

南京农业大学微生物学虚拟仿真实验教学模式的探索

钱猛 崔瑾 成丹 杨娜 何琳燕 何健 沈振国

(南京农业大学生命科学学院 农业生物学虚拟仿真实验教学中心 江苏 南京 210095)

摘要: 借助虚拟仿真技术构建的虚实结合的虚拟仿真实验,是提高学生实践动手能力的有力补充和有效途径。本文通过对微生物学实验教学现状的分析,探讨南京农业大学微生物学虚拟仿真实验教学模式建设的意义,重点阐述建设思路、建设方案及教学特点。该仿真实验教学体系主要从基础微生物学和应用微生物学两大模块进行构建,同时将本校的污水生物处理技术、食用菌资源调查与利用等科研成果转化为教学资源,以丰富实验教学内容。

关键词: 微生物学, 虚拟仿真, 教学模式

The exploration on virtual simulation teaching mode of Microbiology experiment in Nanjing Agricultural University

QIAN Meng* CUI Jin CHENG Dan YANG Na HE Lin-Yan HE Jian
SHEN Zhen-Guo

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

Abstract: Virtual simulation teachings based on virtual simulation technology, is a powerful supplement and an effective way to improve student's practical ability. By the analysis of experiment teaching status of microbiology experiment, the necessity of constructing virtual simulation teaching mode on microbiology experiment in Nanjing Agricultural University is discussed. This paper focuses on demonstrating the construction thought, construction planning and teaching characteristics. The virtual simulation teaching system is divided into two units fundamental microbiological experiments and applied microbiological experiments. In addition, some scientific research achievements, such as the biological treatment of wastewater, the investigation and utilization of edible fungi, are transferred teaching resources, which results in the plenty of experiment teaching content.

Keywords: Microbiology, Virtual simulation, Teaching mode

Foundation item: Nanjing Agricultural University Science Base of Biology Research Training and Research Capacity to Improve Project (No. J1210056)

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

Received: April 22, 2015; **Accepted:** June 30, 2015; **Published online** (www.cnki.net): July 10, 2015

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)

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

收稿日期: 2015-04-22; **接受日期:** 2015-06-30; **优先数字出版日期**(www.cnki.net): 2015-07-10

虚拟仿真实验教学依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术,构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象,将虚拟仿真实验作为实体实验的有益补充,突出最新生物学实验技术在农业上的应用,突破时空局限、成本高、周期长、易造成环境污染、具有疫病传播风险等限制,学生可以随时随地在虚拟环境中开展实验活动,提高学生的自主学习和实践能力^[1]。

1 微生物学虚拟仿真实验教学模式的建设思路

微生物在农业、环境、食品和医药能源等领域具有重要的应用。微生物学实验教学是微生物学教学的重要环节,对微生物学理论课程理解的巩固和加深有重要意义。但传统的微生物学实验教学只能在显微镜下观察几种细菌、真菌、放线菌的标本片,及利用常规染色和生理生化反应区别少数几种细菌,难以了解丰富的微生物种质资源;由于无法满足模拟强酸、高热、高压等极端环境而难以培养一些极端微生物,如产甲烷古菌、深海嗜热微生物、水稻根际厌氧氨氧化古菌等,不能满足学生掌握新技术、学习新方法的要求;部分微生物生理与遗传学实验和应用微生物学实验(如微生物发酵工程实验),由于耗时耗能、周期长、设备不足、偏重“验证性”,很难完整开展课堂教学和保证每个学生的亲自动手操作,难以提高学生实践技能、分析问题和解决问题的能力。

为了弥补上述传统教学模式的不足,在江苏省精品课程“微生物学”、农业部农业环境微生物重点开放实验室、各科研平台及相关校级网络示范课程的建设基础之上,我们拟引入微生物学虚拟仿真实验教学平台,形成基础微生物学和应用微生物学2个模块、涵盖6个主题的较为完善的实验教学新体系,体现多学科综合与交叉的特征^[2-3]。本系统将成为我校农业与生命科学各专业学生学习“微生物学”课程的重要学习平台。

2 微生物学虚拟仿真实验教学模式的构建

微生物学虚拟仿真实验教学模式的构建方案如图1所示,展示区主页面如图2所示。

2.1 基础微生物学模块

基础微生物学模块的虚拟仿真实验将建立微生物数字切片系统、大型真菌虚拟3D模型识别系统、细菌分子生物学分类鉴定仿真实验等基本技能训练。以加深学生对微生物学基础理论知识的理解与掌握,训练学生相应的基本技能和能力,为学生学习后续专业课打下良好基础。

