



高校教改纵横

## 环境工程微生物学教学改革探索与学生创新能力的培养

王世梅\*

南京农业大学资源与环境科学学院 江苏 南京 210095

**摘要:** 根据农科院校环境工程专业的培养目标, 从充实教学内容、探讨课程重点难点、改进教学方法及创新实验内容等方面对“环境工程微生物学”课程进行了改革探索, 理论联系实际, 加强学生科学研究及创新能力的培养, 提高了教学质量。

**关键词:** 环境工程微生物学, 教学改革, 学生创新能力

## Exploration on the curriculum reform of Environmental Engineering Microbiology and cultivation of students innovative ability

WANG Shi-Mei\*

College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China

**Abstract:** According to the training target of environmental engineering in the agricultural college, the course of Environmental Engineering Microbiology has been explored from the aspects of enriching teaching contents, discussing the key points of the course, improving teaching methods and innovating experiment contents. We paid the great attention to linking theory with practice. The scientific research and innovation ability of students were strengthened and the teaching quality was significantly improved.

**Keywords:** Environmental Engineering Microbiology, Curriculum reform, Students innovative ability

南京农业大学是我国农林院校中设立环境工程本科专业较早的学校之一, 经过二十多年的发展形成了独特的办学模式, 特色是从本专业毕业的学生普遍具有扎实的工程技能, 尤其在治理农村、小城镇环境污染方面优势突出。为发挥农业院校生物学的强项, 克服工科院校生物技术薄弱的缺点, 2008 年学校重新修订本科教学大纲, 将“环境工程微生物学”课程设置为理论课 54 学时, 实验课 36 学

时, 至今已开课 10 余个年头。“环境工程微生物学”课程分为 3 个部分, 第一部分为微生物学基础, 介绍微生物的形态、生理、遗传及分子生物学原理, 关注对环境工程中有意义的极端环境微生物; 第二部分为微生物生态及环境生态工程中的微生物学原理, 介绍微生物在环境中的生态分布, 微生物在环境物质循环中的作用及废弃物生物处理的微生物学原理; 第三部分介绍微生物技术在环境污染治理中的应用。

**Foundation item:** Top-notch Academic Programs Project of Jiangsu Higher Education Institution (PPZY2015A061)

\*Corresponding author: E-mail: smwang@njau.edu.cn

Received: 27-02-2018; Accepted: 11-05-2018; Published online: 06-06-2018

基金项目: 江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A061)

\*通信作者: E-mail: smwang@njau.edu.cn

收稿日期: 2018-02-27; 接受日期: 2018-05-11; 网络首发日期: 2018-06-06

## 1 教学内容的充实和调整

教材以周群英等编著的《环境工程微生物学》<sup>[1]</sup>为蓝本, 但并没有照搬教材的内容和顺序。如: 第一部分微生物学基础, 教材将病毒列在形态学的最前面, 编者可能是认为病毒是无细胞结构、最简单的一类微生物, 按照从简单到复杂的原则将其放在教材的第一章, 但作者认为不妥, 纵观国内外教材, 关于微生物形态的排列顺序均是第一章原核微生物、第二章真核微生物、第三章病毒, 然后是生理遗传, 学生先有一个细胞生物的概念, 然后再讲非细胞微生物, 这样讲授起来学生也更容易接受。

根据需要充实教学内容, 如增加菌种保藏方法的内容, 详细讲解斜面保藏、甘油保藏及沙土管保藏等实验室常见保藏方法的详细制备过程及各方法适用的范围; 增加菌种分类鉴定的内容, 讲解菌株的形态特征、理化特征及 16S rRNA 基因或 rDNA-ITS 序列分析在微生物分类中的应用及菌株分类鉴定的实验过程, 强调分子生物学方法鉴定出的菌种要与微生物的形态及理化特征相符合<sup>[2]</sup>。南京农业大学环境工程专业本科生没有开设“生物化学”课程, 讲授物质循环中的微生物学原理时, 学生在知识的衔接上有一定的难度, 因此在教学中增加了生物化学的相关内容, 如酶促反应、EMP 途径、TCA 循环等能量代谢途径方面的知识<sup>[3]</sup>。在课程第二部分, 强化污水生物处理的微生物学原理, 在活性污泥、生物膜、厌氧消化、脱氮除磷等重要内容上增加学时, 使学生对微生物在环境污染治理中的应用有更深入的理解, 为后续专业课的学习打下牢固的基础。在第三部分, 微生物新技术应用方面增加了微生物发酵工程的内容(2 学时), 因为教学实验室有 7-70 L 全自动发酵罐, 可以让学生边参观边讲解, 使学生了解微生物发酵的过程及微生物扩大培养的知识<sup>[4]</sup>。现在环境面临着严重的农业面源污染, 2015 年中央 1 号文件要求农业“减肥减药”, 微生物在植物生产、有机种植上的应用日趋重要, 增加微生物接种剂(微生物肥料)、微生物农药、农业固体

