

以创新力为导向的“土壤微生物学”教学改革与实践

宋文琛*, 李巍

中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081

宋文琛, 李巍. 以创新力为导向的“土壤微生物学”教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1175-1189.

SONG Wenchen, LI Wei. Exploration and practice of innovation-oriented teaching reform of Soil Microbiology[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1175-1189.

摘要: 在新时代亟需创新型人才的背景下, 现行“土壤微生物”课程教学中存在教学内容相对滞后、缺乏提升学生自主学习和分析能力的培养机制、重分数轻能力等 3 个主要问题, 影响对学生创新能力的培养。为此, 根据教学实际情况尝试了 4 项改革措施: 修改过时教学内容并紧跟前沿、采取开放引导式教学方法、设计布置“看图说话”或话题讨论模式作业任务, 以及期末考核采用试验设计或者观点论文方式。实践表明, 这些教学改革获得了绝大多数学生的正面评价, 有效提高了学生的创新积极性和创新能力。

关键词: 土壤微生物学; 教学改革; 创新能力; 开放引导式教学; 考核评价方式

Exploration and practice of innovation-oriented teaching reform of Soil Microbiology

SONG Wenchen*, LI Wei

College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

Abstract: The new era is accompanied by significant changes in the demand and standards for talents, rapid development of soil microbiology, and an urgent need for innovative talents. The outdated contents in the current teaching of Soil Microbiology affect students' innovative direction. The lack of mechanisms to enhance students' independent learning and cultivate their analytical skills is not conducive to stimulating students' enthusiasm in innovation. The emphasis on scores over abilities hinders the fostering of students' innovative consciousness. In response to the three problems, we have proposed four reform measures based on the actual teaching situation. The four

资助项目: 北京高等教育本科教学改革创新项目(2022-147); 北京高校青年教师创新教研工作室(2023)

This work was supported by the Beijing Higher Education Undergraduate Teaching Reform and Innovation Project (2022-147), and the Innovative Teaching and Research Studio for Young Teachers in Beijing Universities (2023).

*Corresponding author. E-mail: songw@muc.edu.cn

Received: 2023-08-08; Accepted: 2023-11-30; Published online: 2024-01-25

measures include modifying outdated teaching contents and supplementing the cutting-edge research achievements, adopting problem-based teaching methods, designing figure/tablet explanation or topic discussion tasks, and assessing the learning performance based on experimental design or perspective papers. Practice has shown that the teaching reform has improved students' enthusiasm in innovation, learning efficiency, and innovative ability, receiving positive feedback from the vast majority of students. Our teaching reform practice has played a role in improving students' research and practical innovation abilities.

Keywords: Soil Microbiology; teaching reform; innovative ability; problem-based teaching; assessment methods

中央民族大学的“土壤微生物学”课程为国家一流学科生态学下的专业选修课,针对大三本科生开设,年度36学时计2学分,主要内容为土壤微生物的分类、群落结构和生态功能等,所涉及知识点灵活多样,旨在拓展学生的知识面与基础实践能力。随着当代微生物学理论与技术研究的不断更新与发展,土壤微生物学的教学在新形势下的创新却开展得很少,不能满足社会经济发展对学生素质的实际需求^[1]。造成这种现象的主要原因是传统授课模式重知识轻能力,令学生在未来的研究和应用过程中感到无所适从。因此,比起传统授课模式所注重的“学习知识”,现在大学授课更应当注重的是令学生掌握自主学习和实践的创新能力^[2]。若要做到这一点,就必须先做到两方面的内容:一方面是培养学生“发现问题”的能力;另一方面是提高学生分析并解决问题的能力。本文拟就这两方面进行探讨,结合本教学团队的教学实践,针对土壤微生物教学中存在的问题相应提出改进方案,为未来土壤微生物学领域的课程改革提供重要的参考和建议。

1 教学中存在的主要问题和改革的必要性

1.1 教学中存在的主要问题

在新时代对人才需求和评价标准发生重大

变化、土壤微生物学领域发展迅速的背景下,传统教学方式的重知识轻能力、重记忆轻思维的模式已越来越不合时宜。当今时代环境对学生的综合创新能力要求很高,注重学生格物致知的创新思维,考验学生的开拓与创新能力。在这种情势下,教学团队根据多年教学实践和学生反馈,发现在本校“土壤微生物学”教学中存在一些不利于学生创新能力提升的问题,归纳起来主要有3点。

1.1.1 教学内容相对滞后,影响学生创新能力的培养

土壤微生物学作为一门发展迅速的学科,以前的教材资料已出现不同程度的理念或知识滞后,甚至内容陈旧错误的问题。这些问题的存在不仅很容易误导学生,而且会干扰甚至阻碍学生夯实自身的知识理论基础。毕竟,在创新的基础都没打好的情况下,是难以切实地进行创新的。例如,很多教学资料中都有类似“土壤有机质最主要来源是地上植物残体”的表述^[3-5]。但最近研究表明,土壤有机质最主要来源是地下根系输入且经微生物处理的有机质,或者就是微生物残体^[6]。而在相对滞后的教学资料的影响下,很多学生在设计有关试验或进行相关研究时往往会忽略或淡化根系微生物的作用,由此得出不准确或有失偏颇的结论。另外,创新力的培养往往需要求知欲作为驱动,如果学生不接触学科前沿就难以形成对

未知领域的求知欲和进取心,使得创新力的培养缺乏内生动能。因此,如果不梳理和改进教学内容,不仅会对学生造成误导、影响其正确知识理论基础的塑造,还会令学生缺乏创新的内生动能,不利于创新能力的培养。

1.1.2 缺乏提升学生自主学习和分析能力的培养机制,不利于激发学生的创新积极性

由于专业选修课不具有类似必修课的强制性,因而学生对专业选修课的学习主动性往往不如必修课;同时在实际教学中,学生选择课程的标准依据也通常有多种原因,而不完全是因为对课程内容感兴趣,这就带来学生的自主学习动力普遍不足的问题,会进而令学生丧失探索的积极性与进取心,不利于创新力的培养。另外,传统的授课方式更注重学生对知识的记忆,传统以考试为主的作业与考核方法也更注重学生对知识的“标准化解答”,这种教学方式被证明不利于学生自主学习和分析能力的培养^[7]。但在土壤微生物学的研究和应用中,自主学习和分析的能力却是提高创新力必不可少的素质^[8]。原因在于土壤微生物学所涉及的领域往往数据量大、影响因素复杂且往往涉及学科交叉,大部分情况下不能仅凭经典知识和经验做出判断,必须通过自主学习、综合分析、创新性方法或举措才能获得结果。因此,学生需要具备一定的自主学习和分析能力才能够灵活解决土壤微生物学领域研究和应用过程中遇到的问题。所以,为了培养学生的综合创新能力,在教学中不应只注重学生对知识的记忆,更应当注重培养学生自主学习和分析的能力,进而激发学生的创新积极性,获得创新成果。因此,如何调动学生的自主学习和分析的积极性、激发学生的创新意识,是任课教师必须面对的问题。

