

生物资源教学

DOI:10.14188/j.ajsh.20240824001

## 中药学研究生药用植物学课程实验教学

罗湘胤,张勇洪,叶峥秀,郑兰兰\*

(湖北医药学院 基础医学院,湖北 十堰 442000)

**摘要:** 药用植物学是中药学专业研究生的核心课程。为了提高教学质量和培养学生的创新能力,开设药用植物虎杖干细胞的分离和培养原创实验,以小组形式开展药用植物学课程的实验教学。借助药用植物学实验室平台仪器和设备,摒弃以往手把手的教学方式,学生自主完成实验主体,指导老师辅助解决实验过程中出现的问题。通过实验教学,激发学生的科研兴趣,提高学生独立解决问题和动手实践能力,有助于中药学科研究力量的培养与发展。

**关键词:** 药用植物学;研究生;植物干细胞;实验教学

中图分类号: Q94-3

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2024)05-0510-06

## Experimental teaching of "Medicinal Botany" course for graduate students majoring in traditional Chinese medicine

LUO Xiangyin, ZHANG Yonghong, YE Zhengxiu, ZHENG Lanlan\*

(School of Basic Medicine, Hubei University of Medicine, Shiyan 442000, Hubei, China)

**Abstract:** Medicinal botany is a core course for graduate students majoring in traditional Chinese medicine. In order to improve the quality of teaching and cultivate students' innovative abilities, an original experimental titled "Isolation and Cultivation of Stem Cells from Medicinal Plant *Polygonum cuspidatum*" was conducted, and experimental teaching of medicinal botany courses was carried out in groups. In experiment teaching, with the help of medicinal botany laboratory platform instruments and equipment, the traditional hands-on teaching method is abandoned. Students independently complete the experimental subjects, and the guiding teachers assist in solving problems that arise during the experimental process. Through experimental teaching, students' interest in scientific research can be stimulated, and their ability to independently solve problems and practice can be improved, which is conducive to the cultivation and development of research capabilities in traditional Chinese medicine.

**Key words:** medicinal botany; graduate students; plant stem cell; experimental teaching

### 0 引言

药用植物学是高等医学院校中药学专业研究生的核心课程,除了研究药用植物的分类、形态、分布及药用部位外,还包括药用植物组织和细胞培养

章节,主要内容涉及药用植物组织培养和细胞培养的概念、技术方法和应用。药用植物干细胞技术是现代生物技术的重要组成部分,其在药物研发和植物生物技术领域具有潜在的应用价值:一方面药用植物干细胞可以被用于药用植物的快速繁殖和大

收稿日期: 2024-08-24 修回日期: 2024-09-20 接受日期: 2024-10-14

作者简介: 罗湘胤(1990-),男,讲师,博士,主要从事药用植物遗传学研究。E-mail: luoxiy@hbm. edu. cn

\* 通讯联系人: 郑兰兰(1983-),女,副教授,博士,主要从事药用植物遗传学研究。E-mail: zhenglanlan@hbm. edu. cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(32200680);湖北省自然科学基金创新发展联合基金项目(2024AFD105; 2024AFD106)

引用格式: 罗湘胤,张勇洪,叶峥秀,等. 中药学研究生药用植物学课程实验教学[J]. 生物资源, 2024, 46(5): 510-515.

Luo X Y, Zhang Y H, Ye Z X, et al. Experimental teaching of "Medicinal Botany" course for graduate students majoring in traditional Chinese medicine [J]. Biotic Resources, 2024, 46(5): 510-515.

规模培养,具有在不依赖于土地、气候等自然条件下高效生产药用成分的潜力;另一方面,药用植物干细胞可以作为研究工具,用于探索植物发育和药物合成的机制,以及开发新的药物和发掘天然产物<sup>[1-7]</sup>。

