

## 微生物学类研究生创新技能培养体系的探索 ——以南京农业大学为例

钱猛\* 杨娜 陈军 沈振国

(南京农业大学生命科学学院 生物学实验教学中心 江苏 南京 210095)

**摘 要:** 探讨南京农业大学“微生物学研究方法与技术”专项培训体系的构建, 重点阐述建设内容、建设方式及教学成效。该培训体系分为 5 个功能模块, 每个模块由专题讲座和实验技能培训两部分内容组成。通过该培训体系的训练, 研究生能熟练掌握大型仪器设备的应用、操作、维护等相关知识, 培养了良好的实验技能、严谨的实验作风、认真的科学态度, 具备了基本的科学研究能力和科学研究品质, 是提高研究生创新能力和实践能力的有效途径。

**关键词:** 创新技能, 微生物学, 研究生

## Exploration on the system of training innovative ability of postgraduate in Microbiology ——a case study of Nanjing Agricultural University

QIAN Meng\* YANG Na CHEN Jun SHEN Zhen-Guo

(Virtual Simulation Experiment Teaching Center of Agriculture Biology, College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** In this paper, the constructing of the training system on Research Methods and Technologies of Microbiology in Nanjing Agricultural University is discussed. And demonstrating the construction content, construction mode and teaching effect were focused on. The training system is divided into five units and each unit includes two parts, lecture and training of experimental skills. The training system broaden postgraduates knowledge about the application, operation and maintenance of large equipment, and cultivate good experimental technology, rigorous style of experiment, serious scientific attitude, and basic ability and quality of scientific research. The training system is an effective method

**Foundation item:** Nanjing Agricultural University Science Base of Biology Research Training and Research Capacity to Improve Project (No. J1210056); Nanjing Agricultural University Biology Science Base Personnel Training Support Conditions for Construction Projects (No. J1310015); Investigation and Practice on Platform for Innovation and Practice of Agricultural Biology (No. 2015SKJG001)

\*Corresponding author: Tel/Fax: 86-25-84395100; E-mail: qianmeng@njau.edu.cn

**Received:** November 11, 2015; **Accepted:** February 19, 2016; **Published online** (www.cnki.net): March 07, 2016

**基金项目:** 国家基础科学人才培养基金南京农业大学生物学理科基地科研训练及科研能力提高项目(No. J1210056); 南京农业大学生物学理科基地人才培养支撑条件建设项目(No. J1310015); 农业生物学创新实践平台建设的研究与实践(No. 2015SKJG001)

\*通讯作者: Tel/Fax: 86-25-84395100; E-mail: qianmeng@njau.edu.cn

**收稿日期:** 2015-11-11; **接受日期:** 2016-02-19; **优先数字出版日期**(www.cnki.net): 2016-03-07

to improve innovative ability and practical ability of postgraduate.

**Keywords:** Innovative ability, Microbiology, Postgraduate

微生物学是一门实践性、应用性、综合性很强的学科,实验在微生物学发展中发挥了非常重要的作用,微生物学中许多理论和原理都是通过科学家反复实验发现和归纳而来的。微生物学类研究生是高层次专业人才,是知识经济时代社会发展的重要人力资本。研究生的教育是一个科研训练的过程,通过科研训练来提高研究生的科研能力,培养科研意识和塑造科研精神。因此,微生物学的实验教学是培养研究生的重要环节,如何培养研究生掌握大中型仪器设备的实验技术及方法、了解现代微生物学研究的前沿技术和应用发展,对于提高研究生培养质量、拓展研究思路、改善研究效率、掌握先进实验方法、提升学位论文研究水平起到至关重要的作用<sup>[1-3]</sup>。