1.1.3 重分数轻能力,缺少对学生创新意识的引导

“应对百年未有之大变局,人才是关键。我们需要做的是营造一个大环境、打造无数小舞台,释放出人才的巨大创造力”^[9]。而在传统应试教育的情况下,学生的创新能力通常处于被打压的状态^[10],在土壤微生物教学中也是如此。我们发现,由于传统应试教育普遍采取以“标准答案”定分数、以分数论高低的方式,大部分学生都出现了“不敢创新、不会创新”的情况。因为一旦创新,即使答得合理,甚至能更好地解答问题,也难免会因与“标准答案”不一样而丢分,从而影响课程成绩。于是很多学生索性在学习中对知识点“一背了事”,而不愿意更多地理解和思考。久而久之,学生容易产生思维定式,在思考问题时下意识先查找别人的“标准答案”,而不是通过思考和研究给出自己的答案。这种现象不仅会影响学生的本科学习阶段,还会进一步延续到研究生阶段中。一些本科成绩优异的学生,在研究生阶段却“畏首畏尾”,不敢“与别人不一样”。因此,传统应试教育只能培养“管家型人才”,培养不了创新型人才^[10]。因此,若要解放学生的创新力,就必须对教学和考核方式作出改革,加强对学生独立思考和创新意识的引导^[11]。

1.2 教学改革的必要性

创新力的核心是“发现问题、解决问题”的思维能力,因此提升学生创新能力的关键就是培养学生发现新问题、解决新问题的能力。在“土壤微生物学”传统教学模式中,教学内容相对滞后使得学生接触不到前沿新内容,自然会阻碍他们去发现新问题、寻找创新方向;缺乏对学生自主能力的培养一方面损害了学生发现问题的积极性,另一方面也令学生缺乏通过学习和分析来解决问题的能力;而缺少对学生创

新意识的引导则使得学生在面对需要解决的问题时只知道循规蹈矩寻找“标准答案”，不能充分发挥主观能动性以解决新问题。这 3 点问题并不是孤立存在的，而是通过一整套“规矩”限制住了学生“发现问题、解决问题”的能力，抑制了学生创新能力的培养。因此，迫切需要对本课程的教学内容、教学方法、考核体系等方面进行改革与探索，有针对性地解决上述 3 个问题，构建以创新力为导向的新型教学模式，解放学生的创新能力，提高教育教学质量，以培养理论与实践并重、专业能力强、创新能力强的复合型专业人才。

2 教学改革措施

针对土壤微生物教学中出现的教学内容相对滞后、缺乏对学生自主能力的培养，以及缺少对学生创新意识引导这 3 个主要问题，我们采取了 4 点主要改革措施：修改过时的教学内容并紧跟前沿，采取开放引导式教学方法，作业采用“看图说话”或话题讨论模式，以及以试验设计或者观点论文形式开展期末考核。

2.1 修改过时教学内容并紧跟学科前沿

针对教学内容相对滞后的问题，我们修正了已经被证明是不准确，甚至是错误的内容，及时向学生们展示最新的研究进展，开拓学生的前沿创新视野。并且我们将课程内容融入到学习通、雨课堂、中央民族大学网络教学平台等网络多媒体系统之中，这些网络多媒体平台可以随时更新，避免传统教辅很难根据科学知识的更新而进行相应调整的问题，有助于更新学生的知识体系^[12]，通过这一措施可以更加系统性地引导学生掌握土壤微生物学的知识与技能，有助于学生寻找创新方向、避免了学生被错误和干扰信息误导，并提高了学生自主学习的积极性。

为了使学生对前沿领域研究的问题形成较为直观的印象，在教学过程中，教师可以直接展示文献中的原始图表，也可以将新发现的主要内容汇总在一个图表上。在展示图表的同时，教师需用简洁生动的语言讲解图表中所表达的内容，并积极与学生互动交流，切忌照本宣科、单纯讲授。例如，在我们讲解微生物与土壤有机质转化时，特地给学生们讲解了较新的“续埋效应”理论。在讲解时，教师直接展示了 2023 年发表论文中带“太极图”的原理示意图^[13]，以中国传统哲学中阴阳转化为类比，生动讲解土壤微生物碳泵的基本原理。继而与学生以一问一答的形式探讨该理论与其他理论的不同与进步。课程调查后发现，大多数学生表示通过上述授课方式，对土壤微生物学的前沿领域有了更加清楚的认识，对其中的某些学术问题有了新的思考或独到见解，并且确立了自己可能感兴趣的创新方向。

2.2 采取开放引导式教学方法

针对缺乏对学生自主能力培养和创新意识引导的问题，本次教改在课堂上采用一种新的开放引导式教学方法，以提高学生的自主学习能力及创新意识。开放式课堂和引导式教学相结合的方法被称为开放引导式教学方法。开放式教学指的是区别于传统单向、封闭教学的一种通过师生互动和信息互递提高学生能力、更注重培养自学和学以致用能力的教学模式^[14]。引导式教学指的是区别于传统灌输式教学的一种教师不直接讲述知识，而是提供各种指导以引导学生获取知识的教学方法^[15]。开放式教学有利于学生自主能力的培养，引导式教学有利于对学生创新意识的引导^[14-15]。本研究把诸如翻转课堂、互动问答、滚雪球等开放式课堂教学方法，以及思维引入、修正引导、任务引导等

