

苏云金杆菌晶体蛋白 Cyt1A 对营养期杀虫蛋白 Vip3A 杀虫毒力的影响

Effects of Crystal Protein Cyt1A from *Bacillus thuringiensis* on Vip3A Toxicity

师永霞/SHI Yong-xia^{1,2}, 马文丽/MA Wen-li², 袁美姝/YUAN Mei-jin¹, 陈建武/CHEN Jian-wu¹,
庞 义/PANG Yi¹

1. 中山大学生物防治国家重点实验室, 广州 510275

2. 南方医科大学基因工程研究所, 广州 510515

1. State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China

2. Institute of Genetic Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

[摘要] 为检测苏云金杆菌晶体蛋白 Cyt1A 对 Vip3A 表达和杀虫活性的影响, 将 *p20* 和 *cyt1A* 基因与 *vip3A* 基因连接构建了重组质粒 pHVC20, 然后电激转化至苏云金杆菌无晶体突变株 CryB 中进行了共表达, 以单独表达 Vip3A 蛋白的 CryB(pHPT3) 作为对照菌株。Western blot 结果显示, Vip3A 蛋白在 CryB(pHVC20) 菌株中的最大表达量约为在 CryB(pHPT3) 菌株的 2 倍, 这可能是由于前者中的辅助蛋白 P20 增加了 Vip3A 表达量的缘故, 晶体蛋白 Cyt1A 的存在对 Vip3A 的正常表达没有影响。生物测定结果表明, CryB(pHVC20) 和 CryB(pHPT3) 菌株对斜纹夜蛾初孵幼虫的 LC_{50} 值分别为 10.62 $\mu\text{g/ml}$ 和 78 $\mu\text{g/ml}$, 前者的毒力比后者提高了 6 倍, 这表明 Cyt1A 蛋白和 Vip3A 蛋白对目标昆虫的毒力可能存在着协同增效作用。

[关键词] 苏云金杆菌; 晶体蛋白 Cyt1A; 营养期杀虫蛋白 Vip3A; 生物测定

[文献标识码] A

[中图分类号] Q786

[文章编号] 1000-7857(2006)04-0018-04

Abstract: To investigate the influence of crystal protein Cyt1A on Vip3A expression and its insecticidal activity, the recombinant plasmid pHVC20 containing *cyt1A* and *vip3A* genes were constructed and transformed into the *Bacillus thuringiensis* acrySTALLIFEROUS strain CryB, with CryB (pHPT3) strain only expressing Vip3A protein as control. Western blot showed that the maximum yield of Vip3A in CryB (pHVC20) was about 2 fold to that in CryB (pHPT3). It was deduced that the *p20* gene in plasmid pHVC20 could not only be required for efficient production of Cyt1A protein but also promote Vip3A yields. Bioassay showed that LC_{50} s of CryB(pHVC20) and CryB(pHPT3) against the first instar larvae of *Spodoptera litura* were 10.62 $\mu\text{g/ml}$ and 78.00 $\mu\text{g/ml}$ respectively, with the former performing enhanced insecticidal activity. This result suggested that Cyt1Aa might synergize the activity of Vip3A toxin towards *S. litura*.

Key Words: *Bacillus thuringiensis*; crystal protein Cyt1A; vegetative insecticidal protein Vip3A; bioassay

CLC Number: Q786

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)04-0018-04

1 引言

苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)是目前研究最为深入、应用面积最广的一种革兰氏阳性杀虫细菌, 它对昆虫的毒杀作用主要是由于芽孢形成期产生的伴孢晶体导致的^[1-2]。营养期杀虫蛋白(Vegetative Insecticidal Proteins, VIPs)是芽孢杆菌在对数生长期分泌的一类新型杀虫毒素蛋白, 它对鳞翅目昆虫具有较广谱的杀虫活性^[3-4]。由于它与已知的杀虫晶体蛋白(Insecticidal Crystal Proteins, ICPs)没有序列同源性, 而且其杀虫机理也与 ICPs 不同^[5-6], 因此, Vip3A 蛋白的研究对于抗性害虫的防治和研制构建高效、广谱的杀虫剂具有重要的意义。

