

## 生物工程实验教学改革探索

徐立新 陈玉香\* 钱延春

(吉林大学 生物与农业工程学院 吉林 长春 130022)

**摘要:** 为了满足社会对于生物工程创新型、工程型复合人才的需要, 本文针对专业实验课程进行了改革与探索, 通过优化实验教学体系、改革生产实习与毕业论文环节和构建课外实验等措施, 建立了以培养学生创新能力、工程意识和解决问题能力为目的的创新实验教学模式, 使学生对于生物工程理论知识和前沿科技有了更好地理解, 有效地改善了实验教学的效果。

**关键词:** 生物工程, 实验教学, 教学改革

## Research about cultivation of Bio-engineering compound talent

XU Li-Xin CHEN Yu-Xiang\* QIAN Yan-Chun

(College of Biology and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun, Jilin 130022, China)

**Abstract:** The cultivation aim of bio-engineering major is compound talent training of the innovation and engineering type. This paper discusses some approaches in reforming experimental teaching. By optimization of experiment teaching system, reformation of production practice and graduation thesis, construction of extracurricular experiment and so on, an innovative experimental teaching system whose aim is to promote the student's innovation ability, engineering practical ability and solving question ability was constructed. The novel experimental teaching system makes undergraduates have a good knowledge of the theory and current focuses of bioengineering. The quality of the experimental teaching was significantly improved.

**Keywords:** Bio-engineering, Experimental teaching, Teaching reform text

基金项目: 吉林省高等教育教学研究课题; 吉林大学基本科研业务费; 吉林省科技发展计划项目(No. 201201056)

\*通讯作者: ✉: chen@jlu.edu.cn

收稿日期: 2012-11-15; 接受日期: 2013-03-05

生物工程作为 21 世纪的三大前沿学科之一, 是当今世界发展最快的专业之一<sup>[1]</sup>。作为一门实践性及应用性较强的学科, 加强实验教学不仅能加深学生对专业理论知识的理解, 而且能全面地培养学生的实验能力、工程应用能力及分析问题和解决问题的能力, 从而提高学生的创新能力和科研能力<sup>[2]</sup>。

传统的实验教学是教师根据理论课程内容事先选定实验内容和方法, 并准备好实验试剂, 学生在实验过程中所需要做的是按部就班地进行操作并记录数据, 这也导致了本科实验课内容多为演示性、重复性、验证性实验, 而缺乏实用性、综合性、学科前沿性实验<sup>[3]</sup>。整个实验设计既不能充分调动学生的想象力和创造力, 也不能激发学生对科研的兴趣, 不利于培养学生的创新意识和综合素质<sup>[4]</sup>。

为了更好地培养国家所需的创新型及工程型生物工程人才, 我们针对生物工程专业实验教学所存在的实际问题, 在不断完善实验室建设的同时, 对实验教学模式进行了初步的探讨及实践。通过优化实验教学体系、改革生产实习与毕业论文环节和构建课外实验等措施, 充分调动学生的主观能动性, 使学生不仅作为一个实验的记录者、旁观者, 更是作为一个实验的计划者、实施者来加入到实验中, 取得了较好的教学效果<sup>[5]</sup>。

## 1 实验教学体系的优化

原有实验课程结构中, 授课教师依据各自的经验和对理论课程重点内容的理解自行设置实验课内容。由于授课教师间缺乏应有的沟通, 并出于对传统基础实验的重视, 造成了专业基础实验课重复性内容较多, 不能唤起学生的兴趣, 浪费了教学资源。在专业实验课的设置上, 授课老师在有限学时内将实验分解成几个部分来强化理论知识, 造成课程设置前后不衔接、不连贯,

导致了学生知识面过窄, 不能综合运用所学解决实际问题。为了改变生物工程专业不合理的实验课程体系, 考虑到专业的办学特色和实际实验条件, 统一调整了实验课程结构, 将重复的实验内容保留在一门课程中, 其它课程则增加一些实用性、创新性实验, 并在专业实验课阶段, 以综合性大实验的要求来建设每门课程, 使每门实验课都有一个完整的体系, 有针对性地培养学生的不同素质, 使每门课程在有限的学时内都有不同的内容、不同的重点, 同时使整个实验课程结构具有前后联系、逐渐加深、互相支撑的特点, 有利于调动学生的实验热情, 并使其掌握更多的实验方法。

