

林学专业生物化学多维度教学改革体系的构建与实践 ——以东北林业大学林学类成栋实验班为例

李晓岩*, 许志茹, 王宏伟

(东北林业大学生命科学学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 东北林业大学林学类成栋实验班是我校高等教育教学改革试点项目之一, 旨在培养未来能够在林业领域从事科学研究的创新型人才。林业科学研究涉及大量的生物化学问题, 因此, 在林学类成栋实验班开设生物化学课程并注重提升授课成效, 对于全面提升人才培养质量具有举足轻重的作用。在理论教学过程中, 聚焦学校特色, 通过挖掘“人拉犁精神”“塞罕坝精神”等思政元素践行课程育人; 将“植物学科”内容融入理论教学, 凸显课程林业特色; 结合梳理整门课程的脉络、注重讨论教学法的运用、挖掘代谢途径的相关性等构建了多维度理论教学改革体系。在实践教学过程, 结合林学专业特点和人才培养目标, 必做实验和选做实验的有机结合, 提升学生独立开展科学实验的能力。实践证明, 多维度教学改革体系在厚植林业特色生物化学理论知识的同时, 有效提升了学生的动手能力, 强化了学生的科研思维, 为学生日后从事林学相关领域的科学研究奠定了基础。

关键词: 生物化学; 多维度教学改革体系; 理论实践深度融合

Construction and practice of multi-dimensional teaching reform system of Biochemistry in forestry major——taking the forestry experimental class in Northeast Forestry University as an example

LI Xiaoyan*, XU Zhiru, WANG Hongwei

(College of Life Science, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The forestry experimental class of Northeast Forestry University is one of the pilot projects of higher education teaching system reform in our university, which aims to cultivate innovative talents who can engage in scientific research in the field of forestry in the future. Forestry scientific research involves a large number of biochemical problems. Therefore, setting up Biochemistry courses in forestry experimental classes and focusing on improving the effectiveness of teaching play a pivotal role in improving the quality of talent training in an all-round way. In the theoretical teaching process, we focused on the characteristics of our university and practiced the curriculum education by excavating the ideological and political elements such as "man pulling plow spirit" and "Saihanba spirit". The theoretical teaching reform has been implemented from the aspects of paying attention to constructing the curriculum system with professional characteristics, combing the context of the whole course, strengthening the application of discussion teaching method and emphasizing the relevance of the metabolic pathways and so on. In the practical teaching process,

收稿日期: 2022-02-09

基金项目: 黑龙江省高等教育教学改革研究项目(SJGY20200049)

*通信作者: E-mail: xyli821187@163.com

combining with the characteristics of forestry specialty and talent training objectives, students' ability to carry out scientific experiments independently was improved through the organic combination of necessary experiments and selected experiments. Practice has proved that this multi-dimensional teaching reform system not only thickened the theoretical knowledge of forestry characteristic biochemistry, but also effectively improved students' practical ability and strengthened their scientific research thinking. It will lay a foundation for students to engage in scientific research in forestry related fields in the future.

Key Words: Biochemistry; multi-dimensional teaching reform system; deep integration of theory and practice

东北林业大学林学类成栋实验班以林学学科为依托,以知识传授、能力培养与素质养成“三位一体”的创新人才培养目标体系为导向,重基础知识、突出专业技能、强调个性发展,旨在培养具有宽博扎实的基础理论和专业知识,未来能够在林学、森林保护相关领域从事学术研究的研究型人才。在林学和森林保护相关专业均涉及大量的生化问题,如防治植物病虫害药物的开发、生物杀虫剂及病原体的鉴定以及筛选和培育相关林木良种所进行的生化分析等^[1-3]。因此,生物化学课程在林学相关专业人才培养过程中发挥重要作用。我校林学类成栋实验班的生物化学课程共计80学时,其中理论课56学时、实验课24学时。如何在有限的学时内使学生高效地学习、系统地掌握生物化学知识并培养学生的探索与创新精神是教学过程中亟需解决的问题。为了与成栋实验班的培养目标相契合,本次教学改革通过构建多维度教学改革体系及理论教学和实践教学的深度融合,注重提升学生的创新能力、科研思维及终生学习能力,为林学类卓越人才的培养起到有效的推动作用。

1 理论教学

1.1 实施林业特色课程思政

生物化学与人类生存、健康和可持续发展有非常密切的关系,可作为“思政”元素融入的良好载体^[4]。国内已有很多高校进行了生物化学课程思政的实践并发表相关论文,然而,《高等学校课程思政建设指导纲要》(教高[2020]3号)对高等院校进行“课程思政”改革提出了更高的要求,明确指出要结合专业特点分类推进课程思政建设。