## 1 “微生物学研究方法与技术”培训体系的构建

### 1.1 培训体系构建的依据及必要性

微生物学类研究生科技创新能力的高低,取决于理论创新能力和创新实践能力的培养,但目前我国研究生教育忽视实践技能培养的现象还普遍存在,主要表现在以下几个方面:(1)研究生创新实践能力的培养未引起足够的重视;(2)研究生创新实践技能学习渠道不畅通;(3)管理机制不利于研究生实践能力的提高。

多数导师往往只给研究生提供研究思路,具体的实验设计和实验技术操作则必须由研究生自行完成。研究生能否早出成果,出好成果,不仅决定科研思路是否可行,也取决于前沿技术和应用发展的掌握程度。水平高、条件好的实验平台往往能给研究生提供许多经验与教训,使其少走许多弯路,能在2-3年时间里发表高水平的研究论文。而在一些条件较差、实验技术人员偏少或偏弱的实验室,许多研究生不得不花费整个学习过程的1/2、甚至

更多时间去摸索一些常规实验的技术参数和条件,影响了研究生科技创新的信心和决心。

同时,随着科学技术的迅猛发展,新技术、新方法、新设备层出不穷,一些先进的实验技术得不到及时传授或亲身操作。而忽视对学生进行实验能力的全面培养,使很多研究生的实验技能不全面,进行实验时思维僵化,综合分析能力弱。

由于上述问题的存在,如何增强微生物学类研究生学术创新能力,提高研究生培养质量就显得尤为重要。我校由研究生院依托校级“农业与生命科学博士生创新中心”,开展了以“微生物学研究方法与技术”为主题的专项培训项目。“农业与生命科学博士生创新中心”拥有39个功能实验室,仪器设备总数1400多台(套),总价值超过6300万元,建有5个实验技术平台,分别为显微影像分析技术平台、基因组学与蛋白质组学分析技术平台、代谢组学分析技术平台、生物信息学分析技术平台、生物化学与分子生物学分析技术平台。根据该中心5个实验技术平台的功能将该专项培训项目分为5个模块,每个模块由研究专题讲座、实验技能培训两部分组成。以专题讲座为引领,以模块实验加强实验技能训练、实验技术学习,掌握现代大中型仪器设备的应用与操作。

目前,该培训体系已被研究生院设置为研究生培养专项项目,1个学分,每年春季进行,专题讲座采取集中上课形式,实验技能培训采取定时分组进行,整个培训项目为期6周。其构建体系见图1。

### 1.2 专题讲座

**1.2.1 蛋白质组学研究技术进展:**主要包括以下四方面内容:(1)蛋白质组学研究前沿与技术进展;(2)化学蛋白质组学研究及其在微生物学中的应用;(3)蛋白质提取分离与鉴定技术及其在微生物学中的应用;(4)蛋白质相互作用的分析检测技术及其在微生物学中的应用。