引导式教学方法, 根据教学案例需要进行组合, 使得学生能一步步通过自主探究, 在获得知识的同时也掌握了创新所需的思维方法和基本技能。例如, 图表分析能力是在科研和实践应用领域非常关键的基本能力。但在本门课程的实际教学中发现, 很多学生对图表都缺乏识别、分析能力, 这会影响他们对土壤微生物学知识的实践应用以及对问题的分析思考, 进而限制了学生的创新力和实践能力。另外, 分析图表的过程伴随着学生的自主分析及探讨过程的发生, 有助于培养学生发现问题的能力。若再进一步鼓励学生在分析讨论图表时可能产生的创新思想和独到见解, 那就可以有效促进学生创新思维的培养。基于此, 我们采取如下方法。

首先, 在讲解完基本理论知识之后, 向学生展示一个或一系列相关图表。以图 1 为例, 我们让学生解释图表的背景及其他相关内容, 并给学生 5–10 min 观察并思考图表所展示的现象以及该现象所反映的内容。

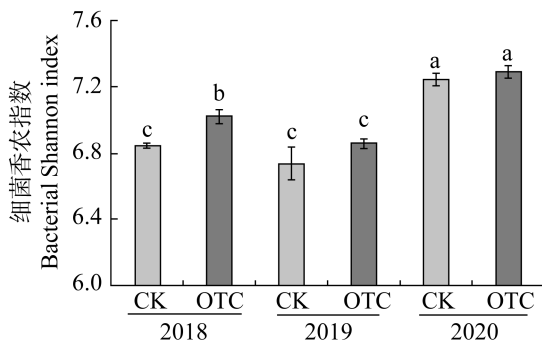


图 1 三年开顶箱升温试验(open-top-chamber, OTC)对土壤细菌多样性的影响^[16] 不同的字母表示差异显著($P<0.05$)

Figure 1 The effects of warming on bacterial Shannon index in August 2018, 2019 and 2020^[16]. Different letters indicate the significant differences ($P<0.05$).

然后, 在学生进行一段时间的独立思考之后, 请学生回答问题“该图/表主要讲了什么?”以描述图表中表现的主要现象。比如图 1 就可以描述为“增温第一年显著增加了细菌的多样性, 而增温第二年和第三年的细菌多样性均无显著性变化”。在学生回答的过程中, 教师应随时纠正学生对图表解读的不规范和错误之处, 视情况可以找多名学生回答。

接着, 在学生回答完上述问题之后, 追问“这(些)图/表说明了什么原理或机制?”让学生进一步阐述图表所反映的主要科学道理。比如有学生就认为图 1“说明升温短期内可以改变土壤细菌多样性但长期还是会调整回原来的平衡状态(生态学扰动与恢复原理)”。在学生回答的过程中, 适时给予学生一定的提示和指导, 逐步引导学生根据图表和已知原理对图表进行分析, 直到学生基本回答出图表所呈现的现象、规律并加以解释为止。同样, 在该问题的互动中可以找多名学生回答。

最后, 总结图表所反映的现象和规律, 同时对所有参与的学生们的思路和表现进行点评。

需要注意的是, 答题学生的选择应多由教师选择, 确保课程结束前每名学生都有答题机会, 尽量避免全让学生自愿回答。“学生自愿回答”方式看似尊重学生的“自主意愿”, 但实际上可能令部分自主性不强的学生产生惰性, 助长其回避自主思考的不良学习习惯。每次课程教学中, 教师一般设置 1–2 次图表问答教学环节, 但选择答题学生的顺序和次数要有随机性, 避免规律性选人。这种教学设计可使每一位学生在面临每一个新问题时都有紧迫性从而促进思考, 减少因“预判老师点名的方式或概率”而产生懈怠。在设置“图表题”时, 不能设置“标准答案”, 应允许学生自由思考和猜想, 鼓

励学生的独到见解。课后,教师根据学生回答问题时的表现(比如是否能够准确描述图表、分析展示的内容和提出自己的见解),对本次参与的学生进行评价打分(表 1),并作为课程平时成绩的一部分。

2.3 作业采用“看图说话”或话题讨论模式

为解决缺乏对学生自主能力培养和创新意识引导的问题,不仅需要课堂上做出改革,也需要从考核评价方式上做出改革。从学生角度出发,课程的分数是他们最为关心的重点。所以,课程的考核评价标准必须有所改变,否则

任何教学改革都不会有效果^[17]。我们的教学改革采取强调过程性考核的方式,将平时成绩的占比从 30%增加到 50%,其中作业与阶段测验、课堂互动和线上学习分别占平时成绩的 50%、35%和 15%,以鼓励学生平时认真听讲、积极思考并认真完成作业^[18-19]。作业不采用传统的试题模式,建议采用 2.2 中所述的“看图说话”模式,或者通过一个话题让学生写出自己的见解。“看图说话”模式的优点在 2.2 部分已有描述,这里不再赘述。话题讨论模式的主要优势在于其开放性,有利于学生自主分析讨论

表 1 课堂互动问答评分标准

Table 1 Interactive Q&A evaluation standard

指标 Indicators	能够完整描述图表所展 示的现象 Able to fully describe the extent of the phenomenon shown in the chart	能够合理阐述图表所反映 的科学道理 The ability to reasonably explain the scientific truth reflected in the chart	论点鲜明,概念清晰,语言 表达准确 The ability to clarity of arguments, concepts, and language expression	有充分理解的前提下,有 个人见解 Able to have a personal understanding of the premise, with a personal insight
100 分 100 points	能描述 3 个以上现象 Can describe more than 3 phenomena	能阐述 3 个以上道理 Can expound on more than 3 principles	有明确论点和逻辑链,能 够完整且准确表达 Have clear arguments and logical chains, and be able to express them completely and accurately	理解深刻,有独到观点 Have deep understanding and unique perspectives
80 分 80 points	能描述 2 个现象 Can describe 2 phenomena	能阐述 2 个道理 Can expound 2 principles	有模糊的论点和逻辑链, 但能够完整且准确表达 There are vague arguments and logical chains, but one can be expressed completely and accurately	理解深入,有深刻观点 Deep understanding and profound views
60 分 60 points	能描述 1 个现象 Can describe a phenomenon	能阐述 1 个道理 Can expound a principle	有模糊的论点和逻辑链, 能够表达大致意思 Have vague arguments and logical chains, and be able to express general meaning	理解深入,有肤浅观点 Deep understanding, superficial viewpoints
0 分 0 point	不能描述任何现象 Cannot describe any phenomenon	不能阐述任何道理 Cannot expound any principle	表达不出任何观点或逻辑 过程 Can't express any viewpoint or logical process	完全没理解 One didn't understand it at all

最终得分为各项指标得分的平均值

The final score is the average score of each indicator.