专业基础实验课的目的是训练和规范学生的基本实验技能和操作方法, 对所观察的现象做出合理的分析, 并通过获得的实验数据撰写合格的实验报告<sup>[6]</sup>。在调整实验课程结构时, 删除了部分重复实验, 增开了一些实用实验。同时, 在实验条件满足的前提下, 去除了一些验证性实验, 增加了一些学科前沿性实验。例如在原有课程结构中, 普通生物学、微生物学、细胞生物学中都开设了“显微镜的结构和使用”这一实验, 在依据理论课程结构对实验课程进行调整后, 这一实验只保留在细胞生物学中, 其他两门课则分别改设了“血涂片的制作和血型鉴定”和“啤酒或其他样品中微生物的分离和纯化”, 改设的两个实验将理论知识应用到解决具体实际问题上来, 调动了学生的主观能动性, 使学生掌握了相应实验技能, 并使学生对于理论知识的理解更加深刻。再如免疫学实验, 在原有课时不变的基础上增开了“免疫印迹实验”, 使学生掌握了蛋白质垂直板电泳、电转移的原理和方法, 学会用 Bradford 法测定蛋白质浓度并能够根据蛋白质免疫印迹结果对蛋白质进行定性分析, 通过这一实验使学生掌握了相关实验技术, 引起了学生的科研兴趣, 取

得了良好的教学效果。

专业实验课的目的是通过交叉学科知识运用、自主文献检索和实验设计培养学生的创新意识和实践能力,因此在这一类实验的设计中加入了许多设计性、综合性、工程性知识的应用。同时,将“课题制”引入专业实验课,实验以课题的形式布置给学生,由学生自主完成实验,开拓了学生的眼界,熟悉了科研的一般过程。实验分为三个阶段:第一阶段为准备阶段,在这一阶段教师给出题目,学生自主查文献、设计实验方案,定期向老师汇报进度,培养学生的实验设计和创新能力;第二阶段为操作阶段,在这一阶段学生进行具体实验操作,由于实验连续性较强,实验技能要求较高,锻炼学生的实验操作技能;第三阶段为总结阶段,在这一阶段教师对学生的实验进行评述,同时对实验成绩进行评定,实验成绩的80%取决于学生在实验中所表现出的查阅文献能力、实验设计能力、实验技能、实验报告撰写能力四方面,20%取决于实验结果,新的考评机制打破了以往通过出勤率及实验现象评分的机制,有效地促进学生独立思考能力,提高学生的综合实验素质。以基因工程课为例,实验设计依托教师的科研课题,国家自然科学基金项目“基于人参发根的人参皂苷生物合成机理研究”设计实验,以目前的研究热点人参皂苷合成途径中的关键酶达玛烯二醇合成酶(DS)为研究对象,通过DS在酿酒酵母中的异源表达来研究DS在人参皂苷合成途径中的应用,整个实验内容涵盖了分子生物学、免疫学、微生物学、基因工程、生物分离工程等多门课程内容,培养了学生的创新意识和科研思维,提高了学生综合运用所学知识解决实验中遇到的实际问题的能力。再以生化工程为例,以发酵法制备酒精为内容设计实验,通过固定化酵母进行酒精发酵及对发酵性能进行测定,使学生掌握细胞固定化的多种方法和发酵法生

产酒精的流程,整个实验内容涵盖了微生物学、发酵工艺原理、生物工程设备、生物分离工程等多门课程内容,培养了学生的工程应用能力,为将来的工作和学习打下了良好的基础。

值得一提的是,学生在正式实验之前进入实验室,在实验室老师的指导下自行准备实验所需的药品和仪器,这样就有效的使学生熟悉了仪器并规范了其实验操作,为下一阶段的学习打下了良好的基础。

