

微生物学研究型设计性实验教学改革与实践

吕志堂* 张秀敏 赵丽坤 石楠 李景晨

(河北大学生命科学学院 河北 保定 071002)

摘要: 生命科学及生物产业的迅速发展对高校学生实践能力和创新能力的培养提出了更高要求。为了提高生物技术和生物工程专业学生的实践能力和科研创新能力,我们在微生物学实验教学中开展了研究型设计性实验教学改革,并针对研究型设计性实验项目的内容特点及其在教学过程中存在的常见问题,总结出一套较为完善的教学设计方式和过程管理模式。为期 12 年的实践表明,开展研究型设计性实验教学对于促进学生的专业学习,提高其实践能力及科研创新能力作用显著。研究型设计性实验教学是具有推广意义的教学新模式。

关键词: 微生物学, 研究型设计性实验, 实践能力, 创新能力

Exploration in reform and practice of research-based designing experiments of Microbiology courses

LYU Zhi-Tang* ZHANG Xiu-Min ZHAO Li-Kun SHI Nan LI Jing-Chen

(College of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China)

Abstract: The rapid development of life science and biological industry puts forward higher requirements on the cultivation of students' practice ability and innovation ability. In order to improve the practice ability and research innovation ability of biotechnology and biological engineering students, we carried out the research-based designing experiments teaching reform in Microbiology experimental courses. In view of the content characteristics of the research-based designing experimental project and the common problems in the teaching process, we summed up a set of relatively perfect way of teaching design and process management. The 12 years of practice shows that the research-based designing experiment teaching has a significant effect on promoting students' professional learning and carrying out their practical ability and research innovation ability. Research-based designing experiment teaching is a new teaching mode with promoting significance.

Keywords: Microbiology, Research-based designing experiment, Practical ability, Innovation ability

Foundation item: Hebei Higher Education Teaching Reform Research Project (2012GJJG40)

*Corresponding author: E-mail: lzt325@126.com

Received: October 23, 2017; **Accepted:** January 24, 2018; **Published online** (www.cnki.net): January 26, 2018

基金项目: 河北省高等教育教学改革研究项目资助(2012GJJG40)

*通信作者: E-mail: lzt325@126.com

收稿日期: 2017-10-23; 接受日期: 2018-01-24; 网络首发日期(www.cnki.net): 2018-01-26

生物产业是 21 世纪创新最为活跃、影响最为深远的新兴产业,是我国战略性新兴产业的主攻方向,对于我国抢占新一轮科技革命和产业革命制高点,加快壮大新产业、发展新经济、培育新动能,建设“健康中国”具有重要意义^[1]。国家在“十二五”和“十三五”生物产业发展规划中先后提出“充分发挥高等院校的作用,重点培养生物产业高端创新型人才等^[2]”和“创新人才培养模式,加强人才培养能力建设,培养生物领域原始创新人才、高技能人才等各类人才^[1]”的人才培养目标。新的形势对高校生物类人才创新能力培养提出了更高的要求,迫使教师必须更新教学理念,改革教学模式,建立适应学生创新能力培养的有效途径。

生物技术和生物工程专业人才培养直接面向生物医药、生物农业、生物制造、生物能源和生物环保产业等生物产业的主要领域。微生物学不仅与生命科学其他分支学科发展密切相关,而且是现代生物技术的理论和技术基础,具有很强的实践性和应用性。微生物学实验是教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会推荐的生物技术和生物工程专业的主要专业实验^[3]。微生物学实践教学的质量直接影响到这两个专业人才培养的质量。在微生物学实验教学改革方面,多数高校采取了逐渐减少基础验证性实验,尽量增加综合性、设计性^[4-6]

