

## 生物工程专业“生产实习”课程的教学改革探索

谭红铭\* 曹理想

(中山大学生命科学学院 广东 广州 510275)

**摘要:**“生产实习”是各校生物工程专业的重要教学内容,但目前综合性大学的学生生产实习面临对口企业难寻以及学生动手机会少等问题。本校对生物工程专业的生产实习进行改革,通过调整实习时间、优化带队教师结构、更新实习内容等途径,强化学生的工程意识,增加实际操作时间,提高了学生的工程实践能力。

**关键词:** 生物工程, 生产实习, 教学改革

## Teaching reform of Specialized Production Practice courses for students majored in Bioengineering

TAN Hong-Ming\* CAO Li-Xiang

(School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

**Abstract:** Specialized Production Practice is an important course for students majored in Bioengineering. There were many obstacles in the courses such as few collaborated production enterprises, poor operating time for students. The obstacles could be surmounted by revising course time, increase of leading teacher numbers, reforming factory training contents. The practical ability of students majored in bioengineering in Sun Yat-sen University was improved by these teaching means.

**Keywords:** Bioengineering, Specialized Production Practice, Teaching reform

生物工程是以生物学的理论和技术为基础,利用化工、机械、电子计算机等现代工程技术,将生物学的研究成果推向应用的一门综合性应用学科,目前已发展到基于系统论的生物工程(即系统生物工程)。生物工程专业的培养目标是培养掌握生物技术及其产业化的科学原理、工艺技术过程和工程设计等基础理论与基本技能,能胜任生

物技术与工程领域设计、生产、管理和新技术研究、新产品开发的工程技术人才。目前,全国开设生物工程专业的高等院校有100多个。作为工科专业,各高校背景不同,专业基础相差较大,对生物工程专业学生素质的培养产生了不同影响<sup>[1]</sup>。中山大学于2012年在生命科学学院招收生物工程专业工科本科生。作为以文理医科见长的综合性

**Foundation item:** Sun Yat-sen University Undergraduate Teaching Reform Research Project (33000-18822615)

**\*Corresponding author:** Tel: 86-20-84110238; E-mail: lssthm@mail.sysu.edu.cn

**Received:** September 29, 2017; **Accepted:** January 16, 2018; **Published online** (www.cnki.net): January 29, 2018

**基金项目:** 中山大学本科教学改革研究项目(33000-18822615)

**\*通信作者:** Tel: 86-20-84110238; E-mail: lssthm@mail.sysu.edu.cn

**收稿日期:** 2017-09-29; **接受日期:** 2018-01-16; **网络首发日期**(www.cnki.net): 2018-01-29

大学,学校厚重的理论研究基础对于“新工科”人才培养是有益的,但在培养生物工程专业学生时容易忽略“工程”的概念,导致与生物科学及生物技术等理科专业差别不大。因此,只有在教学中重视和加强学生工程素质的培养,才能提高培养生物工程专业的工科教学水平,培养优秀的工程类人才。

众所周知,生产实习是学生学习生产技能、进行工程训练的一个重要实践性教学环节,是将所学的基础理论知识、专业技术知识与实际应用相结合的实践过程<sup>[2]</sup>。生产实习有助于学生进一步巩固和加深课堂理论教学和实验教学所学到的知识,强化对工程概念的理解,进一步提高生物工程专业领域的实践技能,为他们今后的工作打下坚实的基础。我们将生产实习作为一门与理科专业明显不同的课程进行建设,经过近3年的教学改革探索,已建设成适合15-20名学生同步进行生产实习的实习内容体系(72学时,4学分)(表1),达到强化课堂学习内容、提高学生工程意识、熟悉实践操作的目的。本文对我们近些年的相关做法和教改经验进行介绍,供同行们参考和指正。

## 1 根据学校科研情况,建立校内中试基地

生产实习通常要求学生进入生产企业,参与企业生产实践。但由于企业与学校仅是合作关系,很多实习过程仅仅是走马观花,学生很少有实际操作的机会,有些企业甚至为了保护它的核心

