



## 微生物工程实验课程建设与教学实践\*

马小魁 陶树兴 邰发道 魏希颖

(陕西师范大学生命科学院 西安 710062)

**摘要:** 从实验室建设、课程体系建设、课堂教学实践等方面探讨了目前微生物工程实验课程建设与教学实践中的突出问题。

**关键词:** 微生物工程实验, 实验室建设, 课程体系建设, 课堂教学实践

**中图分类号:** Q93   **文献标识码:** A   **文章编号:** 0253-2654 (2006) 05-0165-04

《微生物工程实验》是微生物工程课的重要组成部分, 其独特的实验技术在现代生物技术学科的发展中占有突出位置。目前很多学校还没有开设或者仅仅将其作为附带课程<sup>[1]</sup>。总结本课程建设和教学实践中的一些心得与同行共享。

### 1 实验室建设突出理论课教学大纲“两条主线和一个落脚点”

微生物工程实验一般都是一些大型的综合性实验, 过程复杂, 教学环节多, 实验设备昂贵、资金投入大, 因此实验室建设秉承正确的建设思想至关重要。在实验室建设过程中, 我们注意突出理论课教学大纲的两条主线和一个落脚点, 即以生物反应器构造、类型及发酵控制作为一条主线, 以大肠杆菌基因工程菌表达目的蛋白为另一主线(同时兼顾发酵产品下游处理技术及改进等内容), 以帮助学生系统掌握微生物工程的基本概念、理论和基本实践技能为落脚点; 同时考虑生物技术等专业培养创新和实用型人才的需要, 实验室建设既注重了经典微生物工程技术实验室设备的购置, 又考虑了现代微生物工程技术包括基因工程和细胞工程等实验技术的需求。目前, 我们已购置了全自动生物反应器, 小型喷雾塔、离子交换系统、板框过滤器、硅藻土过滤器、冷冻干燥机、真空干燥机、显微镜、紫外分光光度计、大型离心机、灭菌锅、电融仪、蛋白质纯化系统等设备, 结合本院基因工程实验室的部分设备, 已建成了设施和功能基本齐全, 能满足实验教学和科研需要的微生物工程实验室。随着相关软件环境和资源配置的优化, 其辅助教学和科研的功能将日臻完善。

### 2 课程体系建设

#### 2.1 实验内容选择上注重综合性、连续性和实用性

在组织实验内容时, 我们紧扣理论课教学大纲的两条主线和一个落脚点, 改变了过去专业课实验以独立、分散和验证性、示范性实验为主的课程设置思想<sup>[2]</sup>, 内容上

\* 陕西师范大学教改项目

收稿日期: 2005-12-23, 修回日期: 2006-03-27

以实验室生产特定发酵产品为龙头,模拟实际生产工艺流程安排一条龙式的连续性、综合性实验,包括以发酵生产青霉素为主的经典发酵生产实验和以大肠杆菌表达系统生产目的蛋白为主的现代生物技术实验。如在经典发酵生产实验部分,以“青霉素发酵生产”为主线,将斜面菌种制作、效价测定、二级菌种制作、发酵罐结构与空消、发酵培养基制作与实消、发酵与控制、发酵液预处理,直到青霉素纯品的提取和抗菌谱测定等实验组成一个完整的实验体系,包括了青霉素发酵实际生产中的全部生产工艺过程。这样安排实验,有利于各个单元实验的相互衔接,使学生更清楚、更完整的掌握生物工程工艺的全过程,也有利于学生学习和掌握理论课中有关生物反应器设备和发酵控制方面的知识。针对以后实际科研和生产中可能要用到的基本实验技能,我们按技术难易程度分别设计了相应实验内容,突出了学生综合技能训练和专业技能培训,有利于他们毕业后适应生产和研究的新环境,较好地开展工作。为了满足教学急需,我们根据新的课程内容设置思想,结合理论课教学大纲编写了一本较为系统的实验指导书。