Cyt1Aa 毒素是来源于苏云金杆菌以色列亚种(*B. thuringiensis subsp. israelensis*, Bti)的一个 28 kD 的 δ -内毒素, 辅助蛋白 P20 的存在对 Cyt1Aa 蛋白的大量表达是必需的^[7-8]。该毒素的生物活性主要归功于其对细胞膜上的不饱和脂肪酸的亲合性, 表现出对无脊椎、脊椎动物细胞及血细胞有广泛的溶细胞活性^[9]。同时, 该毒素在体外有更宽的活性谱, 对某些双翅目和鞘翅目昆虫也有毒性^[9-10]。Cyt 蛋白与 Cry 蛋白没有任何的序列同源性, 而且作用方式也不相同^[11]。已有的文献证实, Cyt 蛋白与某些 Cry 蛋白(Cry4A、Cry4B 和 Cry11A)具有协同增效作用^[12-15], 而且它还可以有效地降低某些害虫对 Cry 蛋白(Cry11B 和 Cry3A)的抗性水平^[16, 17];

收稿日期: 2005-06-15

基金项目: 国家“973 计划”项目(G2000016209), 广东省自然科学基金研究团队项目

作者简介: 师永霞, 女, 广州市新港西路 135 大院中山大学生命科学院, 博士生, 研究方向为基因工程; E-mail: syx0817@yahoo.com.cn

庞 义(通讯作者), 男, 中山大学生命科学院, 教授, 研究方向为基因工程; E-mail: ls12@zsu.edu.cn

有少数文献报道 Cyt 蛋白对 Cry1Ac1 的活性发挥具有拮抗作用^[18]。

Vip3A 和 Cyt 蛋白没有任何的序列同源性,它们的杀虫作用机理也不同^[6,19],二者之间可能具有协同增效作用,而且 Vip3A 蛋白的利用也有可能作为抗性管理的重要策略之一。目前,尚无晶体蛋白 Cyt1A 对 Bt 营养期杀虫蛋白毒力影响的报道。本研究在 Bt 无晶体突变株中共表达了 Cyt1A 和 Vip3A 蛋白,分析了 Cyt1A 蛋白对营养期杀虫蛋白 Vip3A 表达和杀虫毒力的影响。

2 材料和方法

2.1 菌株和质粒

本文涉及的菌株和质粒见表 1。其中大肠杆菌在 37℃下于 LB 液体培养基或固体培养基上^[20]培养;苏云金杆菌在 28℃下于 LB 培养基或 TB 培养基^[19]中培养。抗生素使用浓度分别为氨苄青霉素(Ampr)100 μg/ml 和红霉素(Erm^r)50 μg/ml。

表 1 本实验中的菌株和质粒		
Tbl. 1 Bacterial strains and plasmids in this study		
菌株和质粒	性质	来源或参考文献
菌株		
CryB	苏云金杆菌库恩塔克亚种 (<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>)无晶体突变株 (<i>Acrystalliferous mutant of B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>)	美国哥伦布俄亥俄州大学
CryB(pHT3101)	包含质粒 pHT3101 的 CryB 重组菌株	本实验构建
4Q7(pWF45)	包含质粒 pWF45 的 Bt 4Q7 重组菌株	[7]
CryB(pHPT3)	包含质粒 pHPT3 的 CryB 重组菌株	[5]
CryB(pHVC20)	包含质粒 pHVC20 的 CryB 重组菌株	本实验构建
<i>E.coli</i> TG1	<i>SupE hsd Δ5 thi Δ (lac-proAB) F[traD36 proAB+ lacIq lacZΔM15]</i>	实验室保存
<i>E.coli</i> K12	MerA+, MerBC+, EcoK+	购于 NEB 公司
质粒		
pHT3101	在大肠杆菌和 Bt 中的穿梭质粒,携带红霉素(Erm ^r)和氨苄青霉素抗性	美国加州大学吴栋博士惠赠
pWF45	pWF45pHT3101 质粒上携带 <i>cyt1Aa</i> 和 <i>p20</i> 基因	[7]
pHPT3	pHPT3 pHT3101 质粒上携带 <i>vip3A</i> 基因	[5]
pHVC20	pHT3101 质粒上携带 <i>vip3A</i> , <i>cyt1Aa</i> 和 <i>p20</i> 基因	本实验构建