的能力和思维的培养。话题讨论模式不设置“标准答案”，给予学生联想和猜想的空间，鼓励独到见解。讨论话题尽量选择目前尚无定论的研究热点，兼具前沿性和一定的争议性。这种开放性的特点促使学生在完成作业时自行广泛查阅文献，通过分析、甄别、思考，从而得出自己的观点。在这种探索过程中，学生的自主分析能力和创新思维能力均能得到很好的提升，有助于解决“标答验证”式的传统作业缺乏自主能力培养和创新意识引导的问题。

2.4 期末考核采用试验设计或者观点论文

为了提升学生用创新思维分析解决问题的能力，除了平时考核方式的改革外，也需要对期末考核方式做出改革。传统考试模式限制思维、局限创新力的弊端在前文已有阐述。而对于常见的、以撰写综述形式作为期末考核，又经常出现摘抄文献、东拼西凑，甚至可能借由人工智能合成的情况，让考试失去其启迪思维、鼓励创新的作用。因此，我们采取的是试验设计或者观点论文的方式。试验设计是指以某个研究目的为题，学生设计相应试验方案以实现或达到该研究目的。题目的设置应为尚无现成(已发表)的研究方案，但学生凭借所学知识可以设计完成的研究目标，最好有一定的前

沿时效性，以尽量避免抄袭现象的出现。比如，第24届冬季奥林匹克运动会前期的2021年期末考试就以“如何评估北京松山冬奥滑雪场对森林土壤真菌资源的影响并提出保护策略”为题，让学生设计试验方案。教师从试验方案的合理性、可行性和创新性等维度进行评价(表2)。以这种开放式的、综合性的试验设计作为期末考核的优势在于，它对于学生的考察方面不仅停留在所学知识的记忆层面，而是提升到了应用层面，并且是对多个知识点融合式的综合应用。因此，学生为了解决题目的“问题”，必然尽可能多地回顾所学知识点，以思考、分析如何加以应用。这样一来既加深了学生对所学知识的印象，又考察和提高了学生生活学活用的能力。

观点论文的英文表述有“perspective”“opinion”“viewpoint”等多种方式，但都是指对主要研究文献进行学术评论和讨论的一种形式。这些所评论或讨论的文献可能过于技术化，可能有一些有争议的立场主张或推测性假设，学生需在自己的观点论文中根据这些文献提出自己的观点^[20]。相较于综述论文，观点论文不仅需要梳理文献中的主要结论，更重要的是需要以文献结论为基础进行主观思考，进而提出自己的观点。我们通常选择一些具有前

表2 试验设计评分标准

Table 2 Experimental design evaluation standard

指标 Indicators	优秀 Excellent	良好 Good	及格 Passed	不及格 Failed
描述试验过程与原理的完整性 Describe the integrity of the experimental process and principle	90-100	75-90 (not included)	60-75 (not included)	<60
试验设计的合理性与可行性 The rationality and feasibility of the experimental design	90-100	75-90 (not included)	60-75 (not included)	<60
目标明确，语言表达的准确性 Clear objectives and accurate language expression	90-100	75-90 (not included)	60-75 (not included)	<60
试验的创新性 Innovation of the experimental design	90-100	75-90 (not included)	60-75 (not included)	<60

最终得分为各项指标得分的平均值

The final score is the average score of each indicator.

沿性强、讨论性高并且无确定结论的话题作为观点论文的题目, 比如: “外源碳输入是增加了土壤微生物的放碳还是固碳作用?” 教师根据观点论文的文献查阅、分析思考、所提出观点的合理性和创新性进行综合评分(表 3)。由于观点论文要求学生必须要提出自己的观点, 而此观点又必须来自对文献的深入分析, 同时任务话题具有一定的争议性, 这就令学生必须认真阅读并分析文献, 从而凝练自己的观点。因此, 以观点论文为考核方式不仅考察了学生查阅文献的能力, 更重要的是考察了学生对文献的分析和思考能力, 同时还很大程度上解决了期末论文大段抄袭、东拼西凑的问题。

根据学生反馈, 在常规以综述撰写作为考核方式时, 学生认为“最不合理”的要求是关于论文字数限定, 很多学生为了达到此要求大段摘抄或者拼凑无意义的文字。如果我们采取试验设计或者观点论文的方式, 考核重点都在于分析文献的内容并提出自己的方案或观点, 因此不必因为保证“工作量的呈现效果”而设置最低字数要求。所以, 无论采取试验设计还是观点论文的方式, 我们都只设置文章字数上限(本

课程中, 通常根据题目内容设置 3 000–5 000 字为上限), 不设下限。这样做既鼓励学生抓住重点、言简意赅, 杜绝为凑字数而废话连篇的现象, 又节省了学生和老师的時間。由此可见, 改变考核评价方式, 有利于学生紧跟学科前沿, 提高独立思考和创新的积极性, 引导学生自觉提高自己的创新能力。

3 课程改革后的教学效果

3.1 学生对教学的评价

以参加课程改革的 3 届(2021–2023 届)中央民族大学生态学专业专业的 144 名学生(男女比例约为 1:1)为例, 根据教务系统所提供的数据, 对比课程改革前 3 届 140 名学生的数据(本校每年生源差异不显著), 课程改革后学生对课程打的平均分数为 92.45, 而课程改革前采用传统教学方法的平均分数为 82.10, 两者差异显著(图 2), 这表明课程改革使得学生对课程的满意度有了明显提高。在针对 8 项对课程改革效果有直接关系的调查表明, 无论在哪一项指标的调查中, 认为“非常符合”学生都超过了 70%, 认为“非常符合”和“符合”的学生均超过 90% (图 3)。其中, 学生对“注重创新意识启迪, 鼓励批判性

表 3 观点论文评分标准

Table 3 Opinion paper evaluation standard

指标 Indicators	优秀 Excellent	良好 Good	及格 Passed	不及格 Failed
文献引用的合理性与准确性 The rationality and accuracy of the literature references	90–100	75–90 (not included)	60–75 (not included)	<60
分析思路的逻辑性与科学性 Logical and scientific analysis thinking	90–100	75–90 (not included)	60–75 (not included)	<60
论文结构的完整性与语言表达的准确性 The integrity of the structure of the paper and the accuracy of language expression	90–100	75–90 (not included)	60–75 (not included)	<60
观点的合理性与创新性 The rationality and innovation of the viewpoint	90–100	75–90 (not included)	60–75 (not included)	<60

最终得分为各项指标得分的平均值

The final score is the average score of each indicator.