现行的中医药教学体系在现代生物技术方面内容较为薄弱,难以满足产业发展的需求。开设药用植物干细胞实验课程,能够丰富教学内容,完善教学体系,让学生在校期间就能接触到前沿的现代生物技术,为未来的科研和产业应用奠定基础。笔者多年来一直从事药用植物细胞工程的实验教学研究,在药用植物干细胞的分离和培养方面,积累了一定的经验。因此,药用植物干细胞的分离和培养技术可以作为中药学研究生实验教学中的一个重要课题,融入到药用植物学课程的教学过程中。当前中药材产业现代化面临人才缺乏的瓶颈,开设“药用植物干细胞的分离和培养技术”实验课程,培养熟悉掌握现代生物技术的人才,有助于解决当前中药产业现代化转型中的关键问题。药用植物干细胞的分离和培养技术实验课程的开设不仅符合中药产业现代化发展的需求,还能中药材种质资源保护与高效开发提供技术支持,同时解决现代中药产业亟需的高素质人才问题。因此,在中医药教学体系中引入该实验课程具有重要的现实意义和长远价值。

## 1 药用植物干细胞技术实验教学设计

### 1.1 实验内容讲解

内容主要包括理论知识、实验目的、实验设计、教学方法、交流讨论和实验结果分析以及必要性考

察方式等<sup>[8-11]</sup>,具体内容详见表1。

### 1.2 实验流程及设计

通过虎杖(*Polygonum cuspidatum*)外植体诱导愈伤组织,转而进行悬浮培养,最终获得药用植物虎杖干细胞系。此过程共分为4个步骤:外植体的选择,愈伤组织诱导,获得干细胞悬浮系和干细胞的鉴定。具体实验流程如图1。

### 1.3 实验结果分析

愈伤组织诱导:将虎杖外植体切割后,置于愈伤诱导培养基上诱导愈伤组织,每15 d继代一次。一般经过7~20 d的培养会有愈伤产生,每次挑选状态良好、分散性好的颗粒状愈伤组织进行继代。一般在合适的培养基中,经过3~5次继代,可获得性状稳定可传代的胚性愈伤组织(图2和图3)。

悬浮培养获得虎杖干细胞系:在超净工作台上挑选质地疏松、易分散、不分泌黏液的颗粒状胚性愈伤组织转入液体培养基中培养。第一次液体培养约2 d后,用120目尼龙筛过滤掉较大的细胞团,过滤液稍静置,倒去上层清液,加入等量的新鲜液体培养基继续振荡培养,之后转为7 d继代一次。一般经过3~5次筛选继代后,可获得均一性好、分散性好、生长旺盛的虎杖干细胞系(图4)。

药用植物虎杖干细胞的鉴定:关于干细胞的鉴定主要参考红豆杉(*Taxus*)、长春花(*Catharanthus roseus*)、银杏(*Ginkgo biloba*)干细胞25特征,可以进行植物愈伤组织细胞即去分化细胞与未分化的形成层分生细胞的鉴定,主要包括中性红染色、间苯三酚-HCl染色和甲苯胺蓝染色等方法<sup>[12-14]</sup>。而本次研究生教学实验过程中采用中性红染色法来鉴定干细

表1 实验内容讲解

Table 1 Experimental content

环节	掌握内容	必要性
理论知识	虎杖是蓼科蓼属多年生草本植物,其中白藜芦醇含量高,白藜芦醇具有防癌,抗高血压,维持机体健康等功能	随着白藜芦醇需求量加大,野生虎杖生长速度较慢,从虎杖中提取白藜芦醇已供不应求。因此可以考虑用干细胞技术生物合成白藜芦醇,既能带来经济利益又能为人类健康保驾护航
实验目的	中药学研究生在实验操作过程中,加强药用植物干细胞理论知识的学习,提高实验操作能力	拓宽视野,提升团队协作和沟通能力,提高科学素养,为未来科研方向打下基础
实验设计	虎杖外植体消毒处理、虎杖愈伤组织诱导、干细胞的分离、愈伤诱导固体和液体培养基的配制、悬浮细胞培养等	虎杖外植体的表面消毒操作及外植体污染率;培养基的配置和激素的使用;愈伤诱导率;愈伤的筛选和悬浮培养;悬浮细胞系状态观察;虎杖干细胞染色和显微镜的使用
教学方法	讲授理论知识、实验操作示范、小组讨论、实验报告书写、自主学习查阅文献等	鼓励学生主动参与和探索,提高他们的批判性思维和解决问题的能力
交流讨论	学生在实验过程中遇到问题要及时向指导老师反馈,比如实验报告、口头报告等	师生间互动交流有助于增加感情,共同成长
实验结果分析	药用植物虎杖愈伤组织形态观察,要用到体式显微镜和高分辨率微分干涉显微镜等仪器	高分辨率显微镜的使用会增强实验教学的效果