或研究性实验^[7]内容比例的做法,这些举措对于提高大学生的学习能力、实践能力和创新能力起到了良好的作用。

目前,在微生物学实验教学方面,我校生物技术和生物工程专业本科生除“微生物学实验”课程外,还开设有“现代微生物学实验技术”(2010 级以前为“微生物学大实验”,以下不再区分,统一称为“现代微生物学实验技术”)。自 2003 级起,我们坚持在“微生物学实验”课程中开设基础、综合和小型设计性实验,在“现代微生物学实验技术”(微生物学大实验)中开设研究型设计性实验,探索了一条培养学生实践能力、创新能力、探索精神和科学思维的有效途径,取得了良好的效果。鉴于“微生物学实验”教学改革的论述较多^[4-6,8],本文仅就我们在研究型设计性实验教学改革与实践方面的经验进行总结。

1 实验内容

1.1 实验项目的选题范围及原则

“现代微生物学实验技术”课程以现代观点审视和重新组织教学内容,在实验内容设计安排上突出“研究型、设计性、创新性”的特点,涉及从微生物分离筛选、微生物分类鉴定、微生物遗传育种、发酵工程到菌种保藏及微生物检验等相关领域,形成了微生物资源开发利用的完整的技术体系(表 1)。

表 1 2003 级以来“现代微生物学实验技术”课程学时数与教学内容安排

Table 1 Class hours of the teaching contents of Modern Microbiological Experiment Technology from 2003 edition

培养方案/总学时	实验名称/学时			
Edition/Total class hours	Experiment name/Class hours			
2003 Edition/216	纤维素酶高产菌株的选育	酵母菌呼吸缺失突变体的	微生物菌种保藏与恢复	乳酸菌的分离与乳制品
	及发酵条件优化/36	选育及其固定化细胞酒精	培养技术/18	的发酵技术/18
		发酵/36		
	制霉菌素的发酵、提取、纯	原生质体融合育种及其生	基因的体外定点诱变/30	现代微生物分类技术/18
	化及效价测定/30	产应用/30		
2006 Edition/119	活性芽孢杆菌的分离、鉴定	乳品发酵与检验技术/32	营养缺陷型的筛选、鉴	制霉菌素的发酵、提取、
	与育种/36		定与原生质体融合/21	纯化及效价测定/30
2010 Edition/68	芳香化合物降解菌的分离、	氨基酸营养缺陷型的筛选	制霉菌素的发酵、提取、	
	选育与降解特性测定/24	及鉴定/16	纯化及效价测定/28	
2014 Edition/102	活性芽孢杆菌的分离、鉴定	乳品微生物检验技术/32	发酵条件优化及发酵产	
	及育种/36		物的提取、纯化/34	

研究型设计性实验教学毕竟不同于第二课堂科研实践,前者要组织课堂教学,实施研究,而后者则是通过学生参加导师科研项目或自主申请项目在导师指导下完成的,所以我们在教学中坚持如下3条原则:(1) 学生选题必须在教师规定的大范围内进行,以免题目太多无法开展课堂教学;(2) 将整个课程教学分为活性菌株分离筛选和鉴定、微生物遗传育种及发酵工程技术3个模块,学生选题必须按上述次序顺序进行,完成整个课程的研究型学习;(3) 鼓励以本组前期工作为基础开展后续研究型设计性实验,例如利用自己筛选得到的活性菌株为材料设计育种方案,筛选得到优良突变株后优化其发酵条件。

1.2 实验内容的深度与广度

实验项目的深度与广度都应该把握一个合适的度。内容太少则不能有效地进行专业知识的融会贯通,内容太多又不能在有限的时间内获得实验结果,容易导致实验流于形式,伤害学生的学习积极性^[7]。教师在布置题目、审核研究方案时都要给予充分考虑,要努力做到既鼓励学生的探索、创新精神,又切合实验室条件,内容充实而不庞杂,深度合适,在教师指导下能够较顺利完成。以“活性芽孢杆菌的分离、鉴定及育种”为例,芽孢杆菌属分布广泛,以丰富的代谢产物和多样的生物活性著称,由于其芽孢耐高温的特性使其较容易分离,从而保证了学生能够获得进一步进行鉴定和育种的实验材料。