## 2.2 实验具体安排上注重学生科研训练

国外高校在高年级学生中普遍实行科研助岗制度,国内有条件的实验室也鼓励学生有余力的学生参与老师的科研项目,但相对而言,参与学生人数偏少,普及率低。为了强化全体学生的专业素质,提高他们的科学素养,我们在单组实验的设计和安排上,注重了学生科研能力的培养和训练。即通过有代表性的实验设计深化相应知识重点、实际应用和操作能力,提高学生对相关知识的理解和应用水平,有目的地训练学生观察、分析、解决问题的能力。如在培养基配方的优化设计实验中,我们通过分析影响发酵水平的几大因素,引导学生利用正交设计方法设计实验,应用相关软件预测和分析实验结果,着重训练学生提出、分析和解决问题的实际能力,同时也使学生掌握了正交设计这一重要的实验设计和结果分析的方法。从实际教学效果看,学生不仅通过软件设计实验,应用极差和效应图分析实验因素对发酵效果的影响效应,并且自学统计知识掌握了方差分析的方法。从学生实验报告分析,实验设计合理,分析有据,条理清楚,其相关科研技能得到了很好训练。另外如还原糖测定、效价测定、自动发酵罐使用等实验内容的安排,对于学生丰富知识,开阔眼界,学习专业技术知识,掌握科学的研究方法,奠定以后从事科学研究的基础很有意义。

## 2.3 设计性实验遵循“循序渐进”原则,注重实效和可操作性

设计性实验一般是在老师指导下让学生自主选题、查阅资料、制定方案、实施、讨论和写成报告。在教学过程中,这类实验资金投入大、实验周期长、普及率低、可操作性差、实际教学效果不理想,也不能保证实验内容能满足理论课教学的需要。考虑到实验课时有限和相关师资不足,难以在全班开展一般性的设计性实验,因此我们在实验教学中结合实验整体内容,遵循“循序渐进”原则,注重实效,根据实验难易程度、学生实验能力等实际情况安排了一系列的设计性实验。如:“抗菌谱测定”的设计性实验安排在“抗生素效价测定实验”后进行,这样使学生可以参考抗生素效价测定实验的相关内容,科学和有针对性的设计抗菌谱测定的实验方案;“有机溶剂萃取实验”,只是将实验原理讲给学生,而让学生通过当堂看资料、讨论、设计、最后实施以

确定最佳的萃取工艺。这样安排实验,克服了一般设计性实验周期长、老师难以指导、学生盲目性大的缺点,使设计性实验更容易实施,学生普及率有很大提高,也有助于课堂理论课的学习。而且由于限定了实验题目、内容、资料,学生更能就具体问题展开积极思考、讨论,许多同学思维间碰撞所产生的新颖思想、方法让同学和老师都感到振奋、惊奇。

### 3 课堂教学实践

#### 3.1 实验指导注重训练和启发性、针对性

实验教学的目的除了帮助学生理解掌握理论知识外,更重要的是要训练和培养科学思维、独立实验和严谨求实的研究基本素质,为达此目的,实验课的讲授和指导必须坚持注重启发性、针对性和强调训练的原则。由于传统实验教学的弊端,使得许多学生实验动手能力较差,而本实验课程除了注意实验的整体性和综合性外,可以通过个别实验有重点的对学生的实验技能的薄弱环节进行强化训练,并通过启发式教学提高学生的思维能力。我们在教学中,整个实验以学生为主,实验理论精讲,突出难点和重点,关键步骤重点示范,并针对实验过程中可能产生的错误和疑问提出许多启发性的问题提醒学生注意。如“抗生素效价测定”实验,我们针对实验中的关键环节,提出“10单位/mL的青霉素标准溶液如何配制?”,“如果双层培养基表面凸凹不平对实验有何影响?”,“在一次抗生素效价测定过程中,如果葡萄糖球菌菌悬液的浓度不一致会对实验的准确性有什么影响?”等。并且将讲授原理和方法的时间严格限定在半小时内,将大量时间留给学生,让学生从材料准备、制定方案、实施、记录,到分析实验结果都以小组形式在组内讨论、分配任务、实施;许多学生在课堂上大胆设想、共同讨论、探索、各抒己见并主动征求老师意见,这就使学生的分析、解决问题的能力以及思维尤其逻辑推理和思维敏感性、语言表达等得到了很好训练。而且,课堂上多采取提问、讨论等方式,注意创造条件让每个同学尽可能地多动手,多参与整个实验过程,既鼓励学生勇于创新 and 发现问题,同时要求和引导学生重视实验过程中的每一个细小环节,严格基本操作以培养严谨的学风和科学的态度。如“发酵与控制”实验,我们针对实验中的关键问题提出“补料参数如何准确设置?”,“如何根据不同生物反应器的形式设置补料参数?”,“怎样远程控制生物反应器?”等问题,这样不仅使学生注重实验结果,更注重实验过程和实验后的分析解决问题,提高了他们对实验的兴趣和创新的动力。同时针对学生实验过程中的不规范操作和失误,我们重点示范和反复强调以确保学生实验基本操作的规范性。经两届学生教学效果抽查评估,学生普遍反映效果很好。