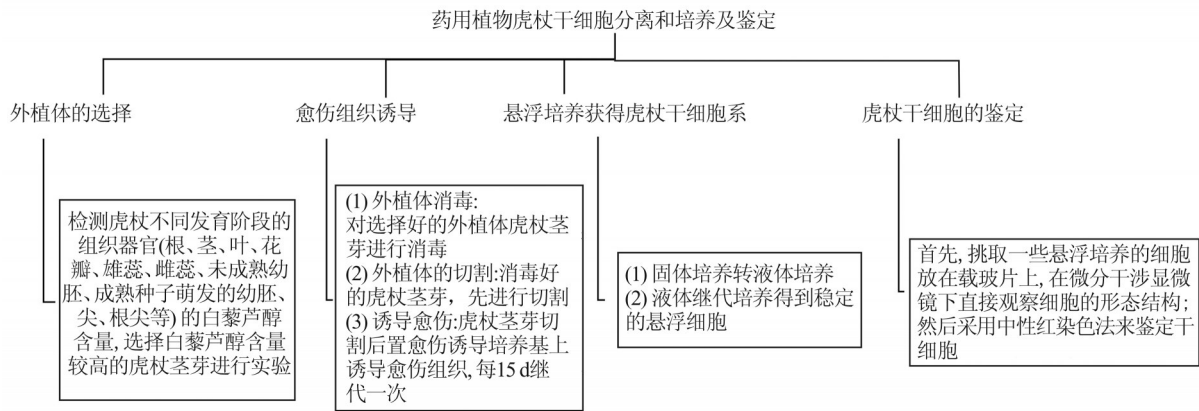


图1 虎杖干细胞分离培养及鉴定流程图

Fig. 1 Flow chart for isolation, cultivation, and identification of stem cells from *Polygonum cuspidatum*

胞: 首先, 挑取一些悬浮培养的细胞放在载玻片上, 在微分干涉显微镜 40× 放大倍数下直接观察细胞的形态结构。干细胞特征: 尺寸更小, 里面有较多的液泡状结构, 如图 5(a)。然后, 用中性红染色分析, 会发现干细胞具有多个红色小液泡, 如图 5(b), 而愈伤组织细胞仅存在单个红色大液泡。由此说明, 成功分离和培养出药用植物虎杖的干细胞。

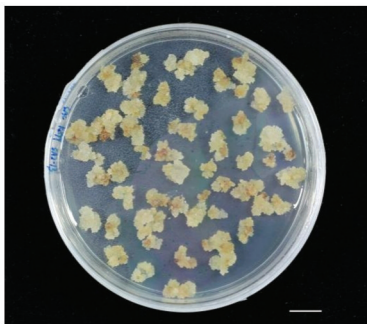


图2 外植体虎杖茎芽处理后获得的愈伤组织(标尺: 1 cm)  
Fig. 2 Callus tissue obtained from stem bud explants of *Polygonum cuspidatum* after treatment (bar: 1 cm)



图3 愈伤组织诱导出干细胞(箭头位置所指为虎杖干细胞)(标尺: 1 mm)  
Fig. 3 Stem cells (indicated by the arrow) are induced from callus tissue (bar: 1 mm)

#### 1.4 注意事项及安全警示

实验分组及进度安排: 由于本次实验周期较长, 所以安排在学期初。实验以小组展开, 每个小组 3~

4 人。实验操作借助药用植物进化遗传学实验室平台仪器完成。但由于愈伤组织诱导生长较慢, 导致本次实验教学周期较长, 所以要做好统筹安排。具体实验时间安排如表 2。后期每个小组总结汇报, 分析实验中的问题成因及解决方案, 以及本次教学实验的学习心得。

