

• 高校生物学教学 •

“环境污染的生物修复”课程教学改革探索与实践

吴春发¹, 肖娜²

1 南京信息工程大学 农业资源与环境系, 江苏 南京 210044

2 南京信息工程大学 教务处, 江苏 南京 210044

吴春发, 肖娜. “环境污染的生物修复”课程教学改革探索与实践. 生物工程学报, 2022, 38(12): 4838-4849.

WU CF, XIAO N. Exploration and practice on the teaching reform of “Bioremediation of Environmental Pollution”. Chin J Biotech, 2022, 38(12): 4838-4849.

摘 要: “环境污染的生物修复 (Bioremediation of Environmental Pollution)”是环境科学、环境工程、农业资源与环境等专业的专业选修课, 在专业人才培养体系中具有重要地位。针对课程前期教学中存在的问题, 任课教师结合高质量人才培养需求, 从课程教学目标优化、课程教学内容重构与知识整合、教学方法改革与创新等环节对课程教学进行了改革探索。实践结果表明, 改革后的课程教学不仅显著提升了课程教学目标的达成度, 还有效提高了学生自主学习能力、思维能力和知识综合运用能力, 取得了较好的教学效果。

关键词: 环境污染的生物修复; 教学目标优化; 知识整合; 教学方法改革; 教学效果评价

Exploration and practice on the teaching reform of “Bioremediation of Environmental Pollution”

WU Chunfa¹, XIAO Na²

1 Department of Agricultural Resources and Environment, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, Jiangsu, China

2 Office of Educational Administration, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, Jiangsu, China

Abstract: The course Bioremediation of Environmental Pollution, which plays a vital role in the professional training system, is a professional elective course for college students majored in environmental science, environmental engineering and agricultural resources and environment. In view of

Received: July 28, 2022; Accepted: September 30, 2022

Supported by: National Key Research and Development Project of China (2019YFC1804704)

Corresponding author: WU Chunfa. E-mail: wchf1680@sina.com

基金项目: 国家重点研发计划 (2019YFC1804704)

the problems identified in previous teaching experiences, the teachers carried out teaching reform to meet the demand for high-quality personnel training. The teaching reform included optimization of course objectives, reconstruction of course content and knowledge integration, reform and innovation of teaching methods. The practices indicate that a reformed curriculum teaching significantly improves the achievement of the teaching objectives. Moreover, it effectively enhances the students' independent learning, thinking and comprehensive knowledge application ability, achieving sound teaching effects.

Keywords: Bioremediation of Environmental Pollution; optimization of course objectives; knowledge integration; reform in teaching method; evaluation of teaching effect

当前,我国特色社会主义进入新时代,高等教育也进入了由规模扩张到质量提升的内涵式高质量发展新阶段。教育教学质量是高校生存和发展的生命线,提升高等教育发展质量一直是高等教育研究关注的重要议题,也是一切教育理念的落脚点和归宿点^[1]。教学质量的提高和高质量人才的培养是高校教育工作的核心内容^[2]。虽然我国的高等教育体系规模有了显著扩张,但其质量仍然有待提高^[3]。

课程是人才培养的核心和重要载体,课程教学质量决定了人才培养的质量,高质量的教育离不开高质量课程的支撑。专业课程是高校根据培养目标所开设的专业知识和专门技能的课程,专业课程教学是高等学校教学链中的重要一环,对培养学生专业素养、实践能力、科研能力、思维能力、综合运用能力以及提高大学生综合素质至关重要。长期以来,我国高校专业课传统教学中普遍存在重理论知识讲授和基本技能训练,轻能力培养的现象,特别是批判性、创新性思维能力,综合运用多学科知识分析、解决复杂实际问题的能力等。思维能力与知识、技能三足鼎立,共同构成《高等教育法》规定的高级专门专业的专业能力要求^[4]。如何提升大学生的综合素质,促进学生专业能力的全面发展已成为我国高等教育专业课教学改革亟需解决的问题之一。针对上述问题,任

课教师结合学校的实际学情,以农业资源与环境专业的“环境污染的生物修复”课程为试点,通过教学目标优化、教学内容整合与重构、教学方法改革与创新、教学效果评价与反思,夯实专业基础知识与技能,强化专业综合能力与素养,从而提高课程教学质量和教学目标的达成度。

1 课程性质与教学现状

“环境污染的生物修复”是环境保护领域一门综合性和实践性很强的多学科交叉课程,兼有基础学科和应用学科的特点,作为环境科学、环境工程、农业资源与环境等专业的综合应用类拓展课程,对于大学生的科学思维、创新、解决复杂实际问题等能力培养以及专业发展与就业有着十分重要的作用。通过本课程的学习,要求学生掌握环境污染生物修复的基本原理与方法,认识环境生物修复技术的优缺点、适用范围及发展趋势,体会利用先进环境生物修复技术解决各类环境问题的重要性和必要性,培养综合运用微生物学、植物学、生物化学、毒理学、化学、土壤学、水文地质学、工程学等多学科知识和技能解决环境科学问题的工作能力、理论指导实际的工程实践能力等。然而前期教学效果评价和教学反馈表明,课程教学存在以下几方面问题。