技术连普通的参观都不接待<sup>[2]</sup>。为解决这个问题,我们向学校申请了“生物工程专业实验室与实习基地建设”项目。在项目基金的资助下,在“微生物技术综合实验”课程仪器设备基础上,新购置了常压室温等离子体诱变育种仪、四联发酵罐、高通量生物反应摇床、喷雾冷冻干燥机、碟式离心机、陶瓷膜微滤器、封口机等生物工程上下游设备,将它们单独组成一个独立的发酵中试基地,供学生在实习期间使用。在平时,这些仪器设备由学院实验中心开放给相关实验室教师进行中试实验,并适当收取设备维护与耗材消耗费用,保证在出现仪器故障时可以随时维修,保障实习期间仪器完好。这种仪器管理方式不仅可保证仪器设备的使用率,而且能节约发酵中试基地非实习期间用于仪器设备维护的费用。

## 2 统筹考虑课程与企业生产情况,选择合适的生产实习时间

由于工厂实习一般需占用较长时间,难以安排在正常上课的学期。因此我们将生产实习安排在暑假进行。暑假期间广东地区气温较高、湿度较大,生物工程企业大多没有进行正常的生产,容易接受学生实习参观;同时我校学生住宿与实习地点不在同一个校区,学生需通过公共交通工具出行,这样的安排可避免学生出行时拥堵。在课程学习上,学生在三年级已经修完“发酵工程”、“生物工程设备”、“生物工程下游技术”等主要课程;但四年级上学期还有“生物工程工厂设计”课程,其中工厂设计的流程、规范是“生物工程工厂设计”课程入门部分的重要内容,属于相对枯燥的理论内容,学生对这些内容的兴趣不高,降低了学习效果<sup>[3]</sup>。我们将工厂实习安排在大学三年级与四年级之间的暑假进行,不仅引导学生熟悉与复习上学期的专业课程学习内容,而且我们将工厂设计的流程、规范在实习期间在工厂现场向学生介绍,使学生了解工厂设计的工作程序、内容、步骤,掌握生物工程工艺设计的理论、方法和有

表1 中山大学生物工程专业生产实习实施内容

Table 1 Teaching contents of specialized production practice courses of Bioengineering major in Sun Yat-sen University

| 实习项目<br>Practice items                       | 实习内容<br>Contents  |
|--|---|
| 校内实习内容(2周)<br>School practice<br>(two week)  | 诱变育种仪使用(1 d)<br>四联发酵罐使用(发酵优化)(5 d)<br>50 L 发酵罐使用(5 d)<br>发酵液过滤与离心分离(2 d)<br>蛋白浓缩、干燥与封装(1 d) |
| 工厂实习内容(2周)<br>Factory practice<br>(two week) | 广东温氏食品集团饲料酶优化与生产(1周)<br>广州永顺生物技术公司疫苗生产(1周)  |

关设计规范, 为下学期进一步学习这门课程奠定基础<sup>[4]</sup>, 提高了实习效果。

### 3 根据教师知识结构, 优化带队教师队伍

“生产实习”课程的指导教师必须是能够从事实践教学的“双师型”教师, 不仅能从事理论教学, 而且有过硬的专业技术能力<sup>[5]</sup>。目前高校“双师型”教师非常缺乏, 建立一个实习指导教师队伍十分重要。我们在生产实习过程中改变了仅有一名带队教师负责学生出行、安全等具体事务的惯例, 吸收“发酵工程”、“生物工程设备”、“生物工业下游加工技术”、“生物工程工厂设计”等课程负责教师与实验室助教研究生加入指导教师队伍。由于不同教师负责课程的侧重点不同, 可以向学生介绍实习中与不同课程相关联的内容。比如“生物工程工厂设计”课程教师的加入就在学生实习参观时引导学生注意厂址的选择、工厂的总平面布置、设备的选型以及设备、管道布置等方面的内容, 这不仅有利于下学期相关课程的学习, 而且弥补了仅由企业工程技术人员介绍生产情况的不足。“生物工程设备”课程负责教师的加入可引导学生组装与安装相关生产设备, 增加学生自己操作的机会, 加深学生对所学课程内容的理解并强化学生的动手能力。实习指导教师队伍建设很好地弥补了高校“双师型”教师缺乏的不足, 不仅提高了实习效果, 也得到了授课教师的欢迎与支持。