2.1.1 微生物数字切片系统:将利用该中心的2个显微数码互动实验室,结合控制与扫描软件,把重要资源微生物、极端微生物、农业病原微生物(包括植物病原菌、动物病原菌)的代表种类等生成全视野的数字化切片(即虚拟切片)。如单孢锈菌属、银耳切片、木耳切片、酵母菌装片、腥黑粉菌属、叶黑粉菌属、青霉装片等100余种微生物。数字切片可包含玻璃切片上所有的显微观察信息(如观察和测量微生物细胞的大小、形状、空间排布等特征,并体现细菌革兰氏染色等重要的结构信息)。同时切片可无限级放大缩小浏览,且可观察到玻璃切片上的任何一个位置,进行切片标注,小组会议等功能。

2.1.2 大型真菌虚拟3D模型识别系统:大型真菌是真核微生物的重要类群,但其个体较大,生长具季节性,且分布不集中。较难开展有代表性的实体实验教学。对实验过程中涉及的重点和有代表性的大型真菌(如香菇、草菇、金针菇、双孢蘑菇、平菇、木耳等10余种大型真菌)进行三维重建,可以真实地再现微生物子实体的三维外观形态特征及三维虚拟生态环境,并附检索表说明其分类地位,供学生调查中使用。这将成为识别大型真菌的有效途径。同样,学生也成为该图库的贡献者,提供图片及详细的鉴定资料,为图库的逐步建立奠定了基础。