实验室安全警示要求: 高分辨率微分干涉显微镜成像系统设置精密, 研究生一定要经过培训后方可使用。本次实验用到的试剂, 比如氯化汞有剧毒,

表 2 实验进度安排  
Table 2 Experimental schedule

时期	内容安排(上午)	内容安排(下午)
第 1 天	药用植物干细胞及技术理论知识讲解	愈伤诱导培养基的配制
第 2 天	外植体虎杖茎芽消毒及切割	消毒切割后的虎杖茎芽移到愈伤诱导培养基上诱导愈伤
第 17 天	配制培养基	无菌条件下愈伤组织继代培养
第 32 天	配制培养基	无菌条件下愈伤组织继代培养
第 47 天	配制培养基	无菌条件下愈伤组织继代培养
第 62 天	体式显微镜下观察愈伤组织形态	液体培养基继代培养愈伤组织干细胞
第 69 天	液体继代培养愈伤组织干细胞	挑取部分悬浮培养的细胞做中性红染色实验, 鉴定干细胞属性

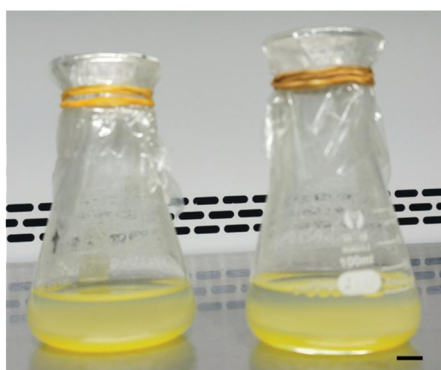


图4 悬浮培养获得虎杖干细胞系(标尺:1 cm)

Fig. 4 Obtaining stem cell lines of *Polygonum cuspidatum* through suspension culture (bar: 1 mm)

使用时一定要戴手套。

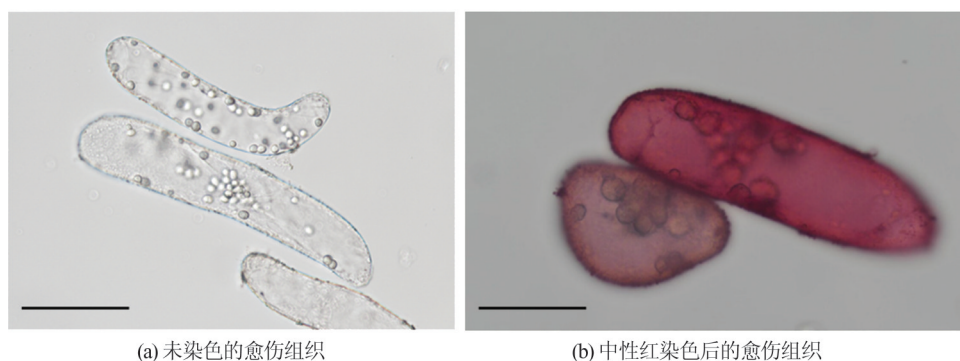
## 2 药用植物学课程教学实践效果分析

研究生教育是高等教育体系中的高级阶段,是培养高层次人才的主要途径,是国家人才竞争和科技竞争的支柱。培养具有创新精神、创新能力、创新思维、独立研究能力的创新型人才是中国现行高等教育研究生培养的一个重要目标。目前研究生教育仍然存在不少问题,尤其是研究生实验课程是比较薄弱的环节。许多普通本科院校重理论轻实验的教学培养体系,导致毕业生实验动手能力比较欠缺,独立研究能力较弱<sup>[15-20]</sup>。本次药用植物学课程的实验教学分为理论知识讲解、分组开展试验和实验数据分析。涉及到愈伤诱导培养基的配制,外植体的消毒及切割,显微镜观察干细胞形态,中性红染色等相关实验。本次教学实践的优点表现为:讲解完理论知识后,摒弃以往手把手式教学,平台科辅教师对相关实验技能及仪器操作进行示范培训,实验主体由学生开展,遇到问题学生内部间先讨论解决,将解决方案与指导老师探讨后继续完成实验。和以往的阶段性、分节的实验技能培训方式不同,本次教学实验设计是完整的课题式,有助于研究生直观认知课

