

# “课程思政”理念下的《微生物学》 教学探索与实践

李莹<sup>1\*</sup>, 刘佳宁<sup>1</sup>, 王锐萍<sup>1</sup>, 张勇<sup>2#</sup>, 李鹏<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>海南师范大学生命科学学院, 海南 海口

<sup>2</sup>西南大学资源环境学院, 重庆

收稿日期: 2022年12月28日; 录用日期: 2023年2月15日; 发布日期: 2023年2月23日

## 摘要

微生物是生态环境中不可或缺的一部分, 在生态环境保护中发挥着重要的作用。微生物学作为自然科学的专业课程之一, 在课程教学中将专业知识与思政素养有机结合是促进生态文明建设的有效保障。在海南自由贸易港建设背景下, 应致力于以微生物在生态环境中的重要性为思政教育切入点, 辅以时代及地域特色, 形成以当今海南岛生态环境中的微生物为主题的教学素材。以期在课程教学中阐明这些教学案例背后的作用机理后, 能够帮助学生深入理解专业知识以及构建知识体系, 具备相应的生物学科素养, 内化辩证唯物主义思维, 形成正确的生命观、自然观, 有效地服务于海南自贸港的建设。

## 关键词

课程思政, 环境保护, 案例开发, 自由贸易港

# Teaching Reform and Practice of *Microbiology* under the Concept of “Curriculum Thinking and Politics”

Ying Li<sup>1\*</sup>, Jianing Liu<sup>1</sup>, Ruiping Wang<sup>1</sup>, Yong Zhang<sup>2#</sup>, Peng Li<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou Hainan

<sup>2</sup>College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing

Received: Dec. 28<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 15<sup>th</sup>, 2023; published: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2023

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 李莹, 刘佳宁, 王锐萍, 张勇, 李鹏. “课程思政”理念下的《微生物学》教学探索与实践[J]. 创新教育研究, 2023, 11(2): 277-284. DOI: 10.12677/ces.2023.112047

## Abstract

Microbe is an indispensable part of the ecological environment, and plays key roles in protecting ecological environment. Microbiology is one of the required courses for natural science, combining professional knowledge and ideological and political literacy is the effective guarantee for promoting ecological civilization construction. Under the background of the construction of Hainan free trade port, here, we take the importance of microorganisms in the ecological environment as the key point, supplemented by the times and regional characteristic, then to form the teaching cases that the roles of microorganisms in the ecological environment of Hainan Island. By clarifying the mechanism of those teaching cases, which can help students to understand professional knowledge deeply and develop the knowledge system, have corresponding biological science literacy, internalize dialectical materialism thinking, and form the correct view for life and the conception of nature. In the teaching course, the related achievements will be beneficial to the construction of Hainan free trade port.

## Keywords

Ideological and Political Education, Environmental Protection, Case Development, Free Trade Port

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根据教育部《高等学校课程思政建设指导纲要》的要求，教师在专业课的教学过程中，要根据本专业的特色和优势深入研究本专业的育人目的，深入挖掘专业知识体系中符合马克思主义和社会主义核心价值观的思想内容和精神内涵，在开展专业课程思政建设时应科学合理地拓展专业课程的广度、深度、温度[1]。《微生物学》是生物类专业的基础课程，与人类生产生活和生态环境保护息息相关。

虽然微生物形态微小，结构简单，但是与人类关系非常密切。在微生物课程中引入思政教育，进行思政课程建设，对培养学生符合社会主义核心价值观的生物素养具有重要意义。在微生物课程中融入环境保护责任担当、生物安全意识和家国情怀的指引在生命科学人才培养中起着一定的思维奠基作用。

## 2. 微生物学课程思政教学目标

### 2.1. 社会责任

对于微生物学课程而言，课程思政建设亦应紧紧围绕立德树人这一核心点，在教材中挖掘具有正能量的经典案例，用于政治认同、家国情怀、道德修养等重点优化课程思政内容供给，在教育教学中对学生进行“润物细无声”的思政精神润养[2]，实现引导学生树立社会主义核心价值观、培养学生探索未知、追求真理的责任感和使命感，切实提升立德树人的成效。