思考和讨论, 激发我的探索欲望”这一项的评判最为优秀, 有 81% 的学生认为“非常符合”, 认为“非常符合”和“符合”的学生为 97% (图 3A)。这说明我们的课程改革在提高学生的独立思考和创新能力方面取得了很好的效果。在对课程整体评价的调查中, 3 个方面里学生给出的优秀评价都超过了 70%, 且差评率都是 0 (图 4)。尤其是“你对课程教学总体感觉”这一方面, 81% 的学生给出了“很满意”的回答(图 4), 这说明绝大部分的学生都对改革后的课程给予高度评价, 课程改革取得了很好的效果。

尽管数据显示绝大部分(超过 90%)的学生都对“土壤微生物学”课程给予了较为正面的评价, 但为验证该数据是否能够反映学生的真实状况, 我们不设前提让学生根据对课程的看法自由地撰写评语反馈。除去空白和无效的评语, 最后得到 126 条有效评语。根据评语的内容, 我们把它们分为五类, 调查结果如图 5 所示。结果表明, 大多数学生都认为“课程很好、很喜欢”, 其次是认为“课程质量高、自己收获很大”的评语, 这两种正面评价占了 90%, 与图 3 和图 4 具有一致性。另外, 我们还对已经结课的学生做了走访调查, 得到的结果与问卷评语显示的情况基本一致, 说明教学改革起到了较好的效果。

3.2 课程改革实施后的教学效果

根据对本校 2021–2023 年指导过大学生创新训练计划(Undergraduate Research and Training Program, URTP)的指导教师的走访调查, 发现选修过“土壤微生物学”的学生无论在选题确立、数据分析还是问题解决等创新能力上都强于未选修过本课程的学生。指导教师们普遍反映, 选修过本课程的学生往往能更好更快地找到课题的切入点、合理分析所得数据、发现图表表明的重要现象并且总结出科学原理和规

律, 给出相应结论。这些优势使得选修过本课程的学生通常能在半年内完成未选修本课程的学生一年才能完成的工作, 并且还能取得良好的创新成果。在 2021–2023 年生态学专业的 URTP 项目中, 有 93.3% 的领队学生(在创新项目中发挥主体作用)选修过本课程。选修过本课程的学生中, 有超过 80% 的学生都在省部级以上创新竞赛中获奖, 比未选修本课程的学生提高了 1 倍多。在 2022 年和 2023 年生态学专业获得保研资格的学生中, 选修过本课程的学生分别占 90% 和 100%, 其中创新保研的学生全部选修过本课程。这些事实说明本次教学改革在提高学生创新性方面取得了良好的成效。

本研究对教改前 3 届 140 名学生和教改后 144 名学生应用“土壤微生物学”方面的知识所取得的创新成果进行了比较分析, 结果如表 4 所示。调查中选择了 6 个能够体现学生创新力, 且属于土壤微生物方向的创新和实践成果作为评判依据, 包括大学生创新训练计划(URTP)立项数、国家级学科竞赛获奖数、省部级学科竞赛获奖数、省部级以上创业竞赛获奖数、发表国内外高水平论文数和以第一作者在国际著名期刊发表论文数。

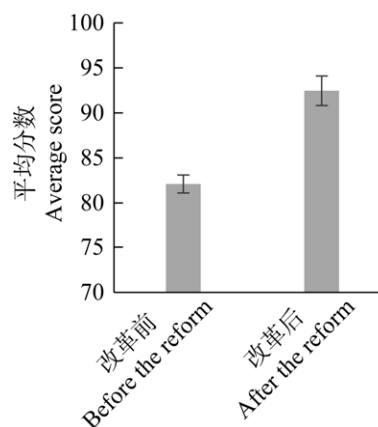


图 2 课程改革前与改革后学生的打分情况对比
Figure 2 Comparison of students' grading before and after the curriculum reform. Significance: $P < 0.001$.