我们在思政育人过程中,结合专业特点和学校特色,进一步实施靶向课程思政,将“人拉犁精神”“塞罕坝精神”等思政内容融入课程教学,持续强化和培养学生的科学思维、敬业精神和爱国情怀。

1962年,国家决定建立塞罕坝机械林场,以林科为优势的东北林学院(现东北林业大学)派出47名优秀学子毅然投身到祖国的建设中去。他们在极端恶劣的条件下,用自己的青春和汗水书写了属于塞罕坝的绿色奇迹,用艰苦奋斗的精神标注了无私奉献的塞罕坝精神。东林人用行动创造了一个变荒原为林海、让沙漠成绿洲的绿色奇迹。东林人一直用艰苦奋斗的精神,把祖国的需要当作自己的奋斗目标,把为祖国奉献融进自己的血液,书写了一段段绿色奇迹,为美丽中国建设贡献出东林力量。塞罕坝精神是林学专业技术知识和思政教育素材的集中体现,符合本专业人才培养目标的内在要求,是专业教学的典型案例和素材,也是弘扬和传播塞罕坝精神的重要方式。

1.2 重视绪论的引导作用

绪论对于激发学生的学习兴趣具有重要的作用。生物化学是利用化学的原理和方法研究构成生命体的主要化学物质,即在分子水平上探讨构成生命体的主要化学物质,包括糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶及维生素等的组成、结构、物理化学性质、生物学功能,以及它们在生命体中的变化规律^[5]。通过挖掘、渗透生活中具有林业特色的生物化学元素,激发学生的学习兴趣,使学生了解课程内容。课后,问卷调查结果发现,96.55%的同学对生物化学授课内容非常了解,且认为该课程趣味性强。

以脂质为例,首先从脂质的定义入手,使学生了解脂质的化学本质。在此基础上,介绍脂质在植物中的功能,使学生对脂质有较为全面的了解,激发学生的学习兴趣。脂质是一类低溶于水而高溶于非极性溶剂的生物有机分子,在植物体内执行多种功能(表1)。

表1 植物中的脂质及功能(部分)^[6]

脂质名称	脂质功能
三酰甘油	能量与碳源的储存形式
磷脂	构成生物膜
半乳糖脂	参与构成叶绿体膜
蜡	保护作用
叶绿素、泛醌等	电子传递中的活化组分
类胡萝卜素	光保护
生育酚	保护膜免受自由基的伤害
磷脂酰肌醇、神经酰胺	膜锚定成分
多萜醇	蛋白质糖基化

1.3 注重整门课程的脉络梳理

生物化学具有理论性强、内容抽象、知识点繁杂、代谢途径错综复杂等特点,是一门难教难学的课程。根据定义将授课内容分解为生物分子、新陈代谢及遗传信息三部分。为了提升学生的学习成效,在授课过程中,始终围绕“生物化学的定义”这条主线,抓住重点,由浅入深、循序渐进。授课过程中,注重强调各章节之间的联系以及各知识点之间的联系,并将这些联系作为经纬线,串接授课内容,做到“以纲带目、纲举目张”^[7]。例如,利用知识的前后关联性,将“蛋白质化学、酶、维生素与辅酶”三章作为一个单元串联讲述,利于学生消化吸收授课内容。“蛋白质化学”一章主要讲述氨基酸的结构与性质、蛋白质的分子结构与功能及性质等内容。在“酶”这一章节,因绝大多数酶的化学本质为蛋白质,酶的化学本质部分不作讲述,重点讲述酶作为催化剂所具有的特性,避免知识点重叠。此外,维生素作为生物生长发育和代谢所必需的一类微量有机物质,可分为脂溶性维生素和水溶性维生素。而绝大多数水溶性维生素及衍生物是酶的辅酶或辅基的组成成分,承担传递电子、原子或基团的功能,在物质代谢中起重要作用。利用