(1) 教学目标不全面、定位不合理,未能与时俱进

教学目标是教学的出发点和归属,教学目标是否合理、恰当,直接影响了课堂教学的有效性。课程前期教学目标主要以传授系统知识和培养基本技能为主,授课教师注重知识和能力目标,忽视学习过程、学习方法、情感态度价值观等方面的目标,对学生的综合素质、创新能力重视不够,致使培养出的人才很难满足经济社会高质量发展需求。课程前期教学是以教师为中心,而不是以学生为中心,在制定教学目标时很少考虑学生的基础、个性、理解能力的差异以及学生对知识的需求和自我成长的要求的动态变化,致使设定的教学目标定位不合理。受传统教学观念的影响,课程教学目标修改与教学大纲修订或相关教材变更同步进行,而课程教学大纲和参考教材往往多年不变,致使在此基础上制定的教学目标也未能与时俱进。

(2) 课程教学内容多、知识面广,但知识连贯性差、缺乏整合与重构

“环境污染的生物修复”是一门综合课程,教学内容多、知识面广,知识点繁杂且较为零散、连贯性差、缺乏整合,导致学生难以系统掌握,从而产生畏难心理,失去学习兴趣。受学时限制,课程教学内容往往只有广度而缺乏深度,造成学生对知识的理解比较肤浅、不够深入,知识迁移能力和综合运用能力得不到锻炼。为了解决课程教学内容多、学时不足等问题,需要授课教师根据教学大纲内容定位主线、抓重点、分散难点对课程教学内容进行重构,尽可能地避免与培养计划的其他课程教学内容重复及本课程不同章节之间的重复^[5]。为了解决课程教学内容跳动大、逻辑性不强、知识连贯性差、学生不易掌握这一问题,授课教师可

着眼于知识的整体性和综合性,对教学内容进行调序、重组,并补充相关资源,增强知识连贯性,激发学生的学习兴趣和降低学习难度,帮助学生更好地达到学习目标^[6-7]。

(3) 教学模式单调,教学方法陈旧,缺乏创新

教学方法是教师和学生为了实现共同的教学目标,完成共同的教学任务,在教学过程中运用的方式与手段的总称。考虑到教学内容多、学时有限,本课程前期教学依然沿用了传统的讲授式教学法和以教师、书本和课堂为中心的传统教学模式。传统的讲授式教学法,教师往往只关注知识的传授而忽视对学生思维的训练,不利于学生的自主学习能力、创新性思维及创新能力的培养^[8-9];传统教学模式形成了教师教为主、学生学为辅的局面,学生课前不主动思考,课内不积极参与,课后不知如何将课堂知识转化为实践技能,从而严重阻碍了学生自主学习能力、独立思考能力和应用能力的培养^[10-11]。“环境污染的生物修复”是一门多学科交叉性课程,兼有基础学科和应用学科的特点,具有涉及面广、知识点繁杂、内容抽象难以理解、知识更新速度快等特点,以知识传授为主的单一教学模式不利于提升学生的自主学习能力、创新思维能力和知识综合运用能力,导致学生学习积极性和主动性不高、学习效果不佳、教学目标达成度不理想,急需教学模式和教学方法的改革与创新。

2 教学目标优化

课程目标是高校培养目标在教学过程中的具体化,而课程教学目标是课程目标的进一步具体化,是指导和评价课程教学的基本依据。教学目标在教学活动中处于核心地位,其变化发展是由社会需求及相关指导性理论等因素决

定^[12]。随着社会发展的需要,大学生的知识需求和成长规划等发生了很大的变化,这就要求高校教师要从大学生的心理发展、学习发展、社会发展等角度制订相应的教学目标^[13]。本着一切为了学生发展的教育理念,我们将课程教学目标分为知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观 3 个维度。结合高质量人才培养和课程改革需要,任课教师强化学习过程、学习方法、情感态度价值观等方面的目标,优化了本课程教学目标,具体如下。

知识与技能目标:了解生物修复的基本概念、类型、原理、特点和应用前景,环境生物修复技术的特点与适用范围、应用现状及最新进展;熟悉土壤和水体污染生态修复的基本原理;掌握微生物和植物修复有机、重金属污染及氮磷富营养物的机理和影响环境生物修复的受体特性、污染物特性、环境条件及改进措施;掌握科学思维方式,熟练运用本课程及相关课程的知识与技能解决污染土壤、河流、湖泊、地下水生物修复过程中的具体问题。

过程与方法目标:了解有机物的生物降解性预测技术;熟悉环境生物修复的原则及可处理性试验、生物修复工程设计的基本程序与要求;掌握污染土壤、河流、湖泊和地下水生物修复的主要技术方法、工艺及工程设计的原则和方法。

情感、态度与价值观目标:提高大学生的生态环境保护意识,进一步增强其生态环境保护的责任感和使命感,践行创新驱动发展和绿色发展理念;激发学生崇尚科学、敢于创新的热情和专业认同感,培养求真务实、敢于探索、勇于创新的科学精神,勇攀高峰、敢为人先的创新精神和艰苦奋斗、自强不息的创业精神,树立正确的人生观、价值观和生态文明观。