1.3 实验内容案例

多年来,在“活性菌株分离筛选和鉴定”模块,学生选题多集中在产酶(纤维素酶、蛋白酶、脂肪酶等)芽孢杆菌的分离筛选和鉴定(2006版、2014版)、污染物降解菌(苯胺、甲苯等)(2010版)的分离筛选和鉴定等领域;“微生物遗传育种”模块通常利用前期得到的优良菌株开展菌种选育,而“发酵工程技术”中有继续前面研究的,也有以实验室提供的活性菌株(制霉菌素、土霉素、谷氨酸产生菌,纤维素

酶、蛋白酶、脂肪酶等酶类产生菌等)产生菌为材料开展研究的。例如,多年来学生们采用较广的一条基本研究路线是“分离筛选纤维素酶产生菌—对分离的活性菌株进行鉴定和保藏—采用理化诱变筛选抗葡萄糖代谢阻遏突变株得到纤维素酶高产菌株—正交试验优化产酶发酵条件—提取纯化纤维素酶”,根据学生前期实验情况和兴趣,也有不少学生在发酵工程技术模块部分进行制霉菌素、土霉素或谷氨酸的发酵优化和产物提取,无论采用哪条路线,都要进行发酵过程的检测,包括还原糖、总糖、氨氮、总氮、pH、产物积累等指标。

2 实验教学组织

2.1 学生设计实验方案

上课前2周,教师提前说明教学目的,将研究型设计性实验题目选题范围和研究方案设计要求布置给学生,按3-4人一组,查阅文献资料,讨论并制定实验方案,包括选题依据、总体技术路线、实验材料、实验步骤及方法、预期结果、可行性分析等。该阶段不仅可培养学生查阅利用各种文献资料的能力及提出问题、发现问题的能力,还可锻炼和培养学生设计研究方案的解决问题能力。

2.2 教师指导修改实验方案

学生提交实验方案后,实验教师审阅各组方案,提出修改意见。教师在本环节主要把握学生选题是否偏离、技术路线是否可行、研究方案是否合理、方法是否正确,同时要注意所需仪器条件是否具备或通过院内其他实验室能否协调等问题。对于学生设计合理但仪器条件不具备或所需经费太高的技术路线,一方面要予以肯定,另一方面要给出合理的替代方案建议,保证研究型实验的开展;对于确实不具备条件的选题,要及时予以调整。方案确定后,组织各实验小组分别汇报,并要求其对实验方案进行可行性分析,然后集体展开讨论。此外,教师要进一步审核每组的研究方案,发现遗留问题或学生修改中出现的新问题。

2.3 分类指导实验方案的实施

由于每组选题和实验方案都可能存在不同程度的差异, 所以教师对每组的选题都要心中有数, 对于共性问题或绝大多数组可能出现的代表性问题, 可以在每次实验前集中讲解; 对于不同组可能遇到的个性问题, 要坚持分类指导, 保证研究实验的顺利开展。本环节要求每组学生在教师的指导下完成从准备实验、实施实验到实验结果观察及数据采集的所有工作。

2.4 实验总结

每完成一项研究型设计性实验项目, 教师都要针对实验完成情况和实施中出现的问题进行总结、讲评。一方面有助于学生理清研究进展和成果, 总结实验得失, 另一方面也有助于教师改进以后的教学工作。

2.5 撰写研究论文

每个模块研究实验结束后, 要求每位学生利用本组实验数据独立完成一篇研究论文, 即坚持“数据共享, 独立撰写”的原则。论文中除一般科研论文的中英文摘要、前言、材料与方法、结果与讨论外, 要求每个学生独立分析实验过程, 包括成功的经验、失败的原因, 以及个人的体会。本环节不仅可锻炼学生的科研论文写作能力, 也有助于学生从实验总结中积累经验、汲取教训、拓宽思路。