2.1.3 细菌分子生物学分类鉴定仿真实验:传统的细菌学检验与鉴定的重要依据是形态特征和生理

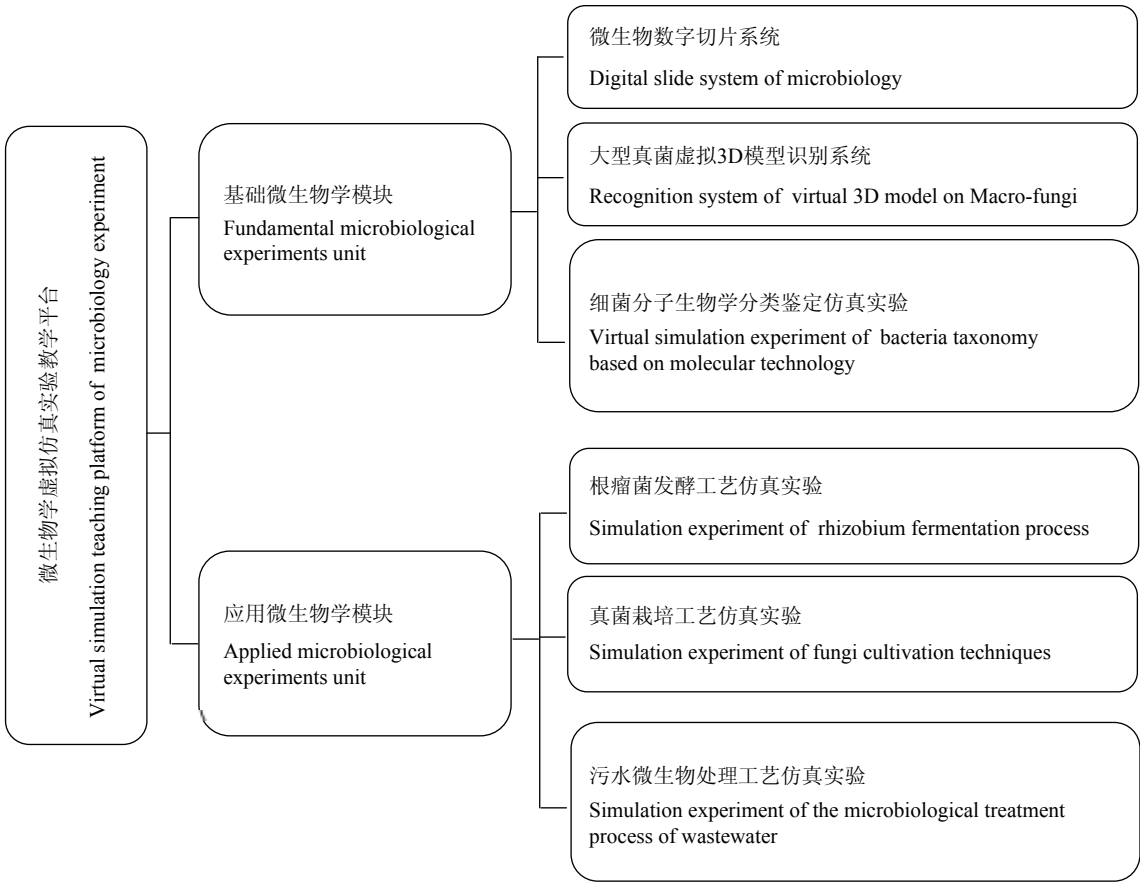


图 1 微生物学虚拟仿真实验教学平台建设方案

Figure 1 The construction plan of virtual simulation teaching platform on microbiology experiment



图 2 微生物学虚拟仿真实验平台展示区

Figure 2 The display area of virtual simulation experiment platform on microbiology

性状,需要进行细菌培养及一系列生化反应或免疫学检测,方法复杂费时,对有些细菌也往往不能给出理想的鉴定结果。随着分子生物学技术的发展,PCR 技术以快速、敏感和特异等优点迅速应用到微生物检测领域。以拟杆菌属为例,采用 16S rRNA 基因序列分析法,以该属细菌的标准 16S rRNA 基因序列为靶基因设计通用引物,设计 PCR 反应体系、酶连反应体系,对扩增产物进行基因测序验证引物的特异性和敏感性,进行电脑模拟转化和筛选,通过 MEGA 软件进行系统进化分析,对比实体实验将节省大量时间和费用。学生通过此系统,可以了解实验原理和操作流程,是实验预习和技能训练的良好手段。该仿真实验的教学过程如图 3 所示。

2.2 应用微生物学模块

根据微生物学专业特点和实验教学内容,结合学校在农业方面的科研成果,整合虚拟实验教学资源,将引进根瘤菌发酵工艺调控、真菌栽培工艺、生物膜法污水处理工艺等应用微生物学仿真实验

教学模块。该模块将利用电脑创造虚拟环境来模拟各种真实环境,在虚拟的环境中进行操作、验证、设计、运行,把仿真技术和微生物工程教学完美结合起来,突破传统教学手段,推动微生物学实验教学的改革^[4-5]。

2.2.1 根瘤菌发酵工艺仿真实验:根瘤菌是与豆科植物共生,形成根瘤并固定空气中氮气供植物营养的一类杆状细菌。根瘤菌发酵工艺流程包含菌种介绍、灭菌、培养基配制、接种、发酵工艺操作、发酵罐操作(如装液量、接种量、罐温、转速、补料时间及次数等)等。该仿真系统中各模块具有非常鲜活的模拟现场,具有精细的单元流程,学生可亲自动手操作,并在纵观全局的基础上,对设备和参数进行控制,掌握根瘤菌发酵中的蔗糖浓度、酵母膏浓度、初始 pH 值等关键因素,同时对操作过程和结果进行客观的考核与评定。