3 教学内容重构与知识整合

“环境污染的生物修复”课程教学内容非常广泛,受体包括土壤、地表水和地下水,污染物包括有机污染物、重金属、氮磷富营养物;知识点繁杂,涉及微生物学、植物学、生物化学、毒理学、化学、土壤学、水文地质学、工程学等多学科知识的交叉。目前,课程还没有统一的教材,教学改革前课程内容是借鉴多本参考教材相关章节进行简单拼凑,各章节内在联系不清晰,欠缺系统性、科学逻辑性及丰富层次性,较难符合学生的学习认知规律,不能很好地满足学生学习需要。此外,本课程作为一门综合性拓展课程,由于学时有限,需对课程教学内容进行重构。任课教师从强化教学内容系统性、集成性、先进性、代表性和实用性角度出发,按照基本概念和理论、工程应用、存在问题及研究进展这一主线对课程教学内容进行重构,具体见表 1。重构后的教学内容第 1 讲至第 5 讲对应基本概念和理论,第 6 讲至第 10 讲对应工程应用,第 11 讲对应研究进展。鉴于生物修复的可处理性及工程设计是生物修复的一项重要工作内容,重构时将相关内容从第 1 章绪论中分出,考虑到这一章节内容可以很好地衔接基本概念和理论部分与工程应用部分,将其单独编列成课程第 6 讲;为了贯彻“水土共治”的理念,重构的教学内容新增了第 9 讲土壤—地下水污染协同修复。考虑到环境生物修复技术发展非常迅速,新知识、新技术、新材料、新工艺、新装备不断出现,重构后的课程教学新增了第 11 讲生物修复技术研究进展,本讲的教学内容由任课教师根据查新结果适时更新,确保课程教学内容紧跟国内外研究前沿。

本课程是一门跨学科课程,涉及多学科知

识，部分知识内容层次性和衔接性不足，仅为拼盘式呈现，学科之间的门户仍然清晰可见，并未实现真正的知识整合。任课教师从培养学生知识综合应用能力的角度对局部的、碎片化的知识点进行整合，例如在新增的第 9 讲土壤—地下水污染协同修复中，就将污染物在土壤中的迁移转化规律和污染物在地下水中的迁移转化规律两个碎片化知识点整合成污染物在土壤—地下水中的迁移转化规律，从而有助于学生系统掌握污染物在土壤—地下水系统中跨介质迁移、转化与归趋，深刻理解土壤—地下水污染协同修复的必要性。

表 1 “环境污染的生物修复”课程教学内容和学时分配表
Table 1 Contents and time distribution of Bioremediation of Environmental Pollution

章节	章节主题	主要理论知识点	课时数
Chapter	Chapter topic	Main theoretical knowledge	Class hours
第一讲 Chapter 1	绪论 Introduction	生物修复概念、类型、特点、原则及应用前景 Concept, types, characteristics, principles and application prospects of bioremediation	2
第二讲 Chapter 2	生物修复的机理 Mechanism of bioremediation	微生物降解有机污染物的基本反应类型、微生物和植物对污染物的作用、水生生物和生态系统对氮磷富营养物的修复 Basic reaction types of microbial degradation of organic pollutants, effects of microorganisms and plants on pollutants, restoration of nitrogen and phosphorus enrichment by aquatic organisms and ecosystems	4
第三讲 Chapter 3	影响生物修复的受体特征 Characteristics of receptors affecting bioremediation	土壤、地表水、地下水受体特性及其对生物修复的影响、如何改变受体特征提高生物修复效果 Characteristics of receptors of soil, surface water and groundwater, and their impact on bioremediation, how to change receptor characteristics to improve bioremediation	3
第四讲 Chapter 4	影响生物修复的污染物特征 Characteristics of pollutants affecting bioremediation	污染物的生物可修复性、污染物化学结构、降解方式和生物可利用性对生物修复的影响、生物修复控制条件优化 Bioremediability of pollutants, effects of chemical structures, degradation modes, bioavailability of pollutants on bioremediation, optimization of control condition for bioremediation	3
第五讲 Chapter 5	影响生物修复的环境条件 Environmental factors affecting bioremediation	影响微生物修复的非生物因子和生物因子、影响植物修复的环境因子以及如何调节上述因子改善生物修复效果 Abiotic factors and biological factors affecting microbial remediation, environmental factors affecting phytoremediation, and how to adjust these factors to improve bioremediation effect	3
第六讲 Chapter 6	生物修复的可处理性及工程设计 Treatability and engineering design of bioremediation	可处理试验的目的、内容和方法、生物修复工程设计四个步骤 Purpose, content and methods of treatability tests, the four steps of bioremediation engineering design	3
第七讲 Chapter 7	污染土壤的生物修复 Bioremediation of contaminated soil	污染土壤原位、异位生物修复的原理与操作技术 Principle and operation technology of <i>in-situ</i> and <i>ex-situ</i> bioremediation of contaminated soils	3

(待续)

(续表 1)