### 2.2. 科学思维

虽然微生物形态微小，结构简单，但是与人类关系非常密切。《微生物学》是生物类专业的基础课

程，与人类生产生活和生态环境保护息息相关，在微生物课程中融入马克思主义哲学的指引在生命科学人才培养中起着一定的思维奠基作用[3]。

### 2.3. 科学探究

结合海南岛特殊的生态资源保护的现实要求，我校推动“微生物学”课程思政体系的建设，以期培养出具有环境保护责任担当、生物安全意识和家国情怀的学生，进一步服务于生态资源的保护工作，具有鲜明的时代特色和典型的地域特色。

### 2.4. 生命素养

在微生物课程中引入思政教育，进行思政课程建设，对培养学生符合社会主义核心价值观的生物素养具有重要意义。基于我校微生物课程思政体系建设的特点，结合相关领域的部分代表性成果，提炼了课程案例设计的素材，实现引导学生珍爱生命，树立积极健康的生命观念。

## 3. 挖掘课程资源，丰富教学方法

在习近平总书记“绿水青山就是金山银山”的重要论断的指引下，深挖微生物课程中的思政元素，鼓励学生运用微生物知识进行对自然环境和人类健康的保护，可以让学生意识到微生物在生态平衡和人类健康中所发挥的重要作用。

例如 2020 年爆发的新冠疫情，微生物学知识为我们认识病毒及其作用机理提供了重要的理论基础。为加深学生对病毒的认识，在上课过程中为学生展示了新冠病毒模型，并开展了病毒知识科普展，通过模型展示让学生对新冠病毒知识有了更加直观的认识。结合此前的 SARS 病毒和流感病毒散播等事件，不难发现许多人类病害都是在人类破坏了微生物与生态环境间的平衡后发生的。正是由于对病毒传播和侵染规律的深入认识，我国在新冠疫情的防控过程中取得了阶段性的成就，对其深入剖析，可以加深学生对病毒特征的认识，并建立起人类将会和病毒长期共存的疫情防控常态化体系意识。

微生物是生物活性非常强的一个类群，但是由于体积微小、结构简单，难以被观察研究，发展进程远远滞后于动植物的发展。其实在人类生产生活中，微生物多样性带来的影响是非常大的。目前微生物组学技术的快速发展让人类更加认识到微生物在人类健康和生态可持续发展中的重要性。传统的生化鉴定方法是很难系统研究肠道菌群等环境微生物特征，而通过对宏基因组学的运用，多种微生物被证明与心脑血管疾病、肥胖、糖尿病等高发疾病以及自闭症、抑郁症、老年痴呆等精神性疾病之类对人类影响极大的疾病之间都存在着密不可分的联系[4]。在对结肠癌患者肠道微生物的观察中发现产丁酸菌的减少和致病菌的增多就导致了结肠癌患者肠道微生物的组成结构失衡[5]。此外，有研究表明在籼粳稻根系中富集了截然不同的根系微生物组，籼稻的根系微生物组多样性明显高于粳稻根系微生物组[6]。从两种水稻根际微生物组基因组的研究中，还发现水稻微生物基因的多样性带来了代谢能力的不同，籼稻的根系微生物组由于基因中 NRT1.1B 自然变异，对氮肥的利用效率明显更高[7]。我国作为世界上生物多样性最丰富的国家之一，但生物多样性的保护工作也面临着挑战[8]。尽管当下全球环境治理艰难前行，国家始终坚持实行多项举措和制度实施，建设具有中国特色的生物多样性保护政策体系。

此外，微生物课程教学中应遵循科学的教育规律，跟上时代要求的知识储备与应具备的情感与态度，所制定的人才培养要求要紧紧围绕当今时代党和国家对人才培养的要求和使命，通过问题导向，将时代热点融入课堂。如今海南已全面实行“禁塑令”，多种可生物降解材料被投入使用，在其研发过程中微生物代谢方面的研究是不可或缺的理论基础。可以通过展示给学生因抗生素滥用和化学农药大量使用而引起的抗生素污染和农药残留问题的案例，意识到生态环境破坏后对人类的危害，而充分利用微生物的