#### 3.2 教学中注重“既赠鱼,更授渔”

《生物工程实验》是一门理论与实践紧密结合的课程,不仅要使学习者进一步加深对理论的理解和掌握,也要培养他们分析和解决问题的实际动手能力,为以后从事生物技术等专业的科研和生产打下牢固的理论和实验技能基础<sup>[3]</sup>。但传统的微生物学实验由于课时少,内容多,教师上课时常常照教材匆匆讲授一遍,学生操作起来更是草草了事<sup>[4]</sup>,这样就部分忽视了培养和训练学生的实验操作能力。为了向社会输送

具有生物学基础知识和生物技术专门技能的通用型人才,我们在实验教学中,结合特定实验重视学生实际应用能力的培养,尤其针对学生在实际科研和生产中将要用到的实验技能和方法,设计了相应实验;这不仅有助于学生理解和掌握理论知识,更使学生学到了生产实际中的实验技术和方法。如抗生素效价测定、发酵液残糖测定、正交设计和自动发酵罐使用、有机溶媒萃取技术、基因工程菌发酵等实验内容。由于注意到发酵过程优化、连续发酵、流加操作以及自动化控制是微生物工程技术发展的必然趋势,我们设计了培养基配方的正交优化、发酵工艺控制、流加操作、基因工程菌发酵等实验,这既促进了相应理论课知识的学习和掌握,又增加了学生学习实用新型技术的机会。

### 3.3 考核注重“公平、公正和有效”

随着高等教育改革的发展,实验教学受到很大重视,实验课程已逐渐作为一门独立课程进行考核。本实验课程由于综合性强,实验周期长,考核难度大,量化标准难以把握。本着考核公平、公正和有效的原则,我们对学生的考核包括平时和期末考试两个方面。平时成绩以实验报告为辅,而以实际观察每个学生在每个实验中的表现为主要考核内容,观察每个学生在具体实验过程中的实验操作和发现、分析、解决问题的能力以及协作精神,尤以激励学生创新和敢于面对实验中的挑战和困难为重点考核内容;期末考试,选择部分典型实验,以抽签方式对学生进行量化考核。在最后成绩的确认上,我们通过对每个学生全部的实验报告进行审核和评定,从整体上考核学生对实验内容的整体理解和认识。在教学中发现,通过整体审核学生实验报告往往可以对学生深层次的理解能力和创新思维品质做出公正的评价,而且比较客观、有效。当然,对每一个同学进行观察和考核,教师工作量很大,可以吸收各实验小组的部分同学参与,提高平时考核的有效性。

## 4 存在问题

生物工程实验课程在国内各高校开设的时间较短,实验室建设投资大,周期长,实验课程体系以及实验室设施尚处于建设与发展之中。我们在教学中虽然取得了一定成绩,也发现了许多问题。首先,由于实验室空间有限,设备多,加之工程实验的特殊性,实验小组人数过多,降低了实验课教学的效果;其次,基因工程菌发酵实验由于相应科研积累欠缺,实验教学受到了一定影响(科研往往是教学内容的源泉)。在实验内容的设置上,除了注重实验的整体性和综合性外,以后应适当增加发酵产品类型,缩短单个发酵产品实验的教学课时,有重点地强化和丰富教学实验技能,提高应用型人才的培养效果;在实验资源的优化整合上,要多借鉴国外实验室的管理经验,提高资源的利用率和实验室软硬件的建设和管理水平。

### 参考文献

- [1] 潘进权. 酿酒, 2005, 32 (2): 17~20.
- [2] 刘森林. 微生物学通报, 2005, 32 (4): 153~156.
- [3] 马歌丽, 彭新榜, 高建奇, 等. 微生物学通报, 2005, 32 (5): 160~165.
- [4] 刘树青, 江晓路, 牟海津. 微生物学通报, 2004, 31 (5): 127~130.