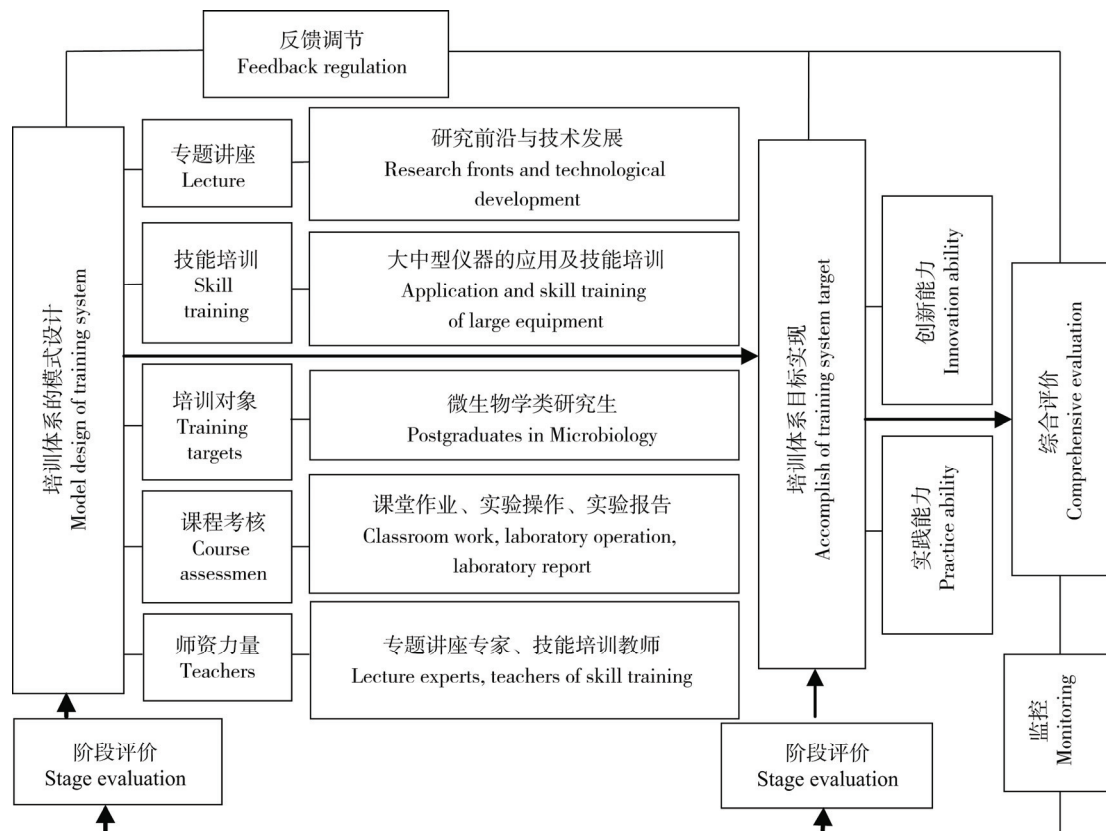


图1 南京农业大学“微生物学研究方法与技术”培训体系

Figure 1 The training system on “Research Methods and Technologies of Microbiology” of Nanjing Agricultural University

**1.2.2 现代分子生物学研究技术进展:** 主要包括以下三方面内容: (1) 现代分子生物学研究技术前沿与进展; (2) 基因表达与调控在微生物学中的应用: 荧光定量 PCR 技术、RNA 干扰、基因敲除和酵母双杂交技术; (3) 基因工程技术在微生物学中的应用: 转基因技术、表达载体的构建、转基因检测技术等。

**1.2.3 生物信息学分析技术应用与进展:** 主要包括以下三方面内容: (1) 基因组学分析在微生物学中的应用; (2) 基因表达调控网络构建; (3) 基因组变异与复杂性状形成的分子进化机制。

**1.2.4 代谢组学研究技术进展:** 主要包括以下两方面内容: (1) 代谢组学研究前沿与技术进展; (2) 代谢组学分析在微生物学中的应用。

**1.2.5 显微影像观测技术与图像解析:** 主要包括以

下三方面内容: (1) 透射电镜影像观测技术及其在微生物学中的应用; (2) 扫描电镜影像观测技术及其在微生物学中的应用; (3) Nipkow 转盘式激光共聚焦技术在微生物学中的应用。

### 1.3 实验技能培训

**1.3.1 蛋白质组学研究技术技能培训:** 主要包括以下五方面内容: (1) 生物大分子的分离纯化和方法优化: 在疏水柱、分子筛、离子交换柱等模式下, 拟除虫类杀虫剂降解酶的分离条件与方法优化; (2) 生物大分子二维液相分离技术和双向电泳技术: 建立绍兴黄酒成品麦曲微生物胞外酶双向电泳技术体系; (3) 荧光差异双向电泳技术(DIGE): 细菌或真菌差异蛋白质组研究; (4) 蛋白质的相互作用分析与鉴定技术: 等温滴定量热仪的应用; (5) LTQ Orbitrap 质谱分析技术在蛋白质组学研究中的应