题设计以及如何通过实验开展课题。

同时笔者对药用植物干细胞分离和培养及鉴定的教学实践做了满意度分析。本实验教学已开展4年,共计24人次,通过对研究生实验教学满意度调查发现:(1)24名学生对课堂上老师的知识讲解,实验进度安排、仪器操作培训、实验操作示范等环节均认可并表示满意。(2)在此次教学实践中,研究生的实践操作能力均得到提升,其中91.7%的学生动手能力显著增强,表现为整个实验操作流程很顺利,只有少数同学由于个人主观能动性不够,缺少练习,导致在某些实验环节中因无菌操作不当而造成了外植体的污染。(3)在实验数据分析方面,87.5%的研究生对于本次的实验分析方法掌握到位:不仅学会了使用高分辨率的微分干涉显微镜,能够对获取到的显微照片进行分析;而且还学会了实验数据统计方法,对实验效率有了整体的理解和把握。(4)从研究生进入实验室那一刻,指导老师就开始讲解实验室安全;比如仪器的预约及使用方法、化学试剂的特性是否会挥发和有毒、无菌操作时要穿工作服和戴手套、使用实验材料时要遵守科研伦理道德等。(5)在此次教学实践过程中,83%以上的研究生与指导老师互动频繁,小组成员之间紧密交流合作,这有效地增强了研究生的沟通能力,训练了其科研思维和解决问题的能力(研究生教学实践满意度调查具体统计数据详见表3)。综上所述,在本次教学实践中,研究生学会了如何设计和完成实验:包括选择合适的实验方法、实验仪器、实验材料、实验数据分析等;培养了研究生独立分析问题和解决问题的能力;提高了研究生动手实践能力及与团队协作沟通能力;促进研究生掌握相关的实验数据分析方法;加强了研究生了解并遵守实验室安全规程以及科学研究的伦理规范;鼓励了研究生在实验中尝试新的方法和思路,从而培养创新思维。

本次教学实践也存在不足之处,主要表现为以



(a) 未染色的愈伤组织

(b) 中性红染色后的愈伤组织

图5 虎杖愈伤组织干细胞鉴定(标尺:1 mm)

Fig. 5 Identification of stem cells from *Polygonum cuspidatum* callus tissue (bar: 1 mm)

表3 满意度调查统计  
Table 3 Satisfaction survey statistics

满意度	实验原理讲解及操作过程是否清楚了	实验操作技能是否提升	数据处理和分析方法是否掌握	实验室规章制度和安全是是否学习并了解	科研思路及解决问题能力是否提高
满意(人数/百分比)	24(100%)	22(91.7%)	21(87.5%)	24(100%)	20(83.3%)
较满意	0	2	3	0	4

下几点:(1)由于实验周期较长,势必需要更多的教学资源的投入,比如师资力量、试剂耗材等;(2)研究生需要提前作好规划,避免与其他学习和安排等冲突;(3)实验过程中使用到大型仪器高分辨率的微分干涉显微镜,其价格昂贵,学生如果使用不当会造成损坏。

### 3 结 语

通过系统的实验教学,中药学研究生掌握了药用植物干细胞知识及其分离和培养技术。同时训练了学生的科研思维和动手能力。药用植物干细胞在实际生产中具有重要的意义:(1)一般认为动物成体干细胞仅具备多潜能性,与之不同,植物干细胞普遍具备显著的胚后多能性被认为是植物长寿的关键保障。百余年来,植物干细胞和分生组织的维持和分化、植物细胞命运及重编程等问题引起了广泛而持久的研究兴趣。(2)药用植物干细胞被视为战略资源,有助于推动天然产物新药的创制。(3)干细胞是生物种质资源存储的主要载体之一。药用植物种质资源的保存和保护是本草可持续性利用的亘古需求。受到全球变暖等生态环境变化和人类活动的影响,野生药材资源的储备受到持续的挑战,保护性利用和开发是长久以来面临的人类命运共同体课题。如何创新性保护濒危药用物种,建设全面可靠的种质“诺亚方舟”成为值得深入探究的问题。(4)研究药用植物干细胞培养技术,是实现“植物源”提取的可行路径之一。