2.2 主要试剂

限制性内切酶和 T₄ DNA 连接酶均购自 Takara 公司;RNase A 购自 Sigma 公司;质粒提取试剂盒购自 Qiagen 公司;Western blot 试剂盒购自 Roche 公司;硝酸纤维素膜购自 Gene 公司;蛋白定量试剂盒购自 Bio-Rad 公司。

2.3 表达质粒 pHVC20 的构建

质粒提取、酶切反应、电泳鉴定、DNA 片段回收、连接反应和大肠杆菌的转化等步骤均参照分子克隆实验手册^[20]进行。

2.4 苏云金杆菌质粒 DNA 的提取

参考分子克隆实验手册^[20]中大肠杆菌质粒提取的碱裂解法进行,并适当修改,即在碱裂解法中,加终浓度为 5 mg/ml 的溶菌酶于溶液 I 中,37℃作用 2 h,其余步骤同碱裂解法。

2.5 苏云金杆菌的电激转化

参照文献中^[14]的方法制备苏云金杆菌感受态细胞。将从 TG1 中提取的质粒 DNA 重新转化 K12 菌株,防止质粒的非甲基化修饰,再次提取质粒 DNA 备用。在 200 ml Bt 感受态细胞中加入 1~5 mg 质粒 DNA,充分混匀,冰浴 30 min;移入预冷的 0.2 cm 电激

杯,参数设定为:电阻 400~800 W,电容 25 mF,电压 1.5~1.75 kV,电激时间为 7~9 ms;电激后立即移入冰浴 5 min,加入 800 ml LB 液体培养基,37℃静置培养 2~3 h,然后涂布于红霉素抗性平板上,置于 28℃培养。

2.6 Western blot

将 SDS-PAGE 凝胶电转移至硝酸纤维素膜上,Western blot 参照 Western blot 试剂盒说明书进行,一抗为利用纯化的 Vip3A 蛋白制备的抗兔血清^[4]。

2.7 生物测定

斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)由本实验室养虫室提供。按照相关文献^[21]对初孵幼虫进行生物测定,利用本实验室研制的昆虫毒力测定分析软件^[22]对生测结果进行分析。

3 结果

3.1 重组质粒 pHVC20 的构建

回收 pWF45 质粒 4.1 kb *SacI/SalI* 双酶切片段,连接至 pHPT 3 双酶切后的 10.1 kb 片段上,构建的重组质粒命名为 pHVC 20,酶切鉴定如图 1 所示。该质粒与仅携带 *vip3A* 基因的 pHPT3 质粒相比,在 *vip3A* 基因的上游增加了转录方向相反的 *cyt1A* 基因和 *Cyt1A* 蛋白大量表达必需的 *p20* 基因(见图 2)。

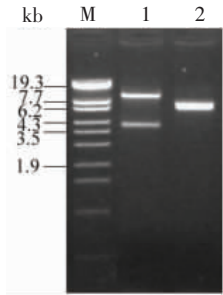


图 1 重组质粒 pHVC20 的酶切分析
Fig.1 Restriction analysis of the recombinant plasmid pHVC20.
M: λ-EcoT14 I DNA marker; 1: pHVC20/*SacI*+*SalI*;
2: pHVC20/*SacI*+*SphI*