章节 Chapter	章节主题 Chapter topic	主要理论知识点 Main theoretical knowledge	课时数 Class hours
第八讲 Chapter 8	污染地下水的生物修复 Bioremediation of contaminated groundwater	地下水的特点、污染地下水修复技术、如何利用微生物、电子受体、营养元素和环境因素提高微生物修复地下水污染的效果、生物修复二次污染防控 Characteristics of groundwater, bioremediation technologies of contaminated groundwater, how to use microorganisms, electronic receptors, nutrients and environmental factors to improve microbial remediation effect of contaminated groundwater, secondary pollution prevention and control in groundwater bioremediation	3
第九讲 Chapter 9	土壤—地下水污染协同修复 Collaborative remediation of contaminated soil and groundwater	污染物在土壤—地下水中的迁移转化规律、土壤—地下水污染协同修复的必要性、生物修复技术在土壤—地下水协同修复中的应用 The migration and transformation of pollutants in soil-groundwater system, the necessity of collaborative remediation of contaminated soil and groundwater, and application of bioremediation technologies in collaborative remediation of contaminated soil and groundwater	2
第十讲 Chapter 10	污染河流湖泊的生物修复 Bioremediation of polluted rivers and lakes	自然净化修复与强化自然净化修复、富营养化水体的微生物修复、水生植被修复和生态修复原理与技术 Natural purification and enhanced natural purification, principles and technologies of microbial remediation, aquatic vegetation restoration and ecological restoration for eutrophicated water body	4
第十一讲 Chapter 11	生物修复技术研究进展 Research progress in bioremediation technology	生物修复面临的主要问题、环境生物修复技术的研究进展 Major problems faced by bioremediation, advances in bioremediation technology	2

4 教学方法改革与创新

教学方法是提高教育质量的关键所在,教学方法改革与创新是大学深化教学改革的重要内容,也是当前我国高等教育的研究热点。2014 年印发的《教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》明确指出,在推广自主、合作、探究的学习方法以及启发、讨论、参与的教学方法的同时,应当充分利用现代信息技术手段改进教学方法,适应学生个性化学习需求。近年来,在党和国家的大力引导和教育部的积极倡导下,全国各地高校掀起了教学方法改革与创新的热

潮,案例式、启发式、探究式、讨论式、讲座式、渗透式、研究式等新的教学方法和翻转课堂、慕课、雨课堂等现代教学手段已被用于课程教学实践中,且被证明能在一定程度上促进教学质量的提高^[14]。

针对“环境污染的生物修复”课程特点、学生认知水平以及具体教学内容,任课教师分别进行了基于问题导向的启发—探究式课堂教学法和基于案例教学的思维导图教学法的尝试。

4.1 基于问题导向的启发—探究式课堂教学法

传统教学法,重视知识灌输和理论水平的培养,轻视学习过程的探究和解决问题能力的

培养^[15]。当前我国高等教育改革以培养学生理论水平和实际问题能力为目标。基于问题导向的启发—探究式课堂教学法, 任课教师以问题为导向, 以学生为中心, 建立起启发—探究式的课堂, 确保所有学生都能得到所需的支持和挑战, 从而促进了专业知识学习与实际工作相结合、科学研究与实际问题相统一。任课教师课前通过一线人员访谈、文献调研和问题征集, 获取生物修复技术在环境污染修复工程应用中存在的技术问题, 从中筛选出与课程知识点密切相关的技术问题, 在教学时从这些问题入手, 引导学生在原有知识的基础上分析推导问题的成因, 研究探索解决问题的方法, 从而完成新知识点的学习, 实现“以教师为主导的课堂”向“以学生为中心的课堂”的转变, 将知识传递的过程落实为能力培养的过程, 将科学探究转化为科技创新实践。

在第六讲生物修复的可处理性教学时, 任课教师先是采用“问题导入法”提出如何确定某种生物修复技术的适用性, 让学生在此问题驱动下深入研讨生物修复的影响因素、主要技术及其适用范围, 以及如何开展生物修复的可处理性评价以及可处理试验的内容、方法和方案设计; 然后根据学生对问题的研讨情况适时点拨, 以解除学生的疑惑, 引导他们开展探索, 从而激发学生的学习热情, 培养学生科学思维与创新意识。任课教师鼓励学生个人或团队结合课堂探究积极参加老师的相关科研项目和申报大学生创新创业训练计划项目, 开展课后实践探索和延伸性研究, 培养学生科学精神、自主探究和创新能力以及职业认同感。在这一教学方法实践中, 探索出了“教、研、创”三位一体的课程教学模式, 有效促进了课堂教学、科学研究、创新创业训练有效衔接, 将学生在课