2.2.2 真菌栽培仿真实验:真菌是生物界中很大的一个类群,其中担子菌亚门是一群多种多样的高等真菌,多数种具有食用和药用价值。该平台拟构建

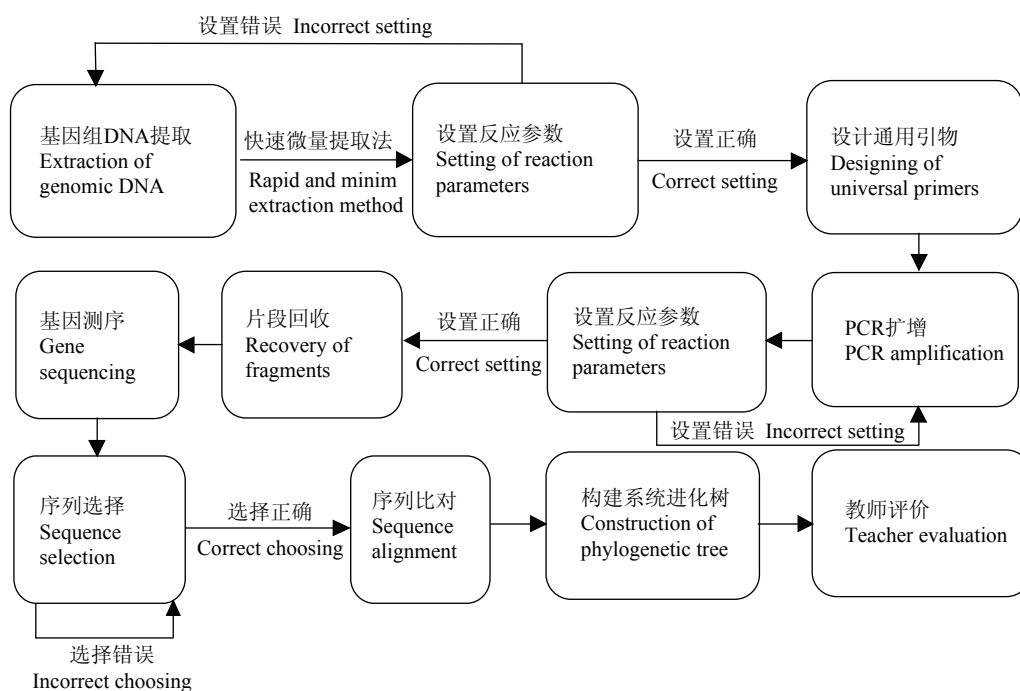


图 3 细菌分子生物学分类鉴定仿真实验的教学过程

Figure 3 The teaching process of virtual simulation experiment of bacteria identification based on molecule biology

杏鲍菇栽培仿真实验系统, 该系统设置逼真的场景及包含众多单元设备的完整生产线, 开展栽培过程中原料准备、培养料制备、装袋、灭菌、冷却、接种、发酵管理、覆土催蕾、出菇管理及采收 10 个部分的培训工艺, 要求学生掌握最佳出菇温度、出菇湿度、塑料袋选择、石灰添加等技术要点。通过仿真实验的练习, 学生能够掌握真菌栽培的基本生产过程, 熟悉操作要领。

2.2.3 污水处理工艺仿真实验: 生物膜法是与活性污泥法并列的一类废水好氧生物处理技术。该平台拟以南京城东污水处理厂为虚拟场景, 以生物滤池工艺为例, 开展包括进水、初沉池、生物滤池、二沉池、出水、出水回流 6 个部分的工艺培训。要求通过模拟训练解决处理负荷增大、生物膜脱落与更新、污泥膨胀或堵塞等问题, 同时记录每一步模拟运行参数、判断操作正确与否。通过该系统可以直观地对污水处理过程进行观察和分析, 同时能为污水处理控制系统的设计、污水处理过程的监控及污水处理工艺的改进等提供有效地辅助。

3 微生物学虚拟仿真实验教学模式的特点

3.1 拓展课堂实验教学, 优化教学内容

虚拟实验平台能够建立交互性能良好的虚拟实验环境, 并且能够让学生不受时间和空间的限制对平台内各虚拟实验室中的设备及对象进行操作, 达到拓展课堂实验教学的目的, 尤其重要的是, 将本校的根瘤菌共生固氮、污水生物处理工程技术、食用菌资源调查与利用等科研成果转化为教学资源, 丰富并优化了教学内容。利用微生物学虚拟仿真实验教学平台, 能够同时满足农业微生物学和生命科学、农学、植物保护、园艺、食品科学与工程、农业资源利用、兽医、动物科学、生物制药等专业学生的培养需求^[6]。

3.2 完善实验技能测试考核体系

根据学生在虚拟场景画面上的互动, 教师可以对仿真操作的进程进行实时的记录与评价, 准确地统计学生每一实验步骤的成绩和所犯的错误。老师

可快速查看学生在某些知识点的掌握程度和熟练度, 进一步加强相关方面的教学; 从某些程度上来说这也可作为考核学生的一个评判标准。

3.3 调动学生的积极性, 提高学生的实践能力

微生物学虚拟仿真实验教学体系作为实体实验的补充, 具有内容丰富、图文并茂、动静结合的学习环境及实验内容, 并以声音、图像等丰富的表现力帮助学生进行多感官的学习。这将增加学生的兴趣, 调动学习积极性, 显著地提高学生实践能力、创新能力和科学素养, 节约教育成本。