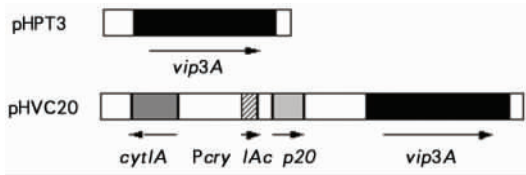
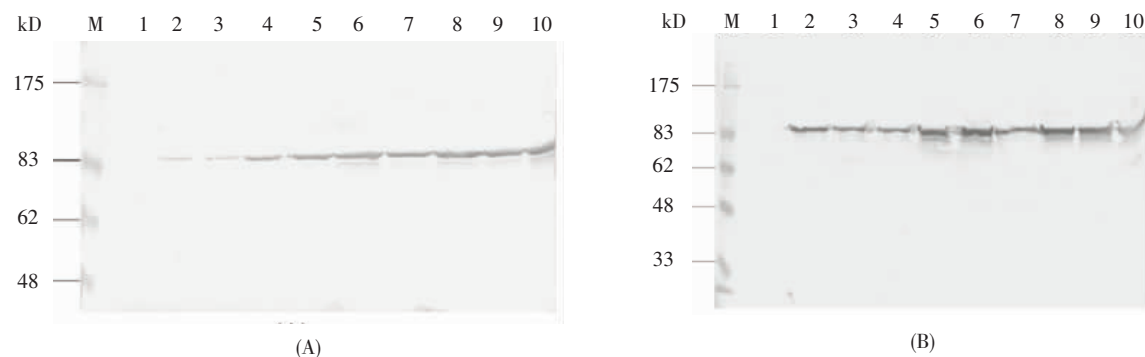


图 2 重组穿梭质粒的物理图谱
Fig. 2 The physical maps of the recombinant shuttle plasmids

3.2 *vip3A* 基因在 CryB(pHPT3)和 CryB(pHVC20)中的表达

将重组表达质粒 pHPT3 和 pHVC20 电激转化至不含 *vip3A* 基因的 Bt 无晶体突变株 CryB 中,转化子在 100 ml TB 培养基中进行培养,分别在 10 h、12 h、14 h、16 h、20 h、24 h、36 h、40 h、44 h、48 h 和 60 h 取样,并对菌体沉淀浓缩 12 倍进行 Western blot 分析。结果表明,在 CryB(pHPT3) 12 h 的菌体沉淀中已开始检测到 87.7 kD 的 Vip3A 蛋白,24 h 其表达量达到最大(图 3(A));在 CryB(pHVC20) 10 h 的菌体沉淀中开始检测到 Vip3A 蛋白,在 36 h 时表达量达到最大(图 3(B))。在 Bt 重组菌株的整个芽胞期和芽胞后期,Vip3A 也维持较高水平的表达(图 3)。



M: 预染蛋白标准; 泳道 1: CryB(pHT3101) 培养 17 h 的细胞沉淀。图(A)中, 泳道 2~10 分别代表 CryB(pHPT3) 培养 12 h、14 h、16 h、20 h、24 h、36 h、40 h、48 h 和 60 h 的细胞沉淀。图(B)中, 泳道 2~10 分别代表 CryB(pHVC20) 培养 10 h、12 h、14 h、16 h、20 h、24 h、36 h、48 h 和 60 h 的细胞沉淀。

图 3 Vip3A 在 CryB(pHPT3) (A)和 CryB(pHVC20) (B)中表达时相的 Western blot 分析泳道

Fig. 3 Western blot analysis of Vip3A proteins in concentrated cell pellets of CryB(pHPT3) (A) and CryB(pHVC20) (B) cultures against the Vip3A antiserum.

3.3 Vip3A 蛋白在重组菌株沉淀物中表达量的比较

用软件 ImageMaster VDS 分析比较 Vip3A 蛋白在各重组菌株中的最大表达量,结果表明 Vip3A 蛋白在 CryB(pHVC20)菌株中的最大表达量约是在 Cry(pHPT3)中最大表达量的 2 倍。

3.4 生物测定

用 CryB(pHPT3)和 CryB(pHVC20)菌株最大表达量时的上清液和浓缩的菌体对斜纹夜蛾初孵幼虫进行生测,结果表明,CryB(pHT3101)和 4Q7(pWF45)对目标昆虫无毒;CryB(pHPT3)和 CryB(pHVC20)菌株未浓缩的上清液对试虫均无杀虫活性,两者浓缩的菌体对斜纹夜蛾初孵幼虫均具有较高的杀虫活性(表 2)。