### 4 根据教师科研情况, 更新实习内容

不同生物工程企业的产品都有自己的特点, 仅依靠对一两个企业的参观与实习难以全面了解生物工程企业。我们充分利用发酵中试基地的设备, 吸引教师在基地进行生物工程产品的中试。目前发酵中试基地已完成菌体、多糖、类胡萝卜素、酶等不同产品的中试以及下游提取、产品包装等工序。2017 年我们根据教师科研项目选择“利用肝素提取废水生产蛋白酶再用于提取肝素”的中试项目作为学生的实习内容, 学生充分利用已有研究成果进行了发酵优化、酶蛋白提取、酶蛋白

产品包装等工序操作, 为学生在生产疫苗的永顺生物技术公司参观与实习奠定基础。这些教学设备服务科研, 科研成果反哺教学的措施不仅提高了设备利用率, 而且为学生实习内容不断更新提供源泉, 可以让学生接触到新型工艺设备, 为以后的创新创业打下基础<sup>[6]</sup>。

### 5 利用小班教学, 增加实践机会

由于实习带队教师数量增加, 参与实习的学生可以分为更多的组, 每组人数可以控制在 2-3 人, 每人都要动手, 改变了以前一个学生操作、其他学生围观的状况。学生通过拆卸安装发酵罐、碟式离心机等设备不仅掌握了设备的主要组成和工作原理等内容, 还可自己解决发酵过程出现的漏气、安装不当等问题; 对于出现的简单问题可自己解决, 达到了会选择、会使用、会修理设备的要求。在实习过程中, 学生反映他们在“生物工业下游加工技术”课程中对碟式离心机的理解一直以为是外形设计像飞碟, 在生产实习中通过拆卸碟式离心机, 看到离心机转鼓内套叠在一起的碟片时, 才明白碟式离心机的工作原理。在熟悉仪器设备工作原理与操作后, 有学生在其他实验中要求用发酵基地的喷雾冷冻干燥机浓缩蛋白质提取液与发酵液、制备干花等; 参加国际基因工程机器设计大赛(iGEM)的学生准备用常压等离子体诱变育种仪诱变菌株; 还有学生利用发酵基地的菌体固定化设备制备海藻酸钙微型颗粒用于其他实验中分离微生物新资源。通过生产实习, 学生不仅学会了利用现有设备解决实际问题, 而且提高了设备的使用价值。

### 6 利用实际问题考核解决问题的能力

生产实习也需要通过考核督促学生实习。在生产实习中, 我们抛弃课堂考试模式, 不再出试卷考试, 而是提出工厂生产面临的实际问题, 由学生自己查找资料, 设计解决问题的方案, 在全班实习总结会议上向全体学生与教师汇报, 并接受其他学生与教师的提问, 最后由学生与教师共同给

出分数。例如,我们在考核中提出解决工厂生产酵母或抗生素产量下降的问题,让学生排查原因并设计解决问题的方案。学生通过查找资料,逐步分析菌种、培养基成分、发酵污染等原因,逐个给出解决方案,并根据工厂生产的实际情况选择最优的解决方案。这种考核方式在提高学生实际问题能力的同时,也减少了学生的记忆负担;在汇报时汇报的学生需要随时回答学生与教师的提问,同时提问的学生也不愿提出低水平的问题,这督促学生复习以前的相关知识。学生普遍反映在工业生产中需要掌握多学科知识才能解决实际问题。