2.6 教学组织案例

同样以“活性芽孢杆菌的分离、鉴定及育种”为例说明我们的实验教学组织是如何开展的。上课之前将芽孢杆菌及其产物在生产实践中的应用情况简单介绍给学生, 要求大家根据自己的兴趣在限定的纤维素酶、蛋白酶、脂肪酶等酶类产生菌范围内选题; 对于酶活测定, 一般推荐采用最常用的 3,5-二硝基水杨酸法测定纤维素酶活性, Folin 酚法测定蛋白酶活性, 碱滴定法测定脂肪酶活性, 以保证方法的可靠性, 并方便准备实验材料; 菌种鉴定部分通常保证每组一株菌的 16S rRNA 基因扩增、测序和形态、生理生化鉴定; 育种部分可以提供紫

外诱变、微波诱变、亚硝基胍诱变等理化诱变、理化复合诱变和常压室温等离子体诱变条件, 不建议进行其他诱变方式选育。由于时间和仪器限制, 不进行化学分类和 DNA-DNA 杂交等实验内容。

3 遇到的问题及对策

3.1 课程内容的演变

在 2003 版培养方案中, 该课程长达 216 学时, 实验内容丰富而全面, 但是综合性差, 各实验内容上存在交叉重叠, 尤其是育种方面的内容重复较多。由于国家对本科培养方案总学时的压缩, 在之后各版的培养方案中, 根据总课时、总学分及对实践环节学分和学时比例的要求, 该课程在保留总体内容框架的前提下, 对实验内容进行了优化调整, 但均包括了活性菌株分离筛选和鉴定、微生物遗传育种及发酵工程技术 3 个基本模块, 除 2010 版之外, 还都包括了实用性较强的检验技术训练。

3.2 教师指导效果保障

首先, 研究型设计性实验的工作量大、内容丰富, 为保证指导效果, 教师必须在时间上多投入、知识上多储备, 并与实验员密切配合。对学生研究方案的修改必须在课余时间提前完成才能保证课上的实施。同时, 微生物学研究的特点决定了经常需要在非正常上课时间到实验室进行实验、采集数据, 教师不仅要坚持到实验室指导, 保证主要环节的指导到位, 还要事先了解学生的课程安排, 指导学生合理安排实验, 避免或尽量减少与其他课程学习的冲突。对于课余时间学生进行的培养基和试剂配制、接种等常规操作, 第一次操作时任课教师要保证指导到位, 后续重复工作由实验员监督进行。

其次, 在师生比方面要有充分保障。多年来, 本课程始终坚持每班 20-24 人的班容量, 由两名教师共同指导, 一名实验员协助指导, 以保证指导效果。

3.3 实验材料保障

每个研究型设计性实验如同一个压缩的小型科研项目, 由于实验教学时间有限, 有时候结果不

理想,无法为下一阶段研究提供有效的实验材料。这就要求教师提前为学生准备好“备胎”,或采用其他组同类项目得到的菌株以保证每组的研究方案都能顺利实施。以“营养缺陷型菌株的筛选、鉴定与原生质体融合”实验为例,有时候由于琼脂预处理、试剂质量和菌种材料准备等原因,学生自己筛选的营养缺陷型菌株鉴定结果不确定,这些学生一般就会采用实验室准备的已确定的营养缺陷型菌株进行原生质体制备和融合实验。

3.4 实验室开放

开放性实验室有利于学生个性化的培养,提高实验设备的使用效率,这也是研究型设计性实验顺利完成的重要保障^[7,9-10]。教师需要通过指导学生合理安排实验进度,尽量保证利用正常上课时间完成研究型设计性实验的主要环节实验,而对于常规环节,如培养基和试剂的配制、灭菌、清洗器皿等,我们坚持实验室开放,方便学生在课下进行相关实