表 2 重组 Bt 菌株对斜纹夜蛾初孵幼虫的毒力测定
Tbl. 2 Toxicity of Bt recombinant strains against the first instar larvae of *Spodoptera litura* *

Bi 菌株	LC ₅₀ (μg/ml)	回归方程	95%置信限
CryB(pHPT3)	78.00	y=2.671 4+1.230 7x	47.78~127.32
CryB(pHVC20)	10.62	y=3.621 4+1.343 4x	6.50~17.35
CryB(pHT3101)	NA	NA	NA
407(pWF45)	NA	NA	NA

* 毒力测定重复 3 次, 每次 30 头蚊虫, 72 h 后统计死亡率。NA 表示没有毒力。

4 讨论

已有的文献证实 Cyt 蛋白与 Cry4A、Cry4B 和 Cry11A 晶体蛋白具有协同增效作用^[12-15],而且它还可以有效地降低某些害虫对 Cry11B 和 Cry3A 蛋白的抗性水平^[16-17];但是,辅助蛋白 P20 的存在对 Cyt1Aa 蛋白的大量表达是必需的^[7-8]。本研究为了分析苏云金杆菌 Cyt1A 蛋白对营养期杀虫蛋白 Vip3A 表达和杀虫活性的影响,构建了携带 vip3A 基因和 cyt1A 基因的重组质粒 pHVC20;为了保证 Cyt1A 蛋白在 Bt 中的大量表达,该质粒同时携带了辅助蛋白基因 *p20*,将重组质粒电转化至 Bt 无晶体突变株中进行外源蛋白的表达。Western blot 结果表明,Vip3A 蛋白在 CryB (pHVC20)菌株中最大表达量约为 CryB(pHPT3)的 2 倍(图 3),这可能是由于辅助蛋白 P20 的存在,除了帮助 Cyt1 蛋白的大量表达外,还进一步增加了 Vip3A 蛋白的表达量;Cyt1A 蛋白对营养期杀虫蛋白 Vip3A 的正常表达没有影响。另外,构建了仅携带 vip3A 基因和 *p20* 基因的重组质粒 pHVp20,Vip3A 蛋白在 CryB (pHVp20)菌株的表达情况和最高表达量与在 CryB(pHVC20)菌株中相似,该结果进一步证实了上述推论^[23]。

生物测定结果表明, CryB (pHT3101) 和表达 Cyt1A 蛋白的 4Q7(pWF45) 菌株对目标昆虫无毒, CryB(pHVC20) 菌株对斜纹夜蛾初孵幼虫的 LC_{50} 为 10 mg/ml, 比 CryB(pHPT3) 菌株的杀虫活性提高了 6 倍 (表 2)。这表明 CryB(pHVC20) 菌株在芽胞期表达的 Cyt1A 蛋白可能对 Vip3A 蛋白的杀虫毒力具有很强的协同增效作用, 其确切的作用机理尚未研究清楚。Cyt1A 蛋白对 Vip3A 的杀虫和溶细胞活性的协同作用仍有待体外实验进一步证实。例如, 将纯化的 Cyt1A 晶体或经碱解、肠道蛋白酶消化后的 Cyt1A 蛋白与纯化的 Vip3A 蛋白按照不同的比例混合, 观察它们对昆虫细胞的溶细胞活性或对夜蛾科害虫的杀虫活性, 确定两蛋白之间的协同增效作用。该实验目前正在进展中。

vip3A 和其它 ICPs 没有任何的序列同源性而且它们的杀虫作用机理也不同 [6, 19], 二者之间可能存在着协同增效作用。将 *vip3A* 基因单独在高毒 Bt 菌株中进行表达或将该基因与 ICPs 基因进行共表达, 这样构建的工程菌株对于提高 ICPs 蛋白的杀虫活性和克服昆虫对 ICPs 产生的抗性等方面均具有重要意义。

参考文献 (References)