堂学习的专业知识延伸到学生的科学探究、科学实践和创新创业训练中。

4.2 基于案例教学的思维导图教学法

“环境污染的生物修复”是一门实践性很强的课程, 内容有很大一部分为常见的生物修复技术在污染土壤、河流、湖泊以及污染地下水中的应用。这些技术在我国环境污染治理中都得到了应用, 并有一些成功的案例; 特别是任课教师参与的项目, 可以作为教学案例。案例教学法是一种以案例为基础的开放式、互动式的新型教学方式, 教师引导学生对案例进行剖析, 使教学内容更加典型化, 具有直观具体性、综合性、理论联系实际等优点^[16-17]。此外, “环境污染的生物修复”还是一门综合性很强的多学科交叉课程, 内容丰富、知识覆盖面广, 学生在学习过程中存在知识体系完整性缺失、理论联系实际能力和解决问题能力差、主观能动性欠缺等问题。传统教学过多关注于知识本身, 忽略了知识间内在联系和学生思维的形成, 弱化了对知识内在结构的构建, 往往会造成学生知识整合能力和综合思维能力缺失^[18]。思维导图是表达发散性思维的有效图形思维工具, 利用人类思维和记忆的规律性将知识系统化, 使抽象、复杂的问题得以具体化、简单化。思维导图教学法可避免对知识的死记硬背, 实现各知识点之间的融会贯通理解和高效转换, 有利于认识事物的本质和规律, 构建课程知识结构网络, 帮助学生形成知识的广泛迁移能力, 增强思维能力, 提高学习的有效性和解决问题的灵活性^[19-20]。单纯的案例教学的缺点是学生难以对学习内容形成完整的知识体系, 对案例的分析缺乏全面综合的思考, 而思维导图刚好弥补了这个缺点。

任课教师在本课程教学实践中开展了两种

教学方法融合研究,并将其应用于污染土壤生物修复、污染河流生物修复、污染湖泊的环境生物修复和污染地下水的环境生物修复等章节教学中。在第七讲中污染土壤生物强化修复教学中,任课教师遵循关联性、典型性、客观性、指导性、新颖性、实用性和针对性的原则,选择自己参与的六六六污染土壤生物强化修复项目作为案例,课前将项目技术方案、施工方案和竣工报告等技术资料上传至南信大教育在线平台以供学生预习。在课堂教学中,结合本章重点和难点对案例进行剖析,现场在黑板上绘制本章节简要的思维导图(图1),适时向学生提问(具体见表2),组织学生分组讨论、生评生讲,以调动学生积极性,进而提高学生分析问题、解决问题的能力;引导学生的多向思

维,训练学生的工程思维,培养学生多向思维和工程思维能力;课后布置作业,要求学生分组完成本章节思维导图,任课教师选择其中优秀思维导图并加以批注,上传至南信大教育在线平台以供学生学习和交流,并要求学生进一步完善思维导图,通过思维导图的绘制和完善,可以引导学生自主复习中心主题的相关概念如微生物修复的原则、有机污染物进入微生物细胞的过程、微生物降解有机污染物的基本反应类型、影响生物修复的土壤受体特性、目标污染物、有机物化学结构对生物降解的影响、共代谢的含义及其机制、污染物的生物可利用性、影响微生物修复的非生物因子、影响微生物修复的生物因子、微生物群落结构及多样性等知识点。此外,在课前、课中和课后分别通过案