验。为确保本课程学生对开放实验室的使用,“现代微生物学实验技术”课程的实验员在工作时间无论是否有课都要确保到岗,其他时间实验室也安排第二课堂学生和研究生助教值班。

4 实验教学改革效果评价

2005年至今,我们曾6次对生物技术和生物工程专业选修“现代微生物学实验技术”课程的学生做问卷调查,认为本教学改革有助于进一步掌握和理解微生物学基本知识和基础理论的占98.43%,认为有利于提高实践能力的占98.69%,认为有助于培养科研能力和创新能力的占98.29%,赞同此项改革的学生占94.23%(图1)。不赞成实验教学改革的学生其理由主要是占用课余时间多。学生普遍认为通过本课程的学习,学会了研究课题和设计研究方案,实践能力得到提升,培养了科研创新能力,促进了科研思维习惯的养成。

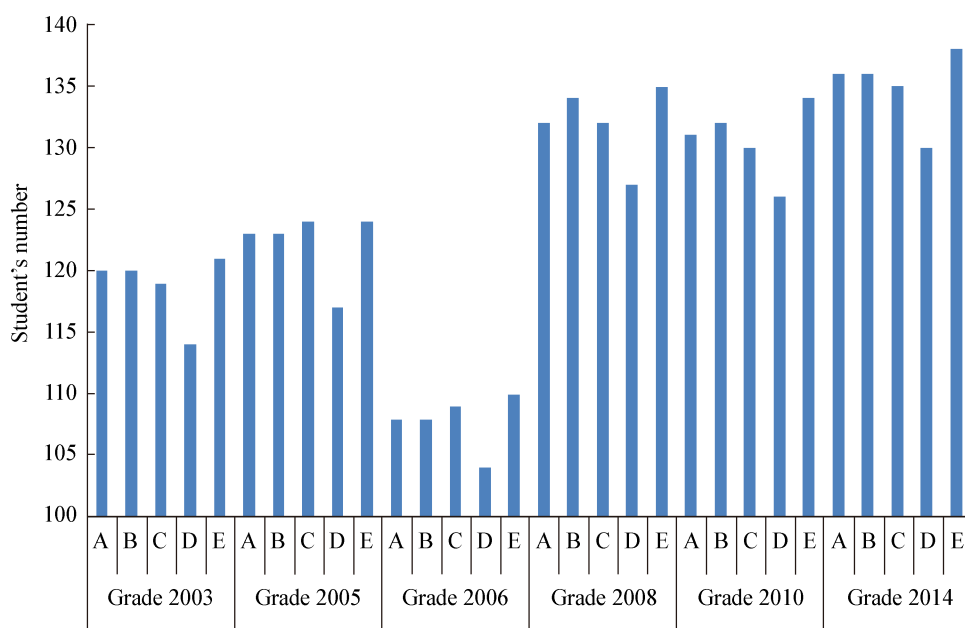


图1 历次问卷调查情况

Figure 1 Questionnaire survey

注:A:有助于进一步掌握和理解微生物学基本知识和基础理论;B:有利于提高实践能力;C:有助于培养科研能力和创新能力;D:赞同课程改革;E:问卷回收数。

Note: A: Help to further grasp and understand the basic knowledge and basic theory of Microbiology; B: Benefit to improve the practice ability; C: Help to cultivate scientific research ability and innovation ability; D: Agree with the curriculum reform; E: Number of recovered questionnaires.