用:鉴定拟除虫类杀虫剂降解菌中参与农药降解的蛋白。

**1.3.2 现代分子生物学研究技术技能培训:**主要包括大肠杆菌中基因组DNA的提取,荧光定量PCR应用, rRNA基因拷贝数的绝对定量和相对定量分析等。

**1.3.3 生物信息学分析技术技能培训:**主要包括以下五方面内容:(1) 微生物宏基因组测序数据分析;(2) 微生物群落遗传多样性分析;(3) 细菌比较基因组学分析;(4) 细菌 16S 高通量测序分析;(5) 真菌 ITS/18S 高通量测序分析。

**1.3.4 代谢组学研究中分析检测技术技能培训:**主要包括以下三方面内容:(1) 无机元素总量测定及形态分析鉴定:等离子发射光谱法(ICP-AES)测定灵芝中的微量元素,液相-原子荧光联用技术分析测定大型真菌中砷的形态;(2) 有机小分子的色谱分离与质谱鉴定:高效液相色谱(HPLC)分析检测嗜碱微生物细胞内氨基酸;(3) LTQ Orbitrap 质谱在小分子化合物定量分析中的应用:定量分析微生物降解农药残留的降解产物。

**1.3.5 显微影像解析技术及其应用技能培训:**主要包括以下三方面内容:(1) 扫描电镜样品制备、影像观测技术与图像解析:细菌、真菌外部结构观察与分析;(2) 透射电镜负染色制样、影像观测技术与图像解析:细菌、真菌内部结构观察与分析;(3) 激光共聚焦扫描显微镜影像观测技术与图像解析:酵母细胞 GFP 样品的观察分析。

## 1.4 培训对象

该专项培训面向全校微生物学类研究生开展,由学生根据自身需要进行选修。为了保证培训质量,每期培训名额限定 50 人,每位研究生需参加四个模块的研究专题讲座,而实验技能培训,则根据自己的研究方向及兴趣,任选两个模块参加培训。

## 1.5 考核方式

该专项培训采用百分制进行考核,考核包括现场作业、实验技能掌握情况、结合自己研究方向的设计性实验报告 3 部分,每部分分别占 20、30、

50 分。考核成绩合格者计 1 学分。无故缺席者,按 0 分计入个人成绩。

## 1.6 专题讲座专家及实验技能培训教师的挑选

每期培训的专题讲座,均聘请校内外微生物学领域的资深教授、知名企业的高级工程师,每个模块邀请两名专家担任主讲,每期邀请不同的专家进行讲座(每期约 30%–50%的更新率),以便学生能了解到最新的研究热点和前沿技术。

实验技能培训教师由 10 名专职实验技术人员担任,其中 2 人具有博士学位,5 人具有硕士学位。这些实验技术人员的岗位职责,就是面向校内外提供大型仪器的技术服务,他们有多年的实验经验,工作责任心强,具有团队精神和较好的科研背景,在实际的技术服务和课程讲授中学生反响极好。

## 2 教学成效

“微生物学研究方法与技术”专项培训中,注重学生的知识串联和积累,根据现有实验室的条件,每个模块分 1–2 个小组按批次穿插进行,边讲、边做、边解疑答惑,这样虽然保障了培训效果,但增加了培训强度和工作量,指导老师仍然耐心细致,海而不倦,尽力回答研究生工作中遇到的技术问题,毫无保留地将多年积累的经验、技巧奉献传授,保证了培训效果。

参加培训的研究生学习积极性很高,关心咨询的问题也很多,特别是未曾见过的大中型仪器设备。比如,能解决什么样的问题?有哪些微生物学的应用?愿意与培训教师交流自己研究中的实验构思、技术方案、实际困惑,以及遇到的技术瓶颈和实验问题。另外,还有一些未报上名的学生前来旁听研究专题讲座和参加实验技能培训。从培训考核情况看,参与培训的研究生态度认真,培训成效明显,考核成绩良好,师生交流充分,思路相互碰撞,学会了不少大中型仪器设备在微生物学方面的应用。

