3496.
- [27] Tsuge K, Inoue S, Ano T, et al. Horizontal transfer of iturin A operon, itu, to *Bacillus subtilis* 168 and conversion into an iturin A producer[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2005, 49(11):4641–4648.
- [28] Koumoutsi A, Chen X H, Vater J, et al. DegU and YczE positively regulate the synthesis of bacillomycin D by *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42[J]. *Appl Environ Microbiol*, 2007, 73(21):6953–6964.
- [29] Vater J, Kablitz B, Wilde C, et al. Matrix-Assisted laser desorption ionization – time of flight mass spectrometry of lipopeptide biosurfactants in whole cells and culture filtrates of *Bacillus subtilis* C-1 isolated from petroleum sludge[J]. *Appl Environ Microbiol*, 2002, 68(12):6210–6219.
- [30] Asaka O, Shoda M. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off of tomato with *Bacillus subtilis* RB14[J]. *Applied and environmental Microbiology*, 1996, 62(11):4081–4085.
- [31] Benmohamed L, Wechsler S L, Nesburn A B. Lipopeptide vaccines—yesterday, today, and tomorrow[J]. *Lancet Infect* 2002, 2(7):425–431.



2010 年度中国植物保护学会科学技术奖申报、推荐、启动工作通知

“中国植物保护学会科学技术奖”是经科技部、国家科技奖励工作办公室批准设立的面向全国植物保护行业的综合性科学技术奖,由中国植物保护学会和佳多科工贸有限责任公司共建。根据《中国植物保护学会科学技术奖奖励办法(试行)》(简称《奖励办法》)的有关规定,现将 2010 年度中国植物保护学会科学技术奖申报、推荐工作的有关事项通知如下:

一、申报要求

推荐申报工作严格按照《奖励办法》的规定执行。详情请在中国植物保护学会网(www.ipmchina.net)查阅。

1. 申报奖励的科技成果应符合中国植物保护学会科学技术奖的奖励范围,并按有关规定进行相应的技术评价。
2. 申报奖励的科技成果不存在成果权属、主要完成单位和主要完成人及其排序等方面的争议。
3. 多个单位共同完成的重大科技成果,原则上应按整体项目成果申报,由成果第一完成单位申报。其中某子项目成果单独申报,需征得总项目主持人同意。总项目再报奖,应扣除已报奖的子项目的内容。
4. 已获得省(自治区、直辖市)科技进步奖或经科技部登记的其他行业奖的成果,不得再申报中国植保学会科技奖。
5. 申报成果原则上应为 2005 年以后(含 2005 年)结题的成果。
6. 科普类成果原则上应为 2005 年以后(含 2005 年)正式出版发行的植保科普图书或科普电子出版物。
7. 每项成果只能通过一个推荐单位进行推荐。

二、推荐办法

中国植保学会科技奖须经具有推荐资格的单位进行审查、初评后推荐,不受理个人申报和推荐。每个推荐单位的推荐名额原则上不超过 3 项。

三、申报材料要求

《中国植物保护学会科学技术奖奖励办法》、《中国植物保护学会科学技术奖推荐书》、《中国植物保护学会科学技术奖成果摘要表》及填写说明在中国植物保护学会网站(<http://www.ipmchina.net>)下载,认真按填写说明填写。将《推荐书》及其附件装订成册,一式 2 份(其中推荐书原件 1 份),《成果摘要表》一式 25 份。同时提交所有材料电子版。

推荐意见:各推荐单位将推荐意见填写在推荐书中或单独发函提交。

所有材料一律不退还被推荐人或单位,请自留底稿。

四、推荐截止时间

2010 年 7 月 15 日以前(收到邮戳日期为准),将推荐材料(纸质和电子版)统一报送奖励工作办公室,逾期不予受理。

五、报送地点

单 位:“中国植物保护学会科学技术奖”奖励工作办公室

电子信箱:csp62@163.com

地 址:北京圆明园西路 2 号中国农业科学院植物保护研究所院内(邮编 100193)

联 系 人:文丽萍、倪汉祥

电 话(传真):010—62815913/010—62811917