多样性和代谢多样性来开展污染物的微生物降解是治理和缓解这一环境问题的重要手段之一。比如,我们通过组织学生筛选微生物资源用于农业病害的生物防治,相关研究成果也获得大学生挑战杯国家三等奖、全国大学生生命科学竞赛三等奖和第十届海南省挑战杯竞赛一等奖等奖项(见表1)。

由此,在讲解生物降解和微生物资源这一部分的教学中可以剖析相关典型例子,促进学生对这一部分知识的理解。由于微生物课程兼备理论性与实践性,因此,还需鼓励学生在现实生活中身体力行,用专业的知识来合理的认识、开发和利用微生物资源。

**Table 1.** Scientific research awards for team undergraduates

**表 1.** 团队本科生所获科研奖励

项目名称 Project name	奖项名称 Award name	获奖等级 Award level	日期 Date
诺丽果根系有益微生物的筛选及促生长活性研究	第三届全国大学生生命科学竞赛	国家三等奖	2019.11
一株兼具高效拮抗茄雷尔氏菌活性和促进植物生长活性的芽孢杆菌的研究	第十七届“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛	国家三等奖	2021.09
绿色高效生防菌剂——现代农业“菌活力”	“互联网+”大学生创新创业大赛	海南省铜奖	2021.07
一株兼具高效拮抗茄雷尔氏菌活性和促进植物生长活性的芽孢杆菌的研究	第十届“挑战杯”海南省大学生课外学术科技作品竞赛	省一等奖	2021.07
贝莱斯芽孢杆菌 HNU24 高效拮抗茄雷尔氏菌和促进植物生长活性的研究	第五届全国大学生生命科学竞赛	省二等奖	2021.09

#### 4. 联系时代热点, 嵌入思政内容

随着海南自贸港的建设, 危化品的进出口量激增。对于越来越严重的海洋水污染问题, 人们开发出许多灵敏有效的污染监测方法, 方法大致分为两类: 分析技术和生物监测, 在传统的生物监测方法中大多用水蚤、藻类或鱼类为被实验对象, 但是实验周期长, 实验过程较为繁琐[9]。新型生物毒性监测法操作则改善了这一技术难题, 例如运用发光细菌的新型生物毒性监测法, 不仅实验周期短而且实验操作方式简单、反应灵敏。比如研究发现甲醛、甲醇、甲苯和苯酚对发光细菌有毒性作用呈显著的剂量-效应正相关, 因此可以应用发光细菌对海水进行生物急性毒性研究, 探明危化品泄漏后对海洋环境产生的综合毒性[10]。同样, 费歇尔弧菌、青海弧菌等微生物也是常见的用于生物监测的发光细菌。

基于上述应用, 可以引导学生在学微生物的新陈代谢的内容时, 可以思考以下问题: 发光细菌的代谢途径中所用能源为哪一类? 是什么导致微生物的发光? 影响细菌发光的因素有哪些? 发光细菌又是如何在环境治理中发挥检测作用的[11]? 在这些问题的讨论中, 进一步引导学生应用课程知识对发光细菌的代谢过程进行总结, 然后引入细菌合成荧光素酶的自诱导方式, 介绍微生物在环境保护中的多种运用方式[11]。又比如, 一些可产生氰水解酶的假单胞菌、诺卡氏菌、腐皮镰刀菌和木霉菌被投入到污水中分解氰化物; *Alcanivorax bokumensis* 被应用于海洋石油的降解; 一些阿氏肠杆菌、芽孢菌和假单胞菌被用于分解聚乙烯醇[12][13][14]。因此, 微生物技术具有高效且可持续发展的优点, 在面对环境治理问题时, 微生物技术可在同等投入下带来更大的环境收益。可以通过这些应用案例, 可以让学生认识到微生物对环境稳态的应用价值和重要性。

当然在让学生认识到微生物在环境污染治理种的重要作用的同时, 还应该让学生认识到环境污染和



生态破坏产生的根本原因。由于人对自然界的过度索取和过度排放,使得人与自然的关系紧张,而环境中的微生物在生态系统稳定性的维持中发挥着极为重要的作用,科学合理的开发认识微生物资源有助于生态环境的稳定,此时在教学过程中应帮助学生具备时代担当责任感,像对待生命一样对待生态环境的意识。