到目前为止,“微生物学研究方法与技术”专项培训已经举办了 4 期,邀请讲座专家 20 余名,共

有近 200 人受益, 并获得了一致好评。以该培训模式为基础, 2015 年成功申请到一项江苏省相关教改课题。取得的教学成效主要有以下几方面。

## 2.1 掌握了大中型仪器设备的分类、原理、应用、操作、维护等相关知识

由于大型精密仪器价格较高, 仪器原理和操作流程复杂, 往往只会让研究生观看演示操作, 没有更多机会深入了解和使用这些仪器, 不利于研究生学习和掌握。然而该培训项目主张让研究生从样品处理、仪器操作到结果分析都亲自体验, 在此过程中如遇到问题时, 先由小组进行讨论, 然后由指导老师循序渐进地引导, 最后让他们自己处理和解决问题, 从而培养其实践能力、分析和解决问题的能力。例如, 在培训过程中, 有 2 名研究生对扫描电镜、透射电镜和 LTQ Orbitrap 质谱仪表现出极大的兴趣, 培训结束后, 跟随老师做了 2 年的研究生助教工作, 毕业时已经可以独立操作、保养、维护及数据分析, 就业时被多家相关测试企业争相招聘。

## 2.2 启迪了研究思路, 开拓了实验技术视野, 增强了科研训练能力

这样的培训有利于传播最新的研究进展和研究方法, 了解前沿信息, 有利于快速弥补或强化研究生所需的知识与技能。学会了综合运用现代实验技术, 设计解决研究性实验方案, 为研究生后续科研工作地开展提供了方法学上的保障。

## 2.3 有利于研究生创新能力和创新意识的培养

通过该培训体系的训练, 研究生能利用先进的仪器设备、前沿的实验手段及优秀软件开展科研工作, 拓宽了研究生的知识面, 增强了研究生的科研兴趣, 培养了克服困难、不怕艰苦的精神和严谨认真的实验习惯, 以及安全、环保、绿色、低碳的实验理念, 从而培养了研究生的创新思维和科研能力。

## 2.4 加强了研究生与实验技术人员间的相互交流, 相互学习, 共同进步

在培训过程中, 研究生和实验技术人员之间, 就利用各种仪器解决科研问题的方法、技巧与经验进行深入交流切磋, 思路相互碰撞, 更有效地利用

这些仪器获得有价值的科研数据, 推动研究进展, 可以给研究生的课题设计、实验数据总结提出很好的建议。同时, 也促使实验技术人员了解到该领域的最新研究方向和进展, 有助于提高其实验技能。

## 2.5 为大型仪器设备的开放共享奠定了基础

经过这样的培训后, 研究生能熟练地掌握大型仪器的操作、维护及数据解析等实验技能, 为以后大型仪器设备面向科研开放、研究生自己上机测试奠定了基础。这样在减轻实验教师压力的同时, 对研究生个人能力的提高也起到很重要的作用。同时, 也有利于学校资源、条件、技术的利用和共享。

# 3 建议与完善

## 3.1 加强硬件条件建设

这项培训工作受到研究生的欢迎, 后续跟踪观察, 培训过的学生回头联系实验的较多, 成效比较明显。但设备更新与补充方面, 需要通过多方面渠道争取建设经费, 以保证创新中心的进一步建设和持续发展。

## 3.2 培训制度化

从培训中了解到, 生源来自外校的研究生对这种技能培训更感兴趣, 且每年选课人数都超过该项目的限定人数, 因此, 建议该项培训工作最好每年春秋两个学期各开办一次, 既丰富了人才培养的内容和形式, 又不会积累太多的报名学生, 更有益于实验技术培训的细致和深入。