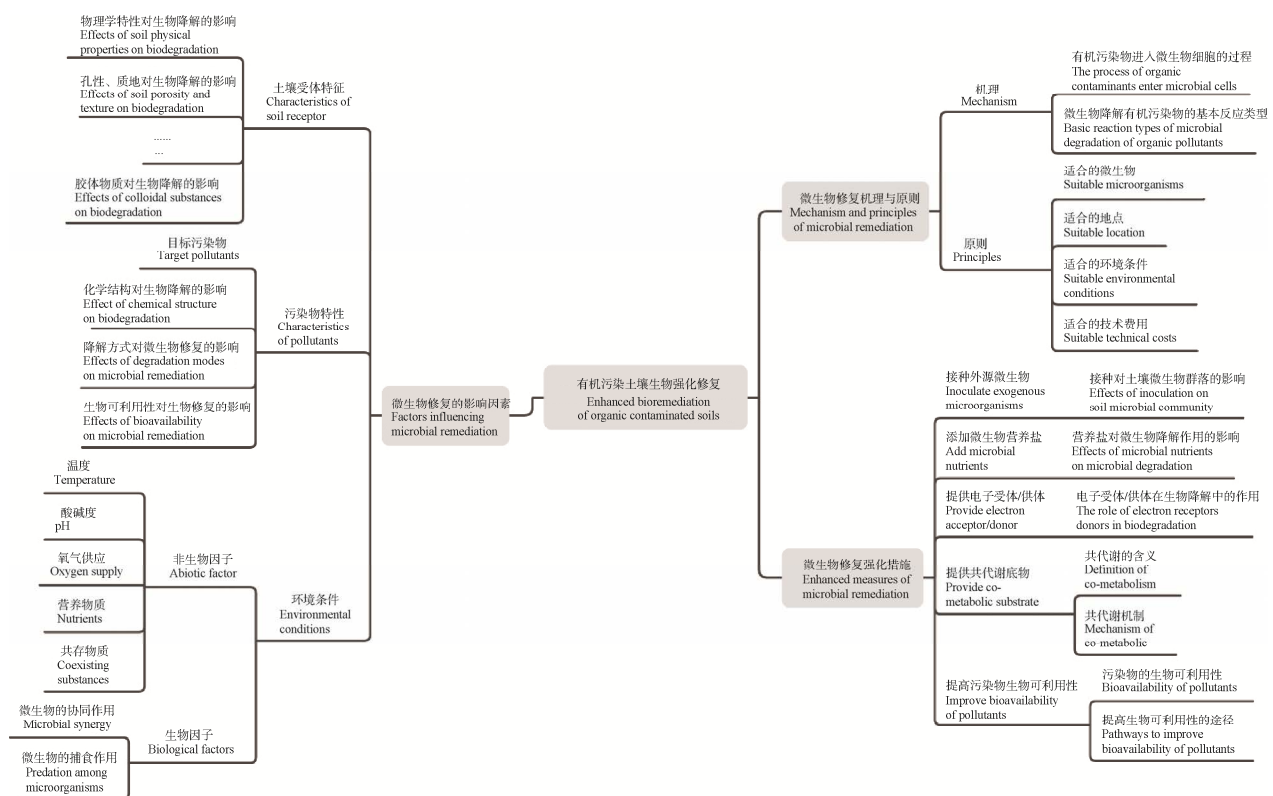


图1 有机污染土壤生物强化修复思维导图

Figure 1 Mind map of enhanced bioremediation of organic contaminated soils.

表 2 案例分析过程中的教师提问
Table 2 Teacher's questions in case teaching

序号 No.	提问 Question
1	六六六各种同分异构体的化学结构对微生物降解的影响? What is the effect of chemical structures on microbial degradation of HCH (hexachlorocyclohexane) isomers?
2	六六六有哪些微生物降解途径以及各种途径的代谢产物? What are the microbial degradation pathways of HCH and their metabolites?
3	降解菌的获得方法以及常见的农药降解菌有哪些? How to obtain degrading microorganisms and what are the degrading microorganisms for common pesticides?
4	六六六污染土壤微生物强化修复的强化措施及其作用机理? What are the strengthening measures and mechanism of enhanced microbial remediation of HCH-contaminated soils?
5	六六六污染土壤微生物强化修复对土壤微生物群落结构及多样性的影响? What is the effect of enhanced microbial remediation of HCH-contaminated soil on soil microbial community structure and diversity?

例选择、案例剖析、课后作业批注等教学活动，将绿色思维、生态思维、环保思维、辩证思维、创新思维等思维训练融入本章节教学活动中，从而提高学生科学思维能力和创新能力。

5 教学效果评价与反思

5.1 教学效果评价

对教学改革实施效果的评价是决定能否继续进行该类教学模式的重要参考依据。在评价教学改革实施效果时，由于牵涉众多因素，难以直接用单一指标来评判，需要从多方面来综合评价。由于本课程近 3 年 (2019–2021 年) 的教学实践不仅涉及教学方法改革，还涉及课程教学目标优化、教学内容重构与知识整合，教学效果评价不仅需要检视课程知识与技能目标的达成情况，还需检视过程与方法目标以及情感、态度与价值观目标的达成情况。任课教师通过课堂学习情况考核、课外学习情况考核、学生的思想意识和行为举止考核，来检视改革后的课程教学目标达成情况和教学效果，具体如下：

(1) 学生对于本课程的学习兴趣和课堂参

与度有明显提高，愿意与老师和同学探讨学习过程中发现的问题，结合课后思维导图绘制、作业点评等及时总结反思学习效果，期末考试学生成绩较改革前提升显著 ($P<0.05$)，优良率 (优秀和良好等级所占比率) 持续提升，不及格率快速下降，两极分化现象明显减轻 (具体见表 3 和图 2)；在课堂专题讨论与案例分析中，学生基本上能够运用课程基本理论和方法技术来解答相关问题，知识综合运用能力和实际问题解决能力得到提升。从总体上来看，近几年教学改革实践显著提升了本课程的知识与技能目标达成度。

(2) 学生在课堂上的积极性和主动性显著提高，内在的学习动力和自主学习能力有所增强，在科学研究和社会实践中展现出较好的专业技能。总之，近几年教学改革实践大幅提升了课程的过程与方法目标达成度。

(3) 学生行为举止展现出强烈的环保意识、高度的生态环境保护的责任感和使命感，学生对专业的认同、科学的崇尚和创新的热情更加强烈，参加大学生创新创业训练项目的积极性明显提高，毕业后从事环境修复工作的意愿显

表3 教学改革前(2018年)后(2019–2021年)期末考试学生成绩等级百分比和教学的总体满意度
Table 3 Percentage of each grade of the final examination scores and overall satisfaction with the course for the students before (2018) and after (2019–2021) the teaching reform

年份 Year	学生数 Number of students	成绩等级百分比 Percentage of each grade (%)					教学总体满意度 Overall satisfaction with the course (%)
		不及格 Fail	及格 Pass	中等 Medium	良好 Good	优秀 Excellent	
2018	24	16.67	25.00	37.50	16.67	4.17	75.00
2019	22	4.55	18.18	45.45	22.73	9.09	90.91
2020	23	0.00	13.04	47.83	26.09	13.04	95.65
2021	23	0.00	4.35	47.83	39.13	8.70	95.65