章节及知识点之间的关联性,将授课内容进行串联整合。这种整合方式能够更好地满足学生的学习需求和思维模式,使知识结构更加条理性和系统化,利于学生掌握。

1.4 构建专业特色课程体系

在理论教学过程中,以《植物生物化学》为主要参考书,既考虑到生物化学课程知识体系架构的完整性,又兼顾林学的专业特色,适当调整授课内容,做到有的放矢及后续专业课程的无缝衔接(表2)^[5,7,8]。在静态生物化学部分,增加“植物中的重要次生代谢物的结构与功能”的讲述,如植物中的萜类化合物、酚类化合物及生物碱等。植物次生代谢物是一类非植物生长发育所必需、但对植物适应环境起重要作用的小分子有机化合物,这些化合物常具有特定的生物学活性,且许多次生代谢物具有极其重要的适用性作用,如协助植物抵御病原菌的侵染、吸引昆虫授粉、与共生微生物相互作用及作为种间抑制剂等^[9]。在生物氧化部分,增加植物中非线粒体氧化体系的介绍,因植物中的非线粒体氧化体系与植物的生长发育、抗病虫害及受精过程等方面密切相关。在动态生物化学部分,利用浅显易懂的方式简要介绍植物光合作用的概况,为后续课程植物生理学的学习奠定基础,既能做好课程衔接,又能避免课程的覆盖与交叉重复。另外,增加生物化学教材中很少出现的“莽草酸途径”的讲述^[10];莽草酸途径是存在于植物中的一条重要代谢途径,也是联系糖类初生代谢和次生代谢的桥梁。授课内容的调整,使生物化学课程更能贴近林学的专业特色,为学生日后从事林学方面的科学研究打下理论基础。

1.5 加强讨论教学法的运用

教学有法,教无定法。在课程讲述过程中,既要重视课程基本知识点的讲授,又要重视知识点的扩展和应用。目前,传统讲授法仍是诸多教师教学的主要方法。很多人认为,该教学方法较为单一枯燥,不仅不能调动学生的积极性,而且容易抹杀学生的创造和创新能力。笔者认为,启发式讲授法仍是目前使学生掌握所学内容尤其是专业基础课的重要途径,在授课过程中,结合小组讨论式教学法,可以收到很好的授课效果。

表2 生物化学课程林业特色知识点归纳^[5]

序号	知识点名称	知识点简介
1	植物细胞壁中的糖类物质	植物细胞初生壁中的糖类物质主要有纤维素、半纤维素和果胶。纤维素是初生壁的支架物质，决定了细胞壁的基本结构，主要以微纤维的形式存在，它是由几十条平行排列的(1→4)β-D-葡聚糖通过氢键结合形成的拟晶体结构。半纤维素是由木糖、葡萄糖、阿拉伯糖、甘露糖、半乳糖等单糖聚合而成的多糖，能与纤维素微纤维形成氢键，且能够跨越微纤维之间的距离，将其连接成网络结构。果胶质是一类富含D-葡萄糖醛酸且高度水合的混合多糖，决定了细胞壁的孔隙，也是植物细胞对昆虫、病原体、共生生物等“侵犯”的预警识别分子
2	植物中的萜类化合物	萜类物质由异戊二烯分子聚合衍生而成，可分为开链类和环萜类两类。根据分子内碳环数的差异，可分为单环萜、双环萜和三环萜等。萜类化合物具有重要的功能，如紫杉醇是抗癌药，赤霉素、脱落酸等直接参与植物生命活动的调节，植保素具有抗虫能力，帮助植物抵御有害生物的侵袭等
3	植物中的酚类化合物	酚类物质是植物的主要次生代谢产物之一，包含简单酚类、类黄酮类和醌类等。植物中的酚类物质具有种类繁多、结构差异大、功能多样等特点。该类物质广泛存在于各种高等植物器官中，具有抗氧化、抗逆等作用
4	含氮有机物	植物中的多数含氮次生代谢物是从普通氨基酸转化而来的，主要有生物碱、氰糖苷、胺类等，它们往往是植物防御体系的重要成员。其中，生物碱是植物中广泛存在的一类碱性次生代谢物。对于植物本身而言，它不仅是核酸、维生素B ₁ 、叶酸及生物素等的组成成分，还可以作为生长调节剂(如作为种子萌发的抑制剂或利用其螯合能力)帮助维持离子平衡等
5	多酚氧化酶体系	多酚氧化酶系统存在于高等植物细胞的线粒体和叶绿体中，由脱氢酶、醌氧化酶和酚氧化酶组成。该系统在植物伤口的愈合、乙烯的产生、抗病虫害等方面发挥重要的作用
6	乙醇酸氧化酶体系	乙醇酸氧化酶体系(glycolate oxidase system)主要存在于绿色植物的光合组织中，由乙醛酸还原酶、乙醛酸氧化酶和过氧化氢酶组成
7	莽草酸途径	莽草酸途径(shikimic acid pathway)是指4-磷酸赤藓糖和磷酸烯醇式丙酮酸化合后经几步反应生成莽草酸，再由莽草酸生成芳香氨基酸和其他多种芳香族化合物的途径。该途径是存在于植物中的一条重要的代谢途径，也是联系糖类初生代谢和次生代谢的桥梁
8	乙醛酸循环	植物细胞内脂肪酸氧化生成的乙酰-CoA可在乙醛酸体内生成琥珀酸、乙醛酸和苹果酸，琥珀酸可用于糖的合成，称为乙醛酸循环。该循环实现了脂肪到糖的转变，对植物的生长发育具有重要的作用
9	光合磷酸化	光合磷酸化是光合生物在光合作用过程中实现的能量转化形式，光合作用能够直接吸收和利用太阳的辐射能，并将其转化成化学能贮存在有机化合物中