废弃物处理、农田土壤污染生物修复等内容和应用实例, 并展示微生物在农业生产上广泛应用的成果, 为学生以后从事农业环境保护提供知识背景。

## 2 课程的重点、难点及解决的方法

课程的难点是微生物学基础部分, 包括微生物的形态和理化特征、生理、遗传等内容。解决办法: 通过图文并茂的多媒体课件理论教学, 并穿插较多与理论相关的科研图片及资料, 弥补教科书上的黑白示意图有时不十分形象生动的缺陷; 开设实验课, 通过在显微镜下观察微生物形态, 加深学生对微生物的认识。课程的重点是微生物在物质循环中的作用及各种生物处理方法中的微生物学原理。解决办法: 如在讲解氮素循环时, 首先讲解参与氨化、硝化、反硝化及固氮等各个阶段的微生物种类及作用, 强调在污水处理过程中硝化与反硝化是污水脱氮的主要方式, 而在农业生产上硝化与反硝化又是土壤氮素损失的主要途径, 尽量减少该过程的发生, 如施用硝化抑制剂、氮肥深施等措施提高氮肥的利用率。为了讲解清楚污染物生物处理的微生物学原理, 在学生去污水处理厂实地参观的过程中, 指导学生观察生化反应池的实际运行状态, 采集活性污泥作为实验材料, 通过实验使学生观察到活性污泥的沉降性及污泥絮体的生物相, 明确活性污泥中微生物的降解作用及原生动物的指示作用, 进而掌握生物处理的微生物学原理, 并讨论如何解决污泥膨胀等工程中出现的类似问题。在讲解有机废物微生物处理时, 结合农业秸秆及畜禽粪便高温堆肥处理的科研成果, 比较堆肥初期接种功能微生物与不接种功能微生物的差异及堆肥过程中微生物群落结构的变化<sup>[5]</sup>, 使学生进一步理解废弃物处理过程中的微生物学原理。

## 3 教学方法和教学手段的改进

(1) 启发式教学, 师生互动, 活跃课堂气氛。为了培养学生的创新思维和独立分析问题、解决问题的综合能力, 在教学实践中, 避免“一言堂”, 除了采用以语言传递为主的传统教学方法外, 采取鼓

励式的教学手段,不论是在哪一个教学环节,学生随时可以举手提问,发表自己的看法,促进主动学习,并将回答问题列入平时成绩,计入总成绩。对于学生们容易掌握的部分课程内容,安排学生自学,如人工湿地净化污(废)水、饮用水消毒等。采用启发式教学,侧重讲授课程的重点、难点及关键部分,对有代表性的重要微生物进行讨论,如讲授假单胞菌属的特点,强调其在污染物降解等环境保护中的重要性。现在高校广泛开展大学生科研训练(Student research training, SRT),结合学生承担的SRT项目,讲授如何开展与微生物相关的SRT研究,如怎样驯化、分离、鉴定功能微生物及微生物功能的验证等。

(2) 了解学科前沿,讲授最新科研成果,激发学习兴趣。“环境工程微生物学”是一门实践性很强的课程,教科书上的内容常常跟不上学科发展的要求,这就要求教师在授课时不能局限于课本上的理论知识,必须介绍当前环境工程微生物最新学术研究成果。配合具体的科研事例,激发学生的学习兴趣。如将蓝藻暴发与水体富营养化及治理结合讲解,使学生感受到微生物在环境治理中的重要性;再如结合授课教师承担的国家自然科学基金项目,如自养硫杆菌氧化硫产酸用于污泥沥浸脱除重金属、拮抗放线菌固体发酵制作生物菌肥防控土传病害等,将项目中取得的研究成果介绍给学生,扩大学生的知识面。

(3) 网络课程建设,自2008年始环境工程微生物学是南京农业大学的精品课程,2009年完成了网络课程建设,并不断更新,课程网站的辅助教学功能逐渐加强(<http://cc.njau.edu.cn/G2S/site/preview#rich/v/41853?ref=&currentoc=458>),使“环境工程微生物学”课程的教学变得更加有内涵,网络上师生互动平台及在线交流提高了学生的兴趣及积极性,加深了对知识的融会贯通。

#### 4 实验教学中学生科研能力的培养

“环境工程微生物学”也是一门实验科学,与理

论课程配套的实验作为独立的一门课设置,36学时,12个实验。实验内容包括光学显微镜的原理及使用保养方法;微生物的简单染色与革兰氏染色;真菌形态观察;培养基配制与灭菌;微生物的分离,纯培养技术,微生物菌落形态识别;微生物计数与大小测量;微生物淀粉酶与 $H_2O_2$ 活性的定性测定;活性污泥驯化及生物相观察;水中细菌总数及大肠菌群数测定等实验内容。