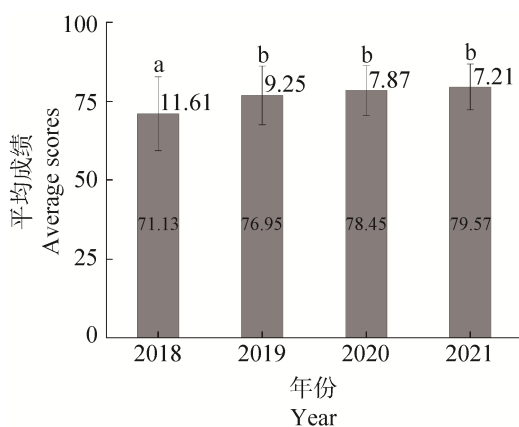


图2 教学改革前(2018年)后(2019–2021年)期末考试学生成绩统计分析(不同小写字母表示年份间差异显著($P<0.05$))

Figure 2 Statistical analysis of the final examination scores for the students before (2018) and after (2019–2021) the teaching reform (different lowercase letters indicate significant differences among treatments ($P<0.05$)).

著提升。总之,课程的情感、态度与价值观目标的达成度也明显改善。

(4) 2018–2021年所有选课学生均接受了学生问卷调查,调查结果显示,2018年(教学改革前)学生对本课程教学的总体满意度为75.00%,2019–2021年(教学改革后)学生对本课程教学的总体满意度分别为90.91%、95.65%和95.65%,教学改革后学生对课程教学的总体满意度有明显提升(具体结果见表3);教学督导对任课教师教学目标达成、教学内容处理、

教学方法采用都给予优秀等次的评价。

5.2 教学反思

如何通过教学改革改善教学效果,提高课程教学目标达成度,是高校教师需要一直思索探讨的问题。虽然近年来,任课教师在“环境污染的生物修复”课程教学改革实践中,通过课程教学目标优化、教学内容重构与知识整合、教学方法改革与创新,不仅显著提升了课程的知识与技能目标和过程与方法目标的达成度,还较好地完成了课程的情感、态度与价值观目标,然而仍存在一定的提升空间,还需进一步改革与创新,具体如下:

(1) “环境污染的生物修复”是一门综合课程,内容多、知识面广,然而缺乏统编教材,需从顶层设计,在教学内容重构与知识整合的基础上,面向课程目标和新型教学模式需求,编写教材或讲义。

(2) 基于案例教学的思维导图教学法,所选择的案例需及时更新,以紧跟环境污染的生物修复行业发展前沿和满足学生的创新思想需要,从而进一步提升课程前沿性和学生的学习兴趣。