## 5. 根据地理优势,开发教学探究模式

### 5.1. 红树林生态系统与微生物

红树林生态系统是一种有特殊的咸淡水交迭的湿地生态系统,在海南有着广泛的分布。红树林生态平衡比较脆弱,营养也比较缺乏,但仍有着较高的生产力,其主要原因就是红树林生态系统中含有多种多样的微生物种群,红树林中的营养物质循环系统很大一部分需要依靠微生物的生命活动来完成。目前,已从红树林中发现并分离到了参与氮固定的固氮螺旋菌属(*Azospirillum*)、固氮杆菌属(*Azotobacter*)、根瘤菌属(*Rhizobium*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)和克雷伯菌属(*Klebsiella*);参与硫代谢的脱硫叠球菌属(*Desulfosarcina*)、脱硫球菌属(*Desulfococcus*)、脱硫肠状菌属(*Desulfotomaculum*);能够分泌高磷酸酶活性的芽孢杆菌属(*Bacillus*)、类芽孢杆菌属(*Paenibacillus*)、黄色杆菌属(*Xnathobacter*) [10]。降解实验表明,放线菌门细菌 *Demequina salsinemoris* MCCC 1A15890 和 *Brevibacterium celere* MCCC 1A17451 对纤维素降解活性最高。梭杆菌门细菌 *Propionigenium maris* MCCC 1A15874 和 *Ilyobacter polytropus* MCCC 1A15889 对几丁质降解活性最高[15]。因此,没有微生物的存在,红树林生态系统则难以长期维持稳定。

### 5.2. 珊瑚礁生态系统与微生物

珊瑚礁生态系统同样也是与海洋息息相关的生态系统,主要由珊瑚虫的骨骼经百千年演化而逐渐形成。珊瑚礁生态系统中的生物种类很多,丰富度接近于热带雨林,同样也有着比较高的生产力。而在珊瑚礁的形成过程中,有许多微生物会与珊瑚虫之间存在着共生关系。这些共生微生物主要有共生藻、共生真菌和共生细菌三类,其对珊瑚礁生态系统的维护起着重要作用。例如共生藻类可通过光合作用为珊瑚提供能量和有机物,但是当海水温度升高至超过共生藻的耐受值后,共生藻类会出现叶绿体染色质降解等现象,无法继续进行光合作用[16]。但是,这样的温度胁迫也可能会提高共生藻类对珊瑚白化现象的恢复能力[17]。近年来,包括海南在内的全球大量海域都出现了珊瑚礁白化的情况,目前已有多项研究表明珊瑚礁白化现象与珊瑚礁生态系统中的微生物息息相关。所以,珊瑚共生微生物群落维持珊瑚健康的机制非常值得我们去探讨,激发学生的研究兴趣。

### 5.3. 探究过程

因此,在讲解微生物与生物环境之间的关系以及微生物的地球化学作用等相关内容时,可以结合上述两个案例,将微生物与环境系统间相互作用规律以直观的方式展示出来。随后课堂讨论上述两个生态系统中,环境微生物起到了哪些作用?是通过哪些方式实现作用的?例如珊瑚白化现象中各种微生物发生了什么变化?期间体现了哪些微生物的特性?引导学生从生物间的相互作用角度出发,逐一理解微生物与生物环境间的互生、共生、寄生、拮抗、捕食五种关系的定义和典型例子,分析这些关系带来的生态学影响,深入探讨微生物与生物环境之间的关系以及微生物的地球化学作用中的重要知识点,学会运用自身所学的知识来分析生态系统的微生物所起到的重要作用。在讲解微生物的形态构造课程时,可以用珊瑚礁生态系统中的共生藻、共生真菌和共生细菌来进行比对学习,深入了解微生物的分类依据,探讨不同种类微生物之间共性与区别。在实验课的学习中可以分享此类案例,并与学生探讨其中的实验思路和方法,拓展学生实验操作的思维,提高学生做实验的综合能力。