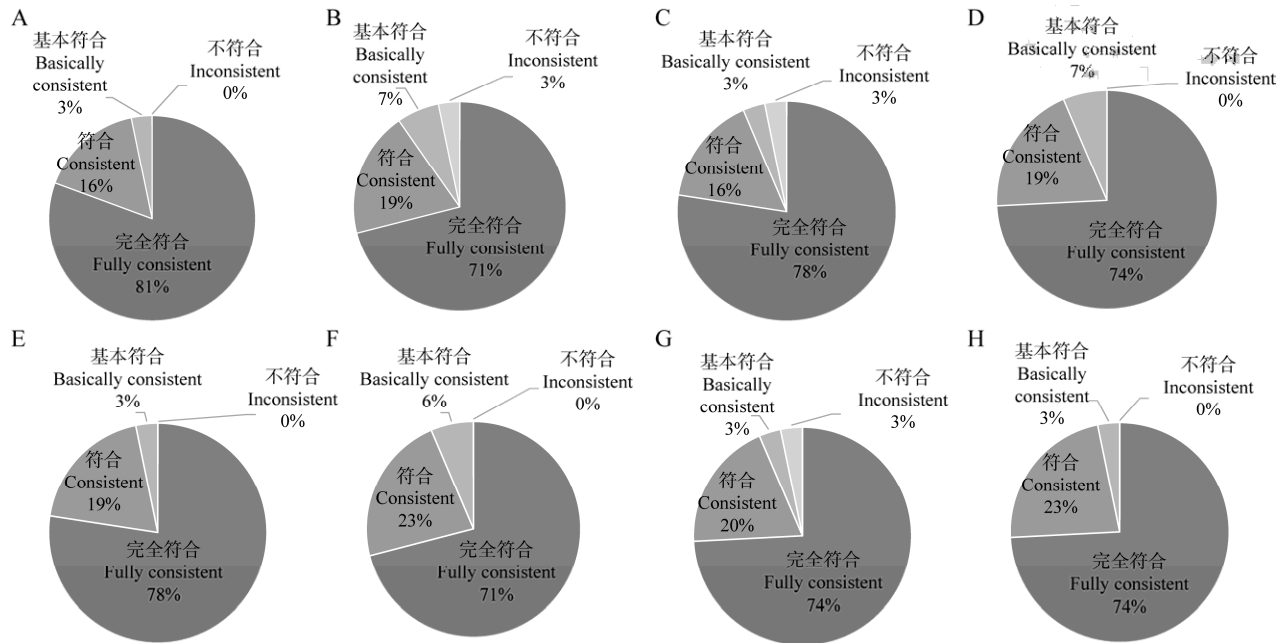


图 3 学生对课程效果调查指标的回复情况 A: 注重创新意识启迪, 鼓励批判性思考和讨论, 激发我的探索欲望. B: 注重因材施教, 引导我热爱学习、自主学习. C: 讲课节奏适中, 条理清晰, 逻辑严密, 精讲重点难点, 课堂学习收获大, 对我专业能力提升有重要支撑作用. D: 紧密联系学科前沿, 注重问题引导, 有启发、提问、互动、探讨等环节, 课堂气氛活跃, 激发学习兴趣. E: 教学有效信息量大, 内容有一定挑战度, 方法有创新性, 对我拓展性学习有指导, 满足我的求知需求. F: 积极与沟通交流, 主动吸纳学生意见和建议, 关注学生学习感受和效果, 主动改进教学. G: 课程理论体系完整, 知识结构科学, 作业适量, 课程考核公正科学, 过程性考核与结果性考核有效结合, 激励我整个学期努力学习. H: 时刻关注科学研究和社会发展动态, 及时更新教学内容, 持续改进教学

Figure 3 The responses from students' regarding the evaluation indicators of course effectiveness. A: Emphasis is placed on inspiring innovation awareness, encouraging critical thinking and discussion, and stimulating my desire to explore. B: Focus on teaching according to students' abilities, guiding me to love learning and study independently. C: The lecture pace is moderate, the structure is clear, the logic is rigorous, the key and difficult points are emphasized in detail, and the classroom learning gains are substantial, which provides important support for improving my professional abilities. D: Closely linked to the forefront of the subject, focus on problem guidance, with inspiring, questioning, interactive, and exploratory links. The classroom atmosphere is lively and stimulates learning interest. E: The teaching effectively provides a large amount of information, the content has a certain degree of challenge, the approach is innovative, and it guides me to expand my learning and meet my thirst for knowledge. F: Actively communicate with students, proactively absorb student opinions and suggestions, pay attention to students' learning feelings and effects, and actively improve teaching. G: The course theoretical system is complete, the knowledge structure is scientific, the homework is appropriate, the course assessment is fair and scientific, and the combination of process assessment and result assessment effectively motivates me to study hard throughout the semester. H: Paying attention to scientific research and social development trends at all times, updating teaching content timely, and continuously improving teaching.

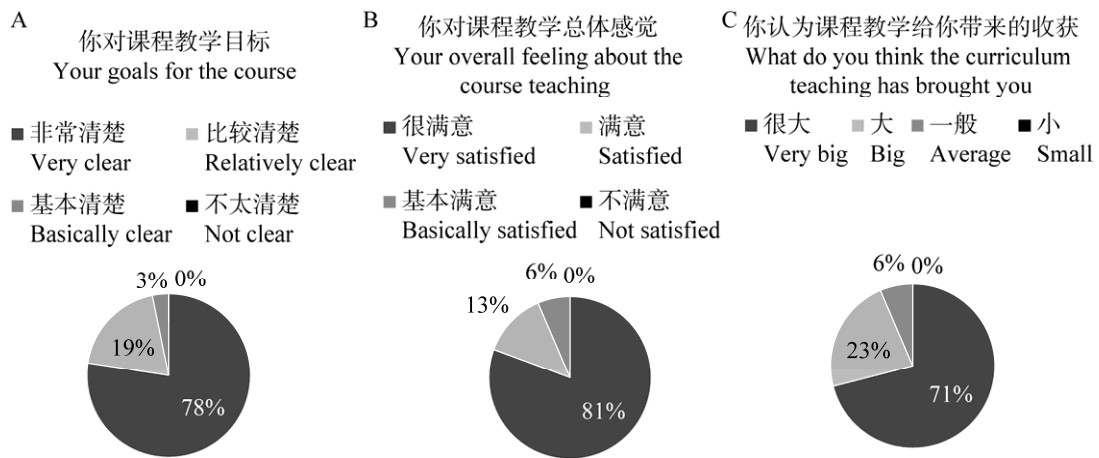


图 4 学生对课程整体评价的调查结果
Figure 4 The survey results of students' overall evaluation of the course.

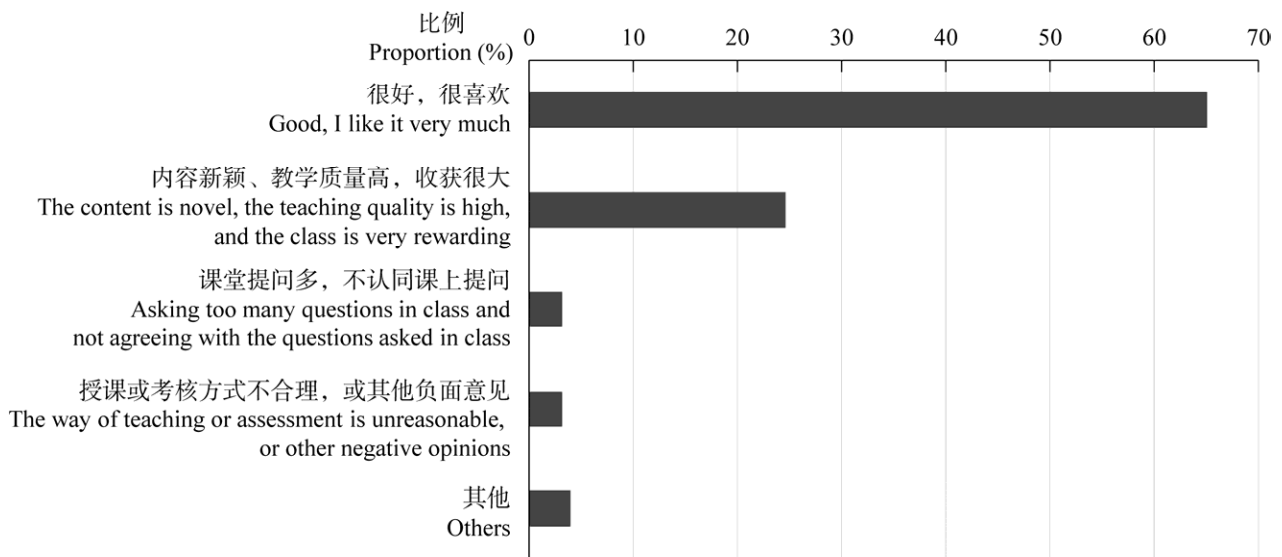


图 5 学生对课程的不同评语所占比例
Figure 5 The proportion of students' different comments of the course.