对2012-2014级学生的教学实践证明,工厂实习实践教学改革的改革不仅加深了学生对生物工程生产的认识,而且提高了学生的实际操作与分析、解决问题的能力,对以后进一步学习“生物工程工厂设计”课程打下铺垫。连续3届学生对“工厂实习”课程评分在全校全学院均在1%以内,还获得过全校排名第一的评分。由于生物工程专业人数较少,目前尚未有从事生物工程工业化生产的毕业生,但继续攻读研究生的原生物工程专业本科生在实验室可以根据实验需要自己选择组装实验仪器,甚至还可改造实验仪器,对于仪器出现的不需更换零部件等一般问题可以自己处理,在采购实验仪器时会考虑零部件的损耗与替换,这与生物技术理科专业学生有很大不同,得到了指导教师的好评。同时学生对于下学期的“生物工程工厂设计”课程中的厂址选择、工厂总平面图设计、管线设计等内容的兴趣明显提高,提高了该课程的教学效果。这种工厂实习方式也得到相关课程教师的支持,已建立了稳定的工厂实习指导教师队伍。同时,中试基地还满足了学生要求增加实习内容的要求,在中试基地已有9名本科生与研究生完成本科毕业论文与硕士毕业论文,毕业研究生基本具备了独立的工厂化操作能力,已在温氏食品集团等公司成为部门负责人。

我们对中山大学生物工程专业“生产实习”课程

的改革,是建立在综合性大学本科生已具备深厚的理论基础上的课程改革,目的是提高学生基础理论水平的同时,在教学环节注重学生工程素质与意识的培养和教育,在工程实践教学,特别是生产实习中激发学生的学习兴趣,提高分析和解决实际问题的能力。我们的课程改革符合“新工科”对实用性、交叉性与综合性人才的培养要求,为培养将来能够从事生物产业中复杂工程技术的创新性人才奠定坚实的理论和实践基础。

## REFERENCES

- [1] Ku WZ, Liu SQ, Dong M, et al. Study on cultivation of students' engineering consciousness in biological engineering[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2017, 45(5): 160-161,179 (in Chinese)  
库文珍, 刘石泉, 董萌, 等. 生物工程专业学生工程意识培养的探讨[J]. 广州化工, 2017, 45(5): 160-161,179
- [2] Jiang AL, Lin J, Yu Z, et al. Exploration and practice of production practice in bioengineering of Yantai University[J]. Microbiology China, 2010, 37(12): 1816-1819 (in Chinese)  
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探索和实践[J]. 微生物学通报, 2010, 37(12): 1816-1819
- [3] Meng YH, Chen WF, Deng H, et al. Effects of exploratory production internship on the teaching reform of food factory design[J]. Farm Products Processing, 2017(6): 86-88 (in Chinese)  
孟永宏, 陈卫锋, 邓红, 等. 探究性生产实习在“食品工厂设计”教学改革中的作用[J]. 农产品加工, 2017(6): 86-88
- [4] Wang K, Zhang HJ. Exploration of the teaching model with practice for the fermentation factory design course[J]. Education Teaching Forum, 2016(51): 137-138 (in Chinese)  
王柯, 张宏建. 实践型发酵工厂设计课程教学探索[J]. 教育教学论坛, 2016(51): 137-138
- [5] Hou WJ, Qin BF, Jia ZH, et al. Exploration on the teaching process of “Biological Plant Design” in bioengineering specialty[J]. Education Teaching Forum, 2017(15): 174-175 (in Chinese)  
侯文洁, 秦宝福, 贾志华, 等. 生物工程专业《生物工厂设计》教学过程中的探索[J]. 教育教学论坛, 2017(15): 174-175
- [6] Zhao YJ, Feng DM, Li JF, et al. Reform on bio-separation engineering experiment based on research feeding teaching[J]. Microbiology China, 2016, 43(4): 849-854 (in Chinese)  
赵永军, 冯德明, 李俊峰, 等. 基于科研反哺教学的生物分离工程实验教学改革研究[J]. 微生物学通报, 2016, 43(4): 849-854