实施“现代微生物学实验技术”教学改革以来, 经过本课程学习的生物技术和生物工程专业学生的毕业论文(设计)普遍受到教师的欢迎, 教师对这两个专业学生的满意率达 90%以上, 较改革前显著提升。自 2012 级开始, 河北大学与中国科学院微生物研究所联合举办生命科学“菁英班”, 每年从这两个专业选拔 20 人左右采用“3+1”模式进行培养, 大四在中国科学院微生物研究所进行进一步的研究型学习, 这些学生的微生物学实验技能和创新能力得到了该研究所领导和指导教师的高度评价, 研究生部主任刘宏伟研究员在第一届“菁英班”毕业答辩后给河北大学发函称赞学生素质非常高, 他认为“部分学生的本科毕业论文达到了中国科学院硕士研究生毕业水平”。在 2017 年“菁英班”选拔时, 中国科学院微生物研究所甚至临时决定将选拔规模提高到 25 人。这两个专业的毕业生有 40%–50% 在中国科学院、中国医学科学院等科研系统及国内外重点高校读研, 其他多数直接就业, 无论是读研还是在工作中, 也都表现出实践能力强、创新思维活跃等特点, 受到了用人单位的一致称赞。

REFERENCES

- [1] National Development and Reform Commission. The 13th five-year plan for the development of biological industry[Z]. 2016-12-20 (in Chinese)
国家发展改革委. “十三五”生物产业发展规划[Z]. 2016-12-20
- [2] The State Council of the People's Republic of China. The plan for biological industry development (Guofa (2012) No. 65)[Z]. 2012-12-29 (in Chinese)
国务院. 生物产业发展规划(国发(2012)65 号)[Z]. 2012-12-29
- [3] Teaching Guidance Committee for Biological Science and Engineering of the Ministry of Education. Introduction of undergraduate biology major in colleges and universities[J]. Biology Teaching in University (Electronic Edition), 2011, 1(1): 3-8 (in Chinese)
- [4] Sun ZJ, Fan L, Qu YB, et al. Practice and exploration of experimental mode on the basis-comprehension design type microbiology[J]. Experimental Technology and Management, 2007, 24(7): 109-111 (in Chinese)
孙智杰, 范蕾, 曲运波, 等. 基础-综合设计型微生物学实验模式的实践与探索[J]. 实验技术与管理, 2007, 24(7): 109-111
- [5] Yuan S, Xu XS, Dai CC, et al. Reform and practice of experimental curriculum in microbiology[J]. Higher Education of Sciences, 2012(2): 138-140 (in Chinese)
袁生, 徐旭士, 戴传超, 等. 微生物学实验课程的改革与实践[J]. 高等理科教育, 2012(2): 138-140
- [6] Li XS, Lu BS, Wang FY. Exploration of practice teaching of microbiology: the design and discussion of the integrated experiments[J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(12): 98-100 (in Chinese)
李新社, 陆步诗, 王放银. 《微生物学》实践教学探索——综合性实验的设计与探讨[J]. 现代食品科技, 2007, 23(12): 98-100
- [7] Li S, Wang HQ, Zhou H, et al. The application of designing experiments from scientific research in Microbiology courses[J]. Microbiology China, 2009, 36(1): 134-136 (in Chinese)
李霜, 王浩绮, 周华, 等. 科研设计性大实验在微生物学实验教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2009, 36(1): 134-136
- [8] Li JQ. Innovative teaching of microbiology experiment[J]. Experiment Science and Technology, 2012, 10(2): 121-123 (in Chinese)
李姣清. 微生物学实验课的创新式教学[J]. 实验科学与技术, 2012, 10(2): 121-123
- [9] Huang XM, Zeng SR, Ke Y, et al. Teaching reform of open lab and cultivation of creative personnel[J]. Experimental Technology and Management, 2006, 23(3): 16-18 (in Chinese)
黄晓敏, 曾松荣, 柯野, 等. 实验室开放式教学改革与创新人才培养[J]. 实验技术与管理, 2006, 23(3): 16-18
- [10] Guo DY, Xuan H, Hu HP. Promote open-lab teaching by changing experimental-course patterns[J]. Tsinghua Journal of Education, 2004, 25(5): 98-100, 120 (in Chinese)
郭大勇, 宣华, 胡和平. 转变实验课培养模式, 推动实验室开放型教学[J]. 清华大学教育研究, 2004, 25(5): 98-100, 120