由表 4 可见, 教学改革后学生获得的各项创新成果均有明显增加。与土壤微生物相关的 URTP 结项数从改革前的 5 项增加到改革后的 24 项, 增长了近 5 倍。这表明学生们在土壤微生物学领域的创新能力有了大幅改善。根据这些 URTP 项目的指导教师反映, 教改后得益于平时的训练, 选修过本课程的学生基本都能够

较好完成课题选择、试验设计、分析结果和报告写作等任务, 又好又快地达成创新项目的结题目标。教学改革后, 应用土壤微生物相关知识获得的国家级和省部级学科竞赛获奖数分别相比改革前增长了 6 倍和 4.5 倍, 都有了非常明显的增长。由于学科竞赛主要考验学生的科研实践创新能力, 学科竞赛成绩的大幅提高说明本

表 4 教改前后应用“土壤微生物学”知识所取得的创新成果

Table 4 Innovative achievements of the students that using the knowledge in Soil Microbiology before and after educational reform

指标 Indicators	教改前 Before educational reform	教改后 After educational reform
本科生创新训练计划(URTP)结项数 Number of Undergraduate Research Training Program (URTP) projects completed	5	24
国家级学科竞赛获奖数 Number of awards in national-level academic competition	1	6
省部级学科竞赛获奖数 Number of awards in provincial and ministerial level competition	4	18
省部级以上创业竞赛获奖数 Number of awards in entrepreneurship competitions at or above the provincial and ministerial level	0	3
发表国内外高水平论文数 Number of high-level domestic and international published papers	3	14
以第一作者在国际著名期刊发表论文数 Number of papers published by the first author in internationally renowned journals	0	3

次教学改革有效提高了学生的创新能力和专业技能,使得学生的科研创新能力获得了长足进步。另外,由于土壤微生物学属于基础学科,改革前几乎无学生考虑从这方面做创业实践应用,因此改革前应用相关知识获得的省部级以上创业竞赛获奖数为0。然而改革后有3名学生分别从真菌种植和土壤固碳方面获得省部级以上创业竞赛奖,这说明学生不仅从课程中提高了学习和探索的创新能力和实践能力,还提高了实践应用方面的创新能力。本科生在土壤微生物学方向发表的国内外高水平论文由改革前的3篇增加到改革后的14篇,其中以第一作者在国际著名期刊发表论文从0增加到3篇。这表明我们的教学改革使得学生的科研创新力有了明显的提升。

4 总结与课程特色

“土壤微生物学”是生态学科一门重要的专

业选修课程,我们针对课程存在的3个主要问题做出了4点改革措施。通过对教学内容、教学方法、考核评价方式进行改革,取得了一定的成效(表5)。本课程主要特色与教改效果主要体现为4点。

(1) 在教学过程中应当紧跟前沿,及时向学生们展示最新的研究进展。我们修正了已经被证明是不准确和错误的内容,并且增加一部分最新的前沿知识,并将课程内容融入到网络多媒体(信息化学习)中。进而更新学生的知识体系,更加系统性地引导学生掌握土壤微生物学的知识与技能,有效地提高了学生的学习兴趣 and 积极性,扩展了学生的创新视野。

(2) 在课堂上用新颖的开放引导式教学方法,来提高学生对土壤微生物学知识的理解。将诸如翻转课堂、互动问答、滚雪球等开放式课堂教学方法,以及思维引入、修正引导、任务引导等引导式教学方法,根据教学案例需要

进行组合,使得学生能通过自主探究,在获得知识的同时也掌握了思维方法和专业技能,提高了创新能力。

(3) 强化过程性考核,提高平时成绩在课程总评中的占比,作业采取图表分析和话题式题目,不设置“标准答案”,给予学生联想和猜想的空间,鼓励独到见解。在这种互动过程中既培养了学生自主分析讨论的能力,又培养了

学生的创新思维能力,从而有助于解决学生自主能力培养缺乏和创新意识引导缺乏的问题。

(4) 期末考核采取试验设计或者观点论文的方式,文章字数只设上限、不设下限。这样既加深了学生对所学知识的印象,又考察和提高了学生生活学活用的能力,还很大程度上解决了期末论文抄袭、拼凑的问题,最终有效提高了学生的分析、应用和创新能力。

表 5 教改前存在的问题、教改采取的解决方法及取得的效果

Table 5 The problems existing before the education reform, the solutions adopted by the education reform, and the achieved results

教改前存在的问题	采取的方法	取得的效果
The problems existing before the educational reform	The methods adopted	The results achieved
教学内容相对滞后	修正过时、不准确和错误的内容	避免对学生的误导
The outdated contents in the current teaching	Modifying outdated teaching contents 用生动方式及时向学生展示前沿进展 Supplementing the cutting-edge research achievements	Avoid misleading students 帮助学生明确创新方向 Help students identify innovative directions
缺乏对学生自主能力的培养	开放式课堂教学	培养学生自主独立思考的能力
Lack of mechanisms to enhance students' independent learning and cultivate their analytical skills	Open classroom teaching 作业采用“看图说话”或话题讨论模式 Designing figure/tablet explanation or topic discussion tasks	Cultivate students' ability to think independently 培养学生自主分析讨论的能力 To cultivate students' ability to analyze and discuss independently
	期末考核采用试验设计或者观点论文	促进学生自主分析解决问题的能力
	Assessing the learning performance based on experimental design or perspective papers	To promote students' ability to analyze and solve problems independently
缺少对学生创新意识的引导	引导式课堂教学	引导激发学生的创新意识
Lack of guidance for students' innovative consciousness	Adopting problem-based teaching methods 作业采用“看图说话”或话题讨论模式 Designing figure/tablet explanation or topic discussion tasks	Guide and stimulate students' innovative consciousness 鼓励独到见解,促进学生创新思维的培养 Encourage original ideas and promote the cultivation of innovative thinking among students
	期末考核采用试验设计或者观点论文	根本上促使学生提高用创新思维分析解决问题的能力
	Assessing the learning performance based on experimental design or perspective papers	Fundamentally promoting students to improve their ability to analyze and solve problems using innovative thinking