在解读教材内容的同时,更需要向学生解释在全球气候变化和人为干扰的情况下,红树林生态系统、珊瑚礁生态系统以及其他生态系统都受到了很大的冲击。在全球温度变暖的情况下,红树林生态系统中的有机碳含量增加,容易被分解,不能转化为长期储存在生态环境中惰性碳[18]。针对这一生态问题,应做好对环境中微生物种类和数量的保护,利用微生物的代谢能力和“碳库”的作用来帮助缓解当下面临的环境危机[19]。目前在我国政策的实施下,红树林生态系统、珊瑚礁生态系统等多种生态系统都在进行强有力的保护和修复。而在海南自贸港建设的过程中,我们又该如何强有效地对海南生态环境进行保护?在传授科学文化知识的同时,也应在课程教学中引起学生的思考,帮助学生建立海岛自然资源保护认同感,为缓解海南生态环境压力做出自己的贡献。

## 6. 教学案例展示

### 6.1. 设计思路

海南岛四面环海,其生态与海洋环境息息相关,拥有许多独具海洋特色的生态环境。例如,莺歌海盐场就是一种人造近海高盐环境,此外海南洋浦半岛盐田村的千年古盐田,由于高盐环境,因此形成了一个独特的生境并含有特殊的为生物类群[20]。在教学过程中,可先引导学生分析盐田环境的特殊条件,结合微生物生长所需要的营养需求,盐田环境含有的微生物类群会有哪些特殊之处?引导学生思考微生物在盐田环境下的耐性或适应机制是什么,必要时可安排实验课让学生理解微生物对于环境的适应能力,探究高盐环境对微生物生长的

影响,帮助学生建立起对生物适应环境的认识,完善生命观(见图1)。

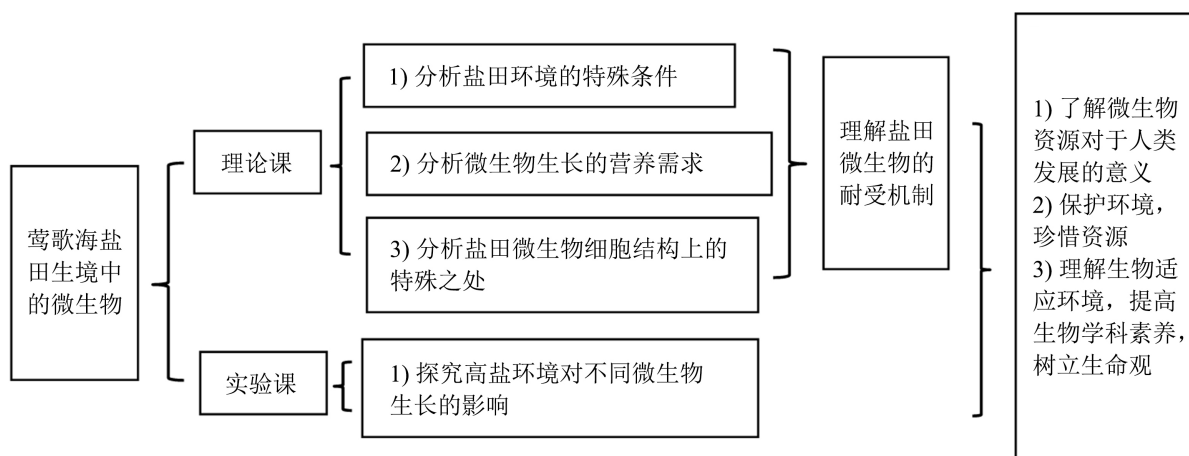


Figure 1. Schematic diagram of teaching case

图1. 教学案例示意图

### 6.2. 案例设计与教学过程

在讲解“微生物的形态与构造”相关内容时,可以举例盐田中几种典型微生物,例如其中芽孢杆菌等属菌株的结构图,分析其结构及其与环境相适应的特点,并比较其与非盐田中的芽孢菌属菌株及其他微生物结构上有何区别。在“微生物与生态”一章中,讲解微生物在自然界的分布及菌种资源的开发时,可以解释微生物在莺歌海盐田这样的高盐高温高湿环境中的结构和分布特点,是如何与环境相互作用及如何与其他生物相互影响的,并引导学生去探索这些微生物类群的其耐盐或环境适应机制,感受微生物资源对于人类发展的积极意义[21]。