## 3.3 将研究方法与技术的应用能力列入毕业考核

在研究生毕业考核中, 设立研究方法与技术应用能力的内容, 督促和引导研究生注重大型仪器设备应用能力的培养, 以考促练、以评促学。主要包括: 最新研究方法与技术的熟悉程度, 大型仪器设备的使用能力, 数据和图片的解析等。

## 3.4 扩大培训对象, 实现多学科交叉

由于培训中心硬件条件、师资力量、培训经费等方面因素的限制, 目前该培训专项只面向微生物学方向的研究生。今后, 随着硬件和软件各方面条件的不断建设和发展, 将培训对象延伸到其他相关

学科的研究生,实现多学科交叉。

#### 4 结语

创新技能是 21 世纪知识型和信息时代对研究生培养的基本要求,高校面临着培养高素质创新人才的重任,该专项培训以全面提高研究生创新精神和实践能力为宗旨,设置多个创新型实用功能模块,将理论教学与实践教学融为一体,以现代化手段拓展科研训练领域,使研究生能熟练掌握大中型仪器设备的应用、操作、维护等相关知识,培养其良好的实验技能、严谨的实验作风、认真的科学态度,具备了基本的科学研究能力和科学研究品质;并在后续科研工作中,主动地应用这些仪器设备进行探索,为其更好、更快地解决和回答科学问题,提供了方法学和研究手段的准备,也为研究生完善自身知识结构、培养实践能力和创新能力构建了一个良好的平台<sup>[4-5]</sup>。

总之,我们在今后的培训中将不断探索、不断实践、勇于创新;不断完善培训体系,增加实验技能培训的力度,协调并完善管理方法和工作程序,加强创新中心的硬件条件建设,按照“整合、共享、完善、提高”的原则,保障创新中心的良性运行,

真正提升学生的实践能力,培养创新精神,促进学科发展,满足社会需要。

#### 参考文献

- [1] Dong FX, Wang ZJ, Sun W, et al. Broadening experimental technology and improving innovative ability for graduates[J]. *Experimental Technology and Management*, 2012, 29(2): 148-149 (in Chinese)  
董发昕, 王振军, 孙伟, 等. 拓宽研究生的实验技能, 提高研究生的创新能力[J]. *实验技术与管理*, 2012, 29(2): 148-149
- [2] Zhu L, Shi YF, Pan HF, et al. Consideration and construction on practice teaching and skill evaluation index system of postgraduate with major degree in traditional Chinese medicine[J]. *Northwest Medical Education*, 2013, 21(2): 269-272 (in Chinese)  
朱磊, 史亚飞, 潘华峰, 等. 构建中药学专业学位研究生实践教学与技能考核指标体系的思考[J]. *西北医学教育*, 2013, 21(2): 269-272
- [3] Zhong GQ, Jiang QY. The training of practical capability for chemistry postgraduates[J]. *Research and Exploration in Laboratory*, 2010, 29(4): 115-118 (in Chinese)  
钟国清, 蒋琪英. 化学类研究生实践能力的培养[J]. *实验室研究与探索*, 2010, 29(4): 115-118
- [4] Li J, Chen HM. A comparative study of cultivation of graduate students' creativity in the U.S., Germany and Japan[J]. *Journal of Graduate Education*, 2013(1): 85-90 (in Chinese)  
李峻, 陈鹤鸣. 美、德、日三国研究生创新能力培养方式比较与启示[J]. *研究生教育研究*, 2013(1): 85-90
- [5] Tao JY, Kuang SQ, Yang DX. Exploration on postgraduate practice teaching system with innovation-oriented[J]. *Research and Exploration in Laboratory*, 2013, 32(11): 317-320,363 (in Chinese)  
陶俊勇, 邝溯琼, 杨定新. 以创新人才培养为导向的研究生实践教学体系探索[J]. *实验室研究与探索*, 2013, 32(11): 317-320,363