因此,研究生掌握药用植物干细胞技术对研究生具有多方面的重要性。首先,药用植物干细胞大实验的引入,拓展了课程内容,增添了现代生物技术的教学模块,让学生理解与实践现代生物技术在中药材资源保护与开发中的应用。学生通过实验操作,能够将理论知识与实践技能相结合,不仅掌握了前沿的生物技术,还增强了独立思考、问题分析与解决的能力。这种实践能力的培养,有助于推动教学模式从传统的理论讲授向实践创新转型。其次,药用植物干细胞实验作为一个跨学科的创新实验,能够将教学与科研紧密结合。通过实验,学生不仅学习了实验技术,还可以参与中药材现代化科研项目

的探索,为未来研究积累经验。该课程为学生提供了从学术理论走向科研实践的平台,激发了学生的科研兴趣,有助于中药学科研力量的培养与发展。从教学实践取得的实际效果来看,药用植物干细胞实验课程不仅对本校中药学专业教学产生积极影响,还为全国中药学专业的研究生教育树立了一个示范标杆。通过引入现代生物技术的前沿实验,推动中药学教育由传统模式向现代化转型,为全国其他高校提供了宝贵的经验借鉴。

### 参考文献

- [1] 胡玉欣,焦雨铃. 植物干细胞的研究进展[J]. 中国基础科学, 2016, 18(1): 47-54, 62, 2.  
Hu Y X, Jiao Y L. Towards understanding of plant stem cells [J]. Chinese Basic Science, 2016, 18(1): 47-54, 62, 2.
- [2] 刘建华. 植物干细胞及其应用概述[J]. 生物学教学, 2014, 39(4): 6-8.  
Liu J H. Overview of plant stem cell and its application [J]. Biology Teaching, 2014, 39(4): 6-8.
- [3] 游云,蒋超,黄璐琦. 试析植物干细胞与动物干细胞的异同[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(2): 343-345.  
You Y, Jiang C, Huang L Q. On plant stem cells and animal stem cells [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2014, 39(2): 343-345.
- [4] 陈柳,张吉祥,陈春丽. 植物干细胞前沿研究:从基础理论到应用[J/OL]. 生物学杂志, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1081.q.20240620.2013.006.html>.  
Chen L, Zhang J X, Chen C L. Frontier research on plant stem cells: from basic theory to application [J/OL]. Journal of Biological Sciences, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1081.q.20240620.2013.006.html>.
- [5] 王佃亮. 植物干细胞探索之旅[J]. 发明与创新(高中生), 2021, (9): 50-51.  
Wang D L. The journey of plant stem cell exploration [J]. Invention and Innovation (Middle School Students), 2021, (9): 50-51.
- [6] 向丽,高冉冉,王梦月,等. 全球药用植物干细胞库建设策略及展望[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(11): 2841-2851.  
Xiang L, Gao R R, Wang M Y, et al. Strategies and