- [1] SCHNEPP E, CRICKMORE N, VAN R J, et al. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal proteins[J]. Microbiol Mol Biol Rev, 1998, 62: 775-806.
- [2] 喻子牛. 苏云金杆菌[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [3] ESTRUCH J J, WARREN G W, MULLINS M A, et al. Vip3A, a novel *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein with a wide spectrum of activities against lepidopteran insects [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1996, 93:5 389-5 394.
- [4] 陈建武, 唐丽霞, 汤慕瑾. 苏云金杆菌 *vip3A* 基因的克隆、表达及杀虫活性分析[J]. 生物工程学报, 2002, 18:687-692.
- [5] CHEN J W, SUN F, TANG L X, et al. Expression of *Bacillus thuringiensis* full-length and N-terminally truncated vip184 gene in an acrySTALLIFEROUS strain of subspecies *kurstaki*[J]. World J Microbiol Biotechnol, 2003, 19:883-889.
- [6] YU C G, MULLIS M A, WARREN G W, et al. The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein Vip3A lyses midgut epithelium cells of susceptible insects [J]. Appl Environ Microbiol, 1997, 63:532-536.
- [7] WU D, FEDERICI B A. A 20-kDa protein preserves cell viability and promotes Cyta A crystal formation during sporulation in *Bacillus thuringiensis*[J]. J Bacteriol, 1993, 175:5 276-5 280.
- [8] ADAMS L F, JONATHAN E V, WHITELY H R. A 20-kilodalton pro-

- tein is required for efficient production of the *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* 27-kilodalton crystal protein in *Escherichia coli* [J]. *J. Bacteriol.* 1989, 171:521–530.
- [9] TOMAS W E, ELLAR D J. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* crystal δ -Endotoxin: effects on insects and mammalian cells *in vitro* and *in vivo*[J]. *J. Cell Sci.* 1983, 60:181–197.
- [10] FEDERICI B A, BAUER L S. Cyt1A protein of *Bacillus thuringiensis* is toxic to the cottonwood leaf beetle, *Chrysomela scripta*, and suppresses high levels of resistance to Cry3Aa [J]. *Appl Environ. Microbiol.* 1998, 64:4 368–4 371.
- [11] WAALWIJK C, DULLEMANS A M, WORKUM M, et al. Molecular cloning and the nucleotide sequence of the Mr, 28 000 crystal protein gene of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* [J]. *Nucleic Acid Res.* 1985, 13:8 207.
- [12] CHILCOTT C N, ELLAR D J. Comparative toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* crystal proteins *in vivo* and *in vitro*[J]. *J. Gen. Microbiol.* 1988, 134:249–254.
- [13] WU D, CHANG F N. Synergism in mosquitocidal activity of 26 and 65 kDa proteins from *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* crystal[J]. *FEBS Lett.* 1985, 190:232–236.
- [14] WU D, JOHNSON J, FEDERICI B A. Synergism of mosquitocidal toxicity between CytA and CryIVD proteins using inclusions produced from cloned gene of *Bacillus thuringiensis*[J]. *Mol. Microbiol.* 1994, 13: 965–972.
- [15] CRICKMORE N, BONE E, WILLIAMS J A, et al. Contribution of the individual components of the δ -endotoxin crystal to the mosquito activity of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* [J]. *FEMS Microbiol. Lett.* 1995, 131:249–254.
- [16] FEDERICI B A, BAUER L S. Cyt1Aa protein of *Bacillus thuringiensis* is toxic to the cottonwood leaf beetle, *Chrysomela scripta*, and suppresses high levels of resistance to Cry3A [J]. *Appl Environ Microbiol.* 1998, 64:4 368–4 371.
- [17] WIRTH M C, DERECLE A, FEDERICI B A, et al. Variable cross-resistance to Cry11B from *Bacillus thuringiensis* subsp. *je-gathesan* in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) resistant to single or multiple toxins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*[J]. *Appl Environ Microbiol.* 1998, 64:4 174–4 179.
- [18] DEL RINCON-CASTRO M C, BARAJAS-HUERTA, IBARRA J E. Antagonism between Cry1Ac1 and Cyt1Ac1 toxins of *Bacillus thuringiensis*[J]. *Appl Environ Microbiol.* 1999,65:2 049–2 053.
- [19] ESTRUCH J J, YU C G, WARREN G W, et al. Class of proteins for the control of plant pests: World Intellectual Property Organization Patent. 2000, WO 6107279.
- [20] SAMBROOK J, FRITSCH E F, MANIATIS T. Molecular Cloning: A Laboratory Manual [M]. 2nd ed, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989.
- [21] 曾晓慧,张宏宇,喻子牛,等. 苏云金芽孢杆菌对甜菜夜蛾幼虫毒力的生物测定方法[J].*中国生物防治*, 1998, 14:172–175.
- [22] 陈其津, 李广宏, 林扬帆. 杀虫剂毒力测定数据的快速运算与分析 [J]. *中山大学学报论丛*, 2001, 21:39–43.
- [23] 中国植物保护学会和中国昆虫学会. 2005 年全国生物防治学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.