### 6.3. 教学评价

由于微生物形态微小，极端环境下的微生物往往很难被发现，随着更多的技术运用到生命科学的探索中，这些极端环境下的微生物揭开了它们生存的奥秘。盐田嗜盐和热泉嗜热等极端微生物的发现大大拓展了人类对生命分布和生物进化的认识，相关耐性机制的解析和应用也都对人类的生产和生活做出了巨大的贡献。因此，通过该案例，可以引导学生回顾微生物的细胞结构特征、微生物的营养和培养基等知识点，为微生物生态这一章节的学习奠定了基础。最终让学生认识到，在开发生态资源的同时，要注重原生态环境的保护，而在这些极端环境下往往只有微生物等少数物种可以存活，其重要性不言而喻，这些稳定的生态环境也是微生物与环境完美适应的结果。因此，在授课过程中，需要向学生阐明开发资源与保护环境之间的平衡，也更应该认识到这些特殊生境条件下生命存活的机制和意义，引导学生树立正确的生命观，履行我国环境保护的战略国策。

## 7. 总结与展望

课程思政建设要求在进行专业课教学过程的同时，恰到好处地融入思政内容。这在微生物课程中，则体现为要求教学过程首先需要具备思政建设的意识，而后充分发现微生物学中的思政元素，加以时代或地域导向，引起学生对生活中微生物的观察和思考，也对思政形成新看法和新想法。与此同时，课程思政还要求教师在微生物教学过程中严谨地传授专业知识，保证教学质量，不能为了达到思政效果而强行进行思政教育，忽略微生物课程教学的科学性。虽然课程思政中可以运用的素材多种多样，但在运用素材的同时需要注意科学性与思想性相结合，因此，如何选取典型且具有教育意义的案例需要教师在备课过程中再三斟酌(见表 2)。

**Table 2.** Corresponding table of partial microbiology contents and ecology elements

**表 2.** 部分微生物学知识点和生态元素对应表

对应知识点	思政案例	思政方向
一、各类病毒的特征	新冠疫情、SARS 等病毒爆发事件	1) 忧国忧民，无私奉献 2) 追求真理，科学防疫 3) 保护生态平衡
二、人体内的微生物生态	肠道微生物对人体健康的影响	1) 科学地看待微生物在人体健康中的作用 2) 树立正确的生命观
三、根际微生物	水稻的根系微生物组对植株生长的影响	1) 了解生物之间的相互作用 2) 树立整体的生命观
四、微生物的多样性及其代谢途径多样性	微生物对环境中有毒物质的分解	1) 认识物种多样性对维持生态平衡的意义 2) 珍惜资源，保护环境 3) 将科学知识转化为社会所需的技术
五、微生物的新陈代谢	发光细菌在海洋污染中的监测作用	1) 减少污染，用科学环保的技术保护环境
六、微生物与生物环境之间的关系以及微生物的地球化学作用	红树林生态系统、珊瑚礁生态系统等生态系统	1) 树立生态文明观 2) 从整体的角度看待生物环境，理解生态系统各部分之间的相互作用
七、微生物在自然界的分布及耐受机制的产生	莺歌海盐田生境中的微生物	1) 了解微生物资源对于人类发展的意义 2) 保护环境，珍惜资源 3) 理解生物适应环境，提高生物学科素养，树立生命观

在海南自贸港的建设中,所制定的战略定位无不要求以热带海岛良好优质的生态环境和丰富的生物资源为基础保障,对热带海岛的环境保护、生态建设和生物资源利用的科研支撑能力提出了更高的要求。在微生物课程思政过程中,如果对海南生态特点加以提炼,而后与微生物经典案例和专业知识教学进行有机联系形成独特的情景导入或案例分析,最后则能引导学生在学习微生物专业知识后,能够积极地思考微生物在所生活的环境中是如何起到作用的,同时不断提升思想,形成正确的价值取向,树立对社会的责任感和使命感,实现微生物课程思政引导学生热爱祖国河山,内化辩证唯物主义思维的目标。