## 2 生产实习和毕业论文改革

实习和毕业论文(设计)是生物工程本科实践教学非常重要的环节,是将所学的理论知识、专业知识与实际应用相结合的实践过程。生产实习是通过学生在工厂内的学习和实践,使其接触工业化生产,了解实际生产的过程。由于工厂方面对安全 and 生产有要求,学生在生物工厂实习期间,很难切身参与到实际生产过程中,实习效果不理想<sup>[7]</sup>。毕业论文(设计)是本科教学过程中最后一个重要的教学环节,是培养学生的工程实践能力,提高学生的创新能力和解决实际问题能力的重要一步。由于师资力量不足、选题脱离实际等原因,毕业论文(设计)存在诸多问题<sup>[8]</sup>。为了培养创新型及工程型的生物工程人才,改进了原有实习和毕业论文(设计)环节,将企业的生产工艺在学校实验室规模下加以实现,同时聘请企业高水平技术人员指导本科生的工艺实习和毕业论文,并将解决的企业问题作为学生的毕业论文选题,调动了学生的学习积极性,取得了较好的教学效果,具体措施体现在以下三方面:

(1) 工厂认识实习与实验室操作相结合。实习前,指导教师会对总体内容进行介绍,同时布置关键问题,引导学生查阅文献资料并设计总体试验方案,然后组织学生去相关生物工厂认识实习,通过工厂相关技术人员的介绍及实地考察学

习, 学生与自己设计的实验方案相印证, 从而加深对某一生物产品的生产设备、工艺路线的认识。同时我们依据学生理论课所学习的基础知识和生物工程的发展趋势选取了三项实验内容, 能够在学校实验室条件下, 实现小规模制备, 有利于学生充分理解某一生物制品的生产工艺原理并掌握相关工艺路线, 这三个实验分别是: 以淀粉为原料, 发酵制备酒精, 使学生熟悉整个生产工艺, 理解和掌握发酵法生产酒精的工艺原理和关键技术; 利用白腐真菌发酵制备降解木质素粗酶等, 使学生了解生物物质资源的利用状况及发展趋势; 通过实验室规模的生物反应器培养人参发根来提取人参皂苷, 并对其含量进行测定, 使学生了解发根培养的原理及优势。通过这些精心选择的实验内容, 使学生实际操作与企业参观相结合, 培养了学生积极思考的习惯, 锻炼了学生操作技能, 达到工程训练的目的, 实习效果明显提高。

(2) 与企业合作实现双赢。组织教师到工厂调研, 并聘请相关企业高水平技术人员给教师授课, 使教师充分认识某一生物产品的生产设备、工艺路线、工厂设计等, 积极鼓励教师承担企业横向项目或与企业联合承担科研项目, 解决企业生产中存在的实际问题或研发新工艺。教师通过这类项目, 真正参与到企业的生产中, 熟悉了企业的生产工艺, 提高了科研应用能力, 便于指导学生的实践与毕业设计。同时, 教师将科研项目的一部分作为学生的毕业论文选题, 由于学生有过生产实习的经历, 这种以企业生产实际为背景开展的毕业论文较易唤起学生的科研兴趣, 提高了学生综合运用所学知识解决生产中存在的实际问题能力, 为今后的学习及工作打下了坚实的基础。例如我系教师与大成集团合作进行的“玉米淀粉酶法浸泡生产工艺”的项目, 在玉米淀粉生产工艺中, 采用酶来处理玉米, 减少了一氧化

硫用量及浸泡时间, 降低了环境污染, 提高了生产效率, 取得了较好的研究结果。其所带本科生的毕业论文为“一株产中性蛋白酶菌种的筛选”, 引导学生在解决实际问题的同时, 熟悉淀粉生产的工艺。再如我系教师承担的项目“大肠杆菌木糖好氧发酵生产琥珀酸的研究”, 其所带本科生的毕业论文为“琥珀酸代谢网络的改造”, 使学生更好地理解琥珀酸生产工艺的同时, 大胆进行科研创新, 改造原有工艺, 培养了学生的创新能力及工程意识, 取得了较好的教学效果。

(3) 聘请企业高水平技术人员作为副导师指导本科生的工艺实习和毕业论文。这些技术人员对其工作领域的工艺路线和设备较为熟悉, 因此其指导内容针对性较强, 更加注重生产中的实际问题, 有效地解决了科研与生产相结合的实际问题, 提升了实验教学效果; 同时, 这一措施也解决了我们的师资力量不足和学生缺乏工程意识的问题。