(责任编辑 王 芷)

·科技动态·

《国家自然科学基金“十一五”发展规划》出台

3月16日,国家自然科学基金委员会第五届委员会第三次全体会议在北京召开,会议总结了基金委2005年的工作,研究和审议了今后一段时期的工作思路和2006年的重点任务,投票表决通过了《国家自然科学基金“十一五”发展规划》。

2005年,国家自然科学基金委员会安排年度资助经费35亿元,批准资助各类项目11151项。其中资助面上项目9111项,资助经费占年度资助计划经费总额的70%以上,平均资助强度比上年提高3.07万元,达到24.79万元/项。2005年科学基金继续向健康科学领域倾斜经费1亿元。

“十一五”期间,国家自然科学基金将实施4项战略,以期完善和发展中国特色科学基金制,营造有利于源头创新的良好环境,推动学科均衡、协调和可持续发展,培养和造就一批具有国际影响力的杰出科学家和进入国际科学前沿的创新团队,提升基础研究整体水平和国际竞争力。这4项战略分别是:源头创新战略、科技人才战略、创新环境战略和卓越管理战略。

着力于源头创新,基金委将要从尊重和保护科学家的创造精神出发,不断完善资助与管理模式,大力营造有利于自由探索的宽松环境,发挥科学基金的导向作用。“十一五”期间,自由申请项目经费的大约3%~4%将被用于支持创新性较强的非共识项目研究,计划安排约1800项重点项目,平均资助强度200万元以上;重大项目将被控制在30项左右,平均资助强度高达1000万元以上;还将安排实施15个重大研究计划,每个预算额度为1亿~2亿元。

为了奠定未来竞争力基础,科学基金将探索持续支持优秀青年研究人员的有效机制,培养和造就一批优秀的学术带头人,注意保护青年人才从事基础研究的兴趣和热情,不断增强青年人才进行独立思维和开展协同创新研究的能力。“十一五”期间,杰出青年科学基金计划资助约900人,创新群体计划新启动100个左右;同时,通过“3+3”或“3+3+3”的模式,对约180个群体给予延续资助。“十一五”期间计划支持基础科学人才培养基地约100个,青年科学基金项目在“十一五”末期计划资助约2500项。此外,还将安排资助国家杰出青年科学基金(外籍)100人、海外及港澳青年学者合作研究基金约400人、“两个基地”项目200个。

为实施创新环境战略,基金委将加强国际(地区)合作与交流,推动科技资源共享,促进科技条件建设与利用,支持科学普及和青少年科技活动,加强地区科学基金资助工作,完善联合资助工作。

“十一五”期间,国家自然科学基金委员会还计划完善学科布局,促进学科协调发展,部署优先领域,提升重点领域的整体水平。基金委在“十一五”规划中提出了一系列的保障措施来确保以上这些目标的实现。2006年,国家财政预算计划投入自然科学基金34亿元,比上年增长25.9%。根据国家财政预算制度改革要求和基础研究发展的需要,国家自然科学基金委员会拟在2006年安排资助计划38亿~40亿元。

(本刊记者 黄永明)