(3) 尽可能地采用拍摄视频、虚拟仿真等现代信息技术手段改进案例教学,从而使教学内容更加直观、学生更易理解,进一步提升课程

的过程与方法目标达成度。

(4) 根据社会需求和教学反馈,及时修正教学目标,优化课程内容,改进教学方法,进一步强化学生的主体地位,提高课程教学质量和学生对课程教学的满意度。

REFERENCES

- [1] 陈斌. 高等教育高质量发展: 价值意蕴、现实境遇与推进策略. 重庆高教研究, 2022, 10(1): 34-45.
Chen B. High-quality development of higher education: value implication, reality situation and advance strategy. Chongqing High Educ Res, 2022, 10(1): 34-45 (in Chinese).
- [2] 杨梦利, 刘颖, 马晓梅, 等. 提高教学质量 培养高素质人才——转变教育思想观念思考. 科技创新导报, 2019, 16(13): 222-223.
Yang ML, Liu Y, Ma XM, et al. Improving teaching quality and cultivating high-quality talents—thoughts on changing educational ideas. Sci Technol Innov Her, 2019, 16(13): 222-223 (in Chinese).
- [3] 廖晓衡. 新发展理念下我国高等教育高质量发展的实践困境及其超越. 国家教育行政学院学报, 2022(3): 29-35.
Liao XH. The practical dilemma and transcendence of high-quality development of higher education in China under the new development philosophy. J Natl Acad Educ Adm, 2022(3): 29-35 (in Chinese).
- [4] 马陆亭. 高等教育结构化育人的教学实现. 华东师范大学学报(教育科学版), 2019, 37(1): 137-145, 170.
Ma LT. Structured instruction in higher education. J East China Norm Univ Educ Sci, 2019, 37(1): 137-145, 170 (in Chinese).
- [5] 何颖成, 徐冰峰. 重塑课程内容创新教学方法——以工程荷载与可靠度设计原理课为例. 高教学刊, 2021, 7(15): 43-46.
He YC, Xu BF. Remodeling the course content and innovating the teaching method—taking the engineering load and reliability design principle course as an example. J High Educ, 2021, 7(15): 43-46 (in Chinese).
- [6] 赵桂琴, 毛晓霞, 郝婷, 等. 基于中药化学课程的化学知识整合教学实践与探索. 中医药管理杂志, 2022, 30(4): 22-24.
Zhao GQ, Mao XX, Hao T, et al. Practice and exploration of chemistry knowledge integration teaching based on Chinese medicine chemistry course. J Tradit Chin Med Manag, 2022, 30(4): 22-24 (in Chinese).
- [7] 孙淮, 叶曦, 汪燕, 等. 知识整合在化学方向研究型学生培养方案中的实施. 大学化学, 2019, 34(10): 27-35.
Sun H, Ye X, Wang Y, et al. Implementation of knowledge integration in curriculum designed for research-oriented chemistry students. Univ Chem, 2019, 34(10): 27-35 (in Chinese).
- [8] 马长青, 杨英杰. 观赏园艺学课程教学改革探讨. 高教学刊, 2022, 8(11): 153-156.
Ma CQ, Yang YJ. Discussion on teaching reform of ornamental horticulture course. J High Educ, 2022, 8(11): 153-156 (in Chinese).
- [9] 熊杰, 吕洪飞, 许玲. 基于 Critical Thinking 的高校普通生物学课堂教学改革实践. 高等理科教育, 2019(2): 92-97.
Xiong J, Lü HF, Xu L. Critical thinking based class teaching reform practice on college general biology course. High Educ Sci, 2019(2): 92-97 (in Chinese).
- [10] 赵萌萌, 薛林贵. “线上线下混合式”微生物学课程教学改革与实践. 微生物学通报, 2021, 48(11): 4432-4443.
Zhao MM, Xue LG. “Online and offline blended” teaching reform practice in Microbiology. Microbiol China, 2021, 48(11): 4432-4443 (in Chinese).
- [11] 吴永祥, 胡长玉, 周讯, 等. 地方应用型高校“工业微生物学”课程教学改革与实践. 微生物学通报, 2022, 49(1): 401-410.
Wu YX, Hu CY, Zhou X, et al. Teaching reform and practice of Industrial Microbiology course in applied local universities. Microbiol China, 2022, 49(1): 401-410 (in Chinese).
- [12] 岳云艳. 教学目标的相关问题研究. 西安欧亚学院学报, 2007(3): 56-59.
Yue YY. On related issues about teaching objectives. J Xi'an Eurasia Univ, 2007(3): 56-59 (in Chinese).
- [13] 贺君, 刘志伟, 王帅杰. 线上线下混合式教学改革探索——以“环境保护与可持续发展”课程为例. 教育教学论坛, 2021(45): 67-70.
He J, Liu ZW, Wang SJ. Exploration of online and offline blended teaching model reform: taking the course of environmental protection and sustainable development as an example. Educ Teach Forum, 2021(45): 67-70 (in Chinese).
- [14] 郑平, 胡宝兰, 梁璐怡, 等. 环境微生物学课程内容

- 体系和理论教学模式的探索与实践. 微生物学通报, 2017, 44(10): 2480-2486.
- Zheng P, Hu BL, Liang LY, et al. Exploration and practice of content system and teaching pattern for Environmental Microbiology. Microbiol China, 2017, 44(10): 2480-2486 (in Chinese).
- [15] 李莹, 周亮, 陈霞明. 应用型本科高校普通生物学课程教学改革探索. 生物工程学报, 2022, 38(4): 1662-1670.
- Li Y, Zhou L, Chen XM. Reform in the course on General Biology in application-oriented universities. Chin J Biotechnol, 2022, 38(4): 1662-1670 (in Chinese).
- [16] 梁淑轩, 方艳艳, 赵春霞. 面向新工科的专业学位研究生案例教学法探索——以高等环境污染化学为例. 教育教学论坛, 2022(14): 153-156.
- Liang SX, Fang YY, Zhao CX. Exploration of case teaching method for professional degree postgraduates under the background of “emerging engineering education”: taking the course of advanced environmental pollution chemistry as an example. Educ Teach Forum, 2022(14): 153-156 (in Chinese).
- [17] 朱本伟, 倪芳, 熊强, 等. 新工科背景下生物反应工程课程的多元化教学模式改革与探索. 生物工程学报, 2021, 37(7): 2571-2580.
- Zhu BW, Ni F, Xiong Q, et al. Innovation and exploration of diversified teaching patterns for Biochemical Reaction Engineering under the new engineering education background. Chin J Biotechnol, 2021, 37(7): 2571-2580 (in Chinese).
- [18] 蒋丽华, 吴向悦. 基于思维导图的物流类课程教学优化. 物流技术, 2022, 41(5): 153-156.
- Jiang LH, Wu XY. Teaching optimization of logistics related courses based on mind mapping. Logist Technol, 2022, 41(5): 153-156 (in Chinese).
- [19] 陈胜男, 张海涵, 黄廷林, 等. “环境工程微生物学”课程的教学改革探索与实践. 微生物学通报, 2021, 48(12): 4963-4971.
- Chen SN, Zhang HH, Huang TL, et al. The exploration and practice of Environmental Engineering Microbiology teaching reform. Microbiol China, 2021, 48(12): 4963-4971 (in Chinese).
- [20] 庞斯斯, 盛云露. 思维导图在内分泌科教学中的实践和应用. 教育教学论坛, 2022(18): 41-44.
- Pang SS, Sheng YL. Practice and application of mind map in endocrinology teaching. Educ Teach Forum, 2022(18): 41-44 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)