经过近几年不断对教学方案进行改革和实践, 学生的工程应用能力有了显著提高, 能够针对工厂存在的实际问题通过查阅文献提出解决方案, 同时通过毕业设计也能对一些工艺路线和设备结构提出设计方案, 有效地培养了学生分析问题和解决问题的能力, 为学生就业提供了更好的保障。

### 3 课外实验构建

为了更好地拓宽学生的知识领域、延伸专业技能、掌握科学研究的方法和手段, 将“大学生创新性实验计划”作为延伸课内实验的平台, “开放实验室”为这个平台的有益补充。每一次申报“创新性实验计划”前, 相关任课教师经讨论研究后都会从承担的科研项目中提出与课程实验相关的研究项目供学生选择, 学生可以根据兴趣自组科研团队申请加入项目研究, 经导师同意后, 在

导师的指导下自行文献检索、实验设计、向学校申请“大学生创新性实验计划”立项。由于实验项目建立在课程实验的基础之上,学生较易接受,因此项目申报率2012年达到70%,同时,实验项目建立在科研项目的基础之上,立项也较为容易,项目申报成功率2012年达到56.7%,项目的水平也不断提高,2012年国家级、校一级项目数占总项目数的60%以上,这也从另一个侧面说明学生的创新意识和综合素质在不断提高。立项失败的科研小组由指导教师提供一定实验经费,实验室提供常规的药品和耗材,在“开放实验室”进行相应的实验。鼓励学生将选题与毕业论文相联系,提高了学生参与课外实验的热情。例如“人参三萜苷元生物合成关键酶 P450的分离与鉴定”、“人成纤维细胞生长因子-10 (FGF-10)在人参中的表达”、“利用人参根际微生物发酵法转化人参皂苷的研究”等实验项目与基因工程课程实验都出自教师的同一项国家自然科学基金项目。再如“产1,3-丙二醇微生物的筛选及其发酵条件的优化”、“生物降解秸秆木质素的瘤胃微生物的筛选及其理化性质研究”、“人参发根简易培养装置的研制及人参皂苷工厂化生产方式的研究”等实验项目全都建立在生产实习实验的基础上。这些实验项目虽然各自研究重点不同,但其相关科研背景及实验方法学生在课程实验中都有所了解,较易产生科研兴趣,同时新的实验内容开阔学生的科研视野,最大限度地提高了学生的创新能力。

## 4 结语

随着生物技术的不断发展,生物产业对于创新型和工程型复合人才的需求不断提高。针对这

一点,我们对原有实验教学环节进行了改革,教学效果不断改善,学生的创新能力和工程意识不断提高。新的实验模式对于实验教师提出了更高的要求,因此实验教师必须与时俱进、推陈出新,不断地学习新知识、掌握新技术、开发新实验。

## 参考文献

- [1] 曹军卫, 杨复华, 张翠华. 生物技术专业建设的实践与探索[J]. 微生物学通报, 2002, 29(2): 99-101.
- [2] 李江华, 房峻, 郑飞云, 等. 生物工程综合实验教学创新体系的构建[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(4): 222-223, 228.
- [3] 常景玲, 李兰, 郭丹钊, 等. 生物工程实验课程教学改革探索[J]. 实验科学与技术, 2008, 6(2): 78-79.
- [4] 刘胜贵, 付明, 张俭. 生物工程大实验教学模式探索[J]. 实验技术与管理, 2007, 24(2): 126-128.
- [5] 刘长建, 王艳颖, 姜波, 等. 改革实验教学方式提高生物工程学生应用能力[J]. 微生物学通报, 2008, 35(9): 1497-1499.
- [6] 张琇, 刘雅琴, 倪志婧. 民族院校生物工程专业微生物实验教学体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2010, 37(11): 1701-1704.
- [7] 陈玉香, 张晶, 李殿云, 等. 生物工程专业工艺实习教学探索与改革[J]. 生物学杂志, 2011, 28(4): 93-95.
- [8] 姜爱莉, 林剑, 于贞, 等. 烟台大学生物工程专业生产实习教学改革的探索和实践[J]. 微生物学通报, 2010, 37(12): 1816-1819.