## 基金项目

海南师范大学“课程思政”教育教学改革专项建设项目(hsjgsz2021-15)。

## 参考文献

- [1] 彭双阶,徐章韬. 大学数学课程思政的课堂教学实现[J]. 中国大学教学, 2020(12): 27-30.
- [2] 王春燕,张好强,李培琴. 浅谈《微生物学》课程思政[J]. 高教学刊, 2019(12): 177-180.
- [3] 汪小又,郭婷,程丹,罗红丽,廖国建. “微生物学与免疫学”课程思政的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1196-1201.
- [4] 郭慧玲,邵玉宇,孟和毕力格,张和平. 肠道菌群与疾病关系的研究进展[J]. 微生物学通报, 2015, 42(2): 400-410.
- [5] Wang, T.T., Cai, G.X., Qiu, Y.P., et al. (2012) Structural Segregation of Gut Microbiota between Colorectal Cancer Patients and Healthy Volunteers. *The ISME Journal*, 6, 320-329. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.109>
- [6] Zhang, J.Y., Liu, Y.X., Zhang, N., et al. (2019) NRT1.1B Is Associated with Root Microbiota Composition and Nitrogen Use in Field-Grown Rice. *Nature Biotechnology*, 37, 676-684. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0104-4>
- [7] 王孝林,王二涛. 根际微生物促进水稻氮利用的机制[J]. 植物学报, 2019, 54(3): 285-287.
- [8] 柏成寿,崔鹏. 我国生物多样性保护现状与发展方向[J]. 环境保护, 2015, 43(5): 17-20.
- [9] 方战强,陈中豪,胡勇有,李友明. 发光细菌法在水质监测中的应用[J]. 重庆环境科学, 2003(2): 56-58+62.
- [10] 袁一鸣,王腾,何彦龙,杨涛,黄元洲,李志恩,张昊飞. 大亚湾海域 4 种常见危化品对发光细菌的生物毒性研究[J]. 海洋环境科学, 2021, 40(2): 235-241.
- [11] 史鹏,冉珑,李素俭. 以“新冠”病毒肺炎疫情为案例的问题导向式微生物学课程思政教学设计[J]. 微生物学通报, 2020, 47(8): 2603-2609.
- [12] 冯佳. 焦化废水中氰化物降解功能菌的研究[D]: [硕士学位论文]. 秦皇岛: 华北理工大学, 2020.
- [13] 魏婷,何敬愉,何彩云. 石油烃降解细菌应用于中试反应器处理油污压舱水的研究[J]. 集成技术, 2018, 7(5): 1-10.
- [14] 邓怡玲. 聚乙烯醇生物降解的条件优化及其过程机理分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [15] 孙超,曾湘,李光玉,杜雅萍,王兆守,邵宗泽. 红树林沉积物中天然多聚有机物厌氧降解菌多样性与细菌新类群分离[J]. 微生物学报, 2021, 61(4): 987-1001.
- [16] 沈城. 温度胁迫对珊瑚共生虫黄藻超微结构及相关基因表达的影响[D]: [硕士学位论文]. 湛江: 广东海洋大学, 2014.
- [17] 刘佳璐. 珊瑚共生微生物的研究进展分析[J]. 南方农业, 2020, 14(15): 141-143.
- [18] 陶胤任. 红树林沉积物有机碳库稳定性对增温和水淹的响应[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2019.
- [19] 曹启民,郑康振,陈耿,陈桂珠. 红树林生态系统微生物学研究进展[J]. 生态环境, 2008(2): 839-845.
- [20] 陈永敢,符明,林佳,李珍,罗宏伟,黄海. 海南莺歌海盐场土壤可培养微生物的多样性分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2020, 39(12): 5593-5598. <https://doi.org/10.13417/j.gab.039.005593>
- [21] 冯二梅,宿红艳,王磊. 烟台海域中度嗜盐菌分离、鉴定和系统进化研究[J]. 海洋通报, 2010, 29(1): 52-58.