“土壤微生物学”课程的教学改革有效地保证了教学质量,极大地激发了学生的学习兴趣,提高了学习效果,全面提升了学生的独立思考、综合应用与创新能力,本课程教学改革的成果为新时代人才培养需求下高等教育创新型人才教育模式提供了有益的借鉴。

REFERENCES

- [1] 张海涵, 黄廷林, 朱陆莉, 杨福玲, 潘思璇, 张卉. 新时代人才培养需求下工科高校专业课教学创新与实践: 以“环境工程微生物学”为例[J]. 微生物学通报, 2022, 49(10): 4467-4480.
ZHANG HH, HUANG TL, ZHU LL, YANG FL, PAN SX, ZHANG H. Teaching innovation and practice of engineering courses in universities for talent cultivation in new era: insights into Environmental Engineering Microbiology[J]. Microbiology China, 2022, 49(10): 4467-4480 (in Chinese).
- [2] AMADOR JA. Active learning approaches to teaching soil science at the college level[J]. *Frontiers in Environmental Science*, 2019, 7: 111.
- [3] 胡宏祥, 谷思玉. 土壤学[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
HU HX, GU SY. Soil Science[M]. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [4] 耿增超, 戴伟. 土壤学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2021.
GENG ZC, DAI W. Agrology[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [5] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2010.
HUANG CY, XU JM. Agrology[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2010 (in Chinese).
- [6] WHALEN ED, GRANDY AS, SOKOL NW, KEILUWEIT M, ERNAKOVICH J, SMITH RG, FREY SD. Clarifying the evidence for microbial- and plant-derived soil organic matter, and the path toward a more quantitative understanding[J]. *Global Change Biology*, 2022, 28(24): 7167-7185.
- [7] EL GEDDAWY Y, MIKIC-FONTE FA, LLAMAS-NISTAL M, CAEIRO-RODRÍGUEZ M. Introducing personal teaching environment for nontraditional teaching methods[J]. *Applied Sciences*, 2022, 12(15): 7596.
- [8] AMARAL HF, NUNES MP, VALENCIA HAM, ANDRADE DS. Active projects for teaching and learning soil microbiology and applications of inoculants to increase perceived subject matter understanding and acquisition of knowledge[J]. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2020, 51(4): 1825-1835.
- [9] 深入实施新时代人才强国战略[N]. 人民日报, [2022-07-21] (015). DOI: 10.28655/n.cnki.nrmrb.2022.007814.
Deepening the implementation of the new era's strategy to strengthen the country through talent[N]. *People's Daily*, [2022-07-21](015). DOI: 10.28655/n.cnki.nrmrb.2022.007814 (in Chinese).
- [10] 柯政, 梁灿. 论应试教育与学生创造力培养之间的关系[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(4): 72-82.
KE Z, LIANG C. Research on the relationship between exam-oriented education and students' creativity[J]. *Journal of East China Normal University (Educational Sciences Edition)*, 2023, 41(4): 72-82 (in Chinese).
- [11] 周丽, 曹钰, 张玲, 陈献忠, 李华钟, 段作营. “微生物学”一流课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(5): 2265-2279.
ZHOU L, CAO Y, ZHANG L, CHEN XZ, LI HZ, DUAN ZY. Teaching reform and practice of the first-class course Microbiology[J]. *Microbiology China*, 2023, 50(5): 2265-2279 (in Chinese).
- [12] 张守科, 张心齐, 苏秀, 周湘, 张昕, 吴酬飞, 林海萍. 以学生为中心的微生物学线上线下混合式教学创新与实践[J]. 微生物学通报, 2023, 50(3): 1354-1364.
ZHANG SK, ZHANG XQ, SU X, ZHOU X, ZHANG X, WU CF, LIN HP. Student-centered online and offline blended teaching innovation practice for microbiology[J]. *Microbiology China*, 2023, 50(3): 1354-1364 (in Chinese).
- [13] XIAO KQ, ZHAO Y, LIANG C, ZHAO MY, MOORE OW, OTERO-FARIÑA A, ZHU YG, JOHNSON K, PEACOCK CL. Introducing the soil mineral carbon pump[J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2023, 4: 135-136.
- [14] 王薇, 向洁, 王卫东. 高校开放式课堂教学研究: 基于学生视角的实践问卷分析[J]. 现代大学教育, 2018(2): 96-102.
WANG W, XIANG J, WANG WD. Open learning approach in China's higher education institutions: a survey of student engagement and reactions[J]. *Modern University Education*, 2018(2): 96-102 (in Chinese).

- [15] DENG DQ, CHEN B, LIU W, WANG Y. Conception of guided teaching for civil engineering specialty based on curriculum ideology and politics[J]. *Journal of Research in Vocational Education*, 2023, 5(1): 13-17.
- [16] YU Y, LIU L, WANG J, ZHANG YS, XIAO CW. Effects of warming on the bacterial community and its function in a temperate steppe[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 792: 148409.
- [17] GREGOR M. Electives shopping, grading policies and grading competition[J]. *Economica*, 2021, 88(350): 364-398.
- [18] 薛仁杰, 周小冬, 唐维兵. 高校教师和大学生对学业形成性评价的认知差异: 基于全国十九所高校问卷调查研究[J]. *南京医科大学学报(社会科学版)*, 2022, 22(1): 97-100.
- XUE RJ, ZHOU XD, TANG WB. The cognitive differences between college teachers and college students on academic formative evaluation—based on the survey of 19 universities in China[J]. *Journal of Nanjing Medical University (Social Sciences Edition)*, 2022, 22(1): 97-100 (in Chinese).
- [19] 孙丰慧, 蒲忠慧, 林琳, 郭莉娟, 代娟, 袁亚, 曾献春. 基于岗位胜任力为导向的“食品微生物学检验”教学改革探索与实践[J]. *微生物学通报*, 2022, 49(9): 4004-4012.
- SUN FH, PU ZH, LIN L, GUO LJ, DAI J, YUAN Y, ZENG XC. Teaching reform and practice of Food Microbiological Examination in universities based on the post competence[J]. *Microbiology China*, 2022, 49(9): 4004-4012 (in Chinese).
- [20] Editorial. Content type revamp[J]. *Nature Methods*, 2020, 17: 751.