4 实验教学改革成效

以 2014–2015 教学年度我校生命基地、生物基地、生物科学和生物技术 4 个专业 7 个班级的教学实践为例, 这一教学模式通过对实验内容的不断改进, 实验方法的优化及现代化的教学手段, 不仅提高了教学质量和教学效果, 而且拓展了学生的视野, 提高了学生的实验技能和科研能力。主要有以下几方面成效: (1) 观察的菌种数量大大增加。以往的课堂实验教学中学生只能观察 2–3 种菌种, 应用了该教学模式后, 学生可观察几十种菌种, 同时也加深了学生的印象。(2) 丰富了野外实习的内容。以往的野外实习主要是植物学和动物学, 很少有微生物学野外实习, 而现在庞大的菌种库为野外实习过程中微生物菌种的初步鉴定提供了依据, 加大了微生物学野外实习的可行性。(3) 受益学生人数大大增加。传统的实验教学中没有使用分子生物学手段对细菌进行分类鉴定, 只有个别学生在完成“大学生创新训练”项目中能够接触到该方法, 但应用了该教学模式后, 将“细菌分子生物学分类鉴定仿真实验”作为必修课“微生物学大实验”的一个实验项目, 每年有 7 个班级约 176 人受益, 个别学生的实验结果可以达到论文发表级别。同时也可以将该方法拓展到真菌分子生态学的研究, 为学生今后的科研工作奠定了基础。(4) 充分调动了学生的积极性。在微生物特殊结构鞭毛观察中, 由于菌种和实验条件的限制, 无法在电子显微镜下进行观察, 只

能通过染色在普通光学显微镜下观察,只有个别学生能得到准确、清晰的实验结果,我们将这些实验结果收入到库中,作为共享资源,补充实体实验。这大大增加了学生的成就感和实验主动性。

5 结语

微生物学虚拟仿真实验教学模式是高等教育信息化环境下的必然产物,本着虚实结合的原则,设置多个创新实用功能模块。以现代化的教学手段拓展实验教学领域、丰富了实验教学内容,提高了实验教学水平。但在实际教学过程中要避免将虚拟仿真实验完全取代实际观察和操作,应将虚实互补、扬长避短,将大大提高学习效果。在建设过程中,应以全面提高学生创新精神和实践能力为宗旨,以共享优质实验教学资源为核心,充分利用自身的优势学科,在特色和创新上着力,坚持高标准、求一流的发展目标,大力开展微生物学虚拟仿真实验教学资源建设。

参考文献

- [1] Li P, Mao CJ, Xu J. Construction of the national virtual simulation experiment teaching centers, improving the experimental teaching informatization in higher education[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2013, 32(11): 5-8 (in Chinese)
- 李平, 毛昌杰, 徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11): 5-8
- [2] Hong L. The exploration of modular teaching pattern for microbiology experiment in Peking University[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 744-747 (in Chinese)
- 洪龙. 北京大学微生物学实验课模块化教学的探索[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 744-747
- [3] Zhang ML, Du ZY, Jia CF. Practice of knowledge internalization in Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2014, 41(11): 2349-2352 (in Chinese)
- 张美玲, 杜震宇, 贾彩凤. 知识内化为导向的教学策略在高校微生物学教学中的应用[J]. 微生物学通报, 2014, 41(11): 2349-2352
- [4] Lü LZ, Lin H, Chen XZ, et al. Reform and practice of environmental engineering microbiology experiment teaching[J]. Microbiology China, 41(10): 2149-2153 (in Chinese)
- 吕绿洲, 林海, 陈秀枝, 等. 环境工程微生物学实验教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2014, 41(10): 2149-2153
- [5] Zhang XF, Zhou WL, Wang ZP, et al. Teaching reform of environmental microbiology and cultivation of students innovative ability[J]. Microbiology China, 2014, 41(4): 748-752 (in Chinese)
- 张小凡, 周伟丽, 王志平, 等. 环境微生物学教学改革与学生创新能力的培养[J]. 微生物学通报, 2014, 41(4): 748-752
- [6] Wang XD. Understanding and discussing eight relations of construction of virtual simulation experimental teaching center[J]. Experimental Technology and Management, 2014, 31(8): 9-11 (in Chinese)
- 王晓迪. 虚拟仿真实验教学中心建设中八项关系的理解与探讨[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(8): 9-11