- prospects for the construction of global medicinal plant stem cell banks [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2022, 47(11): 2841-2851.
- [7] 张红, 闫娟娟. 新时代中药学专业学位硕士实践能力提升研究[J]. *中国中医药现代远程教育*, 2024, 22(17): 184-187.
- Zhang H, Yan J J. Research on the improvement of practical ability of professional degree in Chinese Materia Medica in the new era [J]. *Chinese Medicine Modern Distance Education of China*, 2024, 22(17): 184-187.
- [8] 严永和. 带虎字的中草药[J]. *家庭中医药*, 2010, 17(3): 49.
- Yan Y H. Traditional Chinese Medicines with the Character "Tiger" [J]. *Family & Traditional Chinese Medicine*, 2010, 17(3): 49.
- [9] 陈怡, 朱艳丽, 徐霄航, 等. 白藜芦醇应用于消化道肿瘤治疗中的研究进展[J]. *广东化工*, 2024, 51(16): 95-97.
- Chen Y, Zhu Y L, Xu X H, *et al.* Research progress on the application of resveratrol in the treatment of gastrointestinal tract tumors [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2024, 51(16): 95-97.
- [10] 张静懿, 杨星, 王振, 等. 白藜芦醇抗肝细胞癌相关机制研究进展[J]. *中成药*, 2024, 46(8): 2670-2677.
- Zhang J Y, Yang X, Wang Z, *et al.* Research progress on mechanisms of resveratrol against hepatocellular carcinoma [J]. *Chinese Patent Medicine*, 2024, 46(8): 2670-2677.
- [11] 曹庸, 陈雪, 唐永红, 等. 虎杖愈伤组织的诱导及高产白藜芦醇材料的筛选[J]. *生命科学研究*, 2006, 10(3): 270-275.
- Cao Y, Chen X, Tang Y H, *et al.* Study on high produce resveratrol material filtration and callus abduction of *Polygonum cuspidatum* [J]. *Life Science Research*, 2006, 10(3): 270-275.
- [12] 周立刚, 郑光植, 王世林, 等. 寡糖素对西洋参和人参愈伤组织培养的影响[J]. *天然产物研究与开发*, 1992, (1): 16-19.
- Zhou L G, Zheng G Z, Wang S L, *et al.* Effects of oligosaccharins on callus culture of *Panax quinquefolium* and *P. ginseng* [J]. *Natural Product Research and Development*, 1992, (1): 16-19.
- [13] 徐春明, 王英英, 庞高阳, 等. 药用植物干细胞培养技术及其应用[J]. *中草药*, 2013, 44(20): 2940-2945.
- Xu C M, Wang Y Y, Pang G Y, *et al.* Stem cell culture technique of medicinal plants and its application [J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2013, 44(20): 2940-2945.
- [14] 苏建青, 褚秀玲, 李俊霞, 等. 中性红染色法检测人参皂昔及其衍生物对 CEF 增殖的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(35): 17523-17525, 17527.
- Su J Q, Chu X L, Li J X, *et al.* Effects of ginsenoside and its derivatives on proliferation of CEF determined by neutral red dye absorption method [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(35): 17523-17525, 17527.
- [15] 杨晓哲, 李萍. 研究生教育高质量发展的时代内涵及践行路径[J]. *现代商贸工业*, 2024, 45(18): 74-76.
- Yang X Z, Li P. The era connotation and practice path of high-quality development of graduate education [J]. *Modern Business Trade Industry*, 2024, 45(18): 74-76.
- [16] 吴海波, 姚航平, 吴南屏. 医学研究生生物安全伦理教育中的问题与思考[J]. *浙江医学教育*, 2023, 22(1): 48-51.
- Wu H B, Yao H P, Wu N P. Problems and thoughts on biosafety ethics education for medical postgraduates [J]. *Zhejiang Medical Education*, 2023, 22(1): 48-51.
- [17] 吴英亮. 以蝎子为例动物毒素资源通识教育的思考[J]. *生物资源*, 2022, 44(3): 329-333.
- Wu Y L. Liberal arts education thinking on the animal toxin resources: an example from the scorpion [J]. *Biotic Resources*, 2022, 44(3): 329-333.
- [18] 李丁, 江剑兵, 欧江涛, 等. 基于翻转课堂的《生物资源学导论》混合式教学模式的构建与实践[J]. *生物资源*, 2020, 42(6): 710-715.
- Li D, Jiang J B, Ou J T, *et al.* The construction and practice of blended learning mode for the course of "An Introduction to Bioresources Science" based on flipped classroom [J]. *Biotic Resources*, 2020, 42(6): 710-715.
- [19] 林文芳, 郑祥梓, 缪颖. 研究生现代细胞生物学方法实验课教学的探索[J]. *福建教育学院学报*, 2019, 20(10): 96-98.
- Lin W F, Zheng X Z, Miao Y. Exploration on experimental teaching of modern cell biology methods for graduate students [J]. *Journal of Fujian Institute of Education*, 2019, 20(10): 96-98.
- [20] 刘琦, 王述森, 高锦兰, 等. 研究生分子生物学实验技术教学的思考与实践[J]. *中国医学教育技术*, 2018, 32(5): 585-588.
- Liu Q, Wang S S, Gao J L, *et al.* Practice in experimental technology course of molecular biology for graduate students [J]. *Chinese Medical Education Technology*, 2018, 32(5): 585-588.

□

(编辑: 杨晓翠)