在实验课教学安排中,做到两人一组,人人动手。设置有验证性的实验(如微生物形态观察、革兰氏染色、菌落识别等内容),以训练学生掌握微生物学的基本实验技能,又在课程中专门开设了环境工程微生物学综合大实验,加入学生自主设计实验的内容。要求学生用所学到的知识和技能,利用实验室已有的设施条件等技术基础,自己查阅资料,设计出一个综合性的、探索性的实验,将自己的想法付诸于实践。如检测南京月牙湖水质,学生自己取水样,镜检水体中微生物的生物相(微生物、原生动物及后生动物),测定pH值,利用实验室条件和所学的方法测定月牙湖中细菌总数及大肠菌群数,并结合学生环境监测实验内容测定的河水化学需氧量(Chemical oxygen demand, COD)、生化需氧量(Biochemical oxygen demand,  $BOD_5$ ),根据实验结果判断南京月牙湖水的水质情况,并根据污染程度提出治理的建议。通过环境微生物学大实验这个综合实践过程,学生熟练运用已经学习的多种技术,培养学生发现问题、分析问题及解决问题的能力。在加强学生动手能力的同时,启发学生进行理性思维,深刻理解环境工程微生物学实验的技术与理论,进一步加深学生对知识点的理解和掌握。

#### 5 教改的成效

环境工程微生物学教学改革以来,实践证明成效显著。学生通过课程学习,不仅掌握了微生物学的专业知识和技能,创新能力也逐步提高。如环工71班本科生刘燕舞主持的与微生物有关的SRT项目“城市污泥生产苏云金杆菌制剂及田间应用效果

研究”获得国家大学生创新性实验计划资助, 研究结果发表在 2012 年《环境工程学报》第 1 期<sup>[6]</sup>。在教学方法上的改进也受到了学生们的广泛欢迎, 并极大地激发了学生学习微生物学的兴趣, 学生对教师教学评价中常见到这样的评语“环境工程微生物学内容丰富, 拓展了我们对生命科学的认识; 通过环境工程微生物学课程学习, 我产生了报考微生物学方向研究生的想法”等。现在南京农业大学环境工程专业的本科生, 每年一个毕业班学生 35 人左右, 申请出国留学、免试推荐到综合性大学读研的学生比比皆是, 改变了过去农业院校工科毕业生就业及深造受限的局面。如最近几届环境工程专业的毕业生, 免试推荐到北京大学、清华大学、东南大学、南京大学、同济大学就读研究生的就有 10 多人, 反馈回来的消息是南京农业大学的学生能吃苦, 不但有很好的微生物学基础, 而且具有扎实的工程技能。

在目前高等院校科研普遍重于教学之际, 作为一名老教师, 在科研之余, 作者也常常思考如何上好一门专业基础课。提高教学效果、制作精美的 PPT 是一方面, 内容不能简单地灌输、结合科研成果使知识融会贯通是另一方面, 多年的课堂教学使作者深刻地体会到“一桶水”与“一杯水”的关系。当然今后还要结合实际继续探索和改进, 使环境工程微生物学教学更加适应环境工程专业培养目标的需

要, 更利于学生将来专业深造及更好地服务于国家的环保产业。

## REFERENCES

- [1] Zhou QY, Wang SF. Environmental Engineering Microbiology[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2015 (in Chinese)  
周群英, 王士芬. 环境工程微生物学[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2015
- [2] Madigan MT, Martinko JM, Parker J. Brock's Biology of Microorganism[M]. 9th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000
- [3] Zhou DQ. Microbiology Course[M]. Beijing: Higher Education Press, 1993 (in Chinese)  
周德庆. 微生物学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993
- [4] Yu JT, Tang XX. Biotechnology[M]. Shanghai: East China University of Science and Technology Press, 1991: 99-156 (in Chinese)  
俞俊棠, 唐孝宣. 生物工艺学[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1991: 99-156
- [5] Huang Y. Developing of chicken manure based bio-organic fertilizer and its effects and mechanisms on plant growth promotion and soil-borne bacterial wilt disease suppression[D]. Nanjing: Doctoral Dissertation of Nanjing Agricultural University, 2016 (in Chinese)  
黄炎. 鸡粪生物有机肥的研制及其促生防病效果与机制研究[D]. 南京: 南京农业大学博士学位论文, 2016
- [6] Chen T, Liu YW, Wang YH, et al. Optimization of the fermentation culture media of *Bacillus thuringiensis* using sewage sludge as raw material[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2012, 6(1): 332-336 (in Chinese)  
陈婷, 刘燕舞, 王英惠, 等. 南京城市污泥发酵苏云金杆菌培养基成分优化[J]. 环境工程学报, 2012, 6(1): 332-336