例如，在讲述蛋白质等电点这一知识点时，将学生分为6个小组，启发学生讨论蛋白质为何具有等电点？学生经过讨论分析得知，蛋白质分子多肽链两端具有游离的氨基和羧基，再加上蛋白质分子中含有酸性氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸等)和碱性氨基酸(赖氨酸、精氨酸等)，使蛋白质分子具有两性解离的特性，因此，蛋白质分子具有等电点。根据已学知识点“氨基酸在等电点具有溶解度最小的性质”，学生可以讨论得出，在等电点时，蛋白质分子以兼性离子形式存在，且净电荷为零，分子相互之间的作用力减弱，颗粒极易碰撞、凝聚而产生沉淀，其溶解度最小。最后，以大豆蛋白质的分离纯化为例，介绍等电点在蛋白质分离纯化中的应用。通过上述内容的介绍，学

生能够深刻理解蛋白质为何具有等电点、蛋白质在等电点有何性质及蛋白质等电点在科学研究中有何应用等内容。采用小组讨论式教学法，使学生之间可以相互学习，加深印象，提升学习效果，利于加强师生、生生之间的信息传递和情感交流中思维的碰撞及新信息的获取，有效提升学生的自主探究能力。

1.6 挖掘代谢途径的相关性

动态生物化学涉及多条错综复杂的代谢途径，学生在学习过程中畏难情绪明显。笔者以“糖代谢”为例，阐述代谢途径的相互关联在动态生物化学学习中的重要性。葡萄糖在糖代谢中居于主要地位，在体内，葡萄糖在己糖激酶的作用下生成葡萄糖-6-磷酸，并通过糖酵解途径及三

羧酸循环分解产生大量ATP,为机体提供能量;同时,葡萄糖-6-磷酸还能进入磷酸戊糖代谢途径,合成NADPH,为机体提供还原力。当机体处于饥饿状态时,机体内储存的肝糖原会分解生成葡萄糖-1-磷酸,通过异构化生成葡萄糖-6-磷酸进入分解代谢产生ATP,为机体供能。此外,当饥饿开始时,血糖下降,除肝糖原大量分解外,糖异生作用亦开始加强。当饥饿持续且严重时,肝糖原已经耗竭,经肌肉产生的乳酸、脂肪分解产生的甘油及蛋白质分解生成的氨基酸会以丙氨酸和谷氨酰胺形式运送至肝,形成糖异生原料,生成葡萄糖,使血糖恢复正常或维持正常浓度的低限水平。通过上述代谢途径的相互关联,可将糖的主要分解代谢途径(糖酵解、三羧酸循环、磷酸戊糖代谢途径、糖原分解)及合成代谢途径(糖异生作用)进行归纳总结,便于学生记忆和理解。

此外,代谢途径的枢纽物质也是学好动态生物化学的突破点。以乙酰辅酶A为例,乙酰辅酶A可由糖的有氧氧化、脂肪酸的 β -氧化、某些氨基酸的分解代谢及酮体的分解代谢生成,同时,乙酰辅酶A可进入三羧酸循环氧化供能,还可作为合成酮体、胆固醇和脂肪酸的原料(图1)。以乙酰辅酶A作为枢纽物质,可将多条代谢途径相互关联,在理解了关键物质及代谢途径之间的内在逻辑关系后,便于学生对代谢途径的梳理及掌握。

2 实践教学

实践教学是培养学生创新能力及科研思维的重要平台和关键环节。实验课程的设置有利于加深学生对理论课程的理解,并能有效提升学生的实操能力。生物化学实验教学既要求学生掌握常规仪器的使用,又注重提高学生独立开展科学实验的能力。结合林学专业特点和人才培养目标,我们精选了6个必做实验,共计24学时,与理论教学内容相呼应,以加深学生对理论教学内容的理解和认知。实验内容的选择一方面要符合理论教学的重点章节,另一方面兼顾验证性实验及设计性实验等多种实验类型,同时,增加选做实验,使学生有更大的自主空间,进一步提升学生的实操能力。目前,生物化学实验教学内容涵盖了多种生物化学相关领域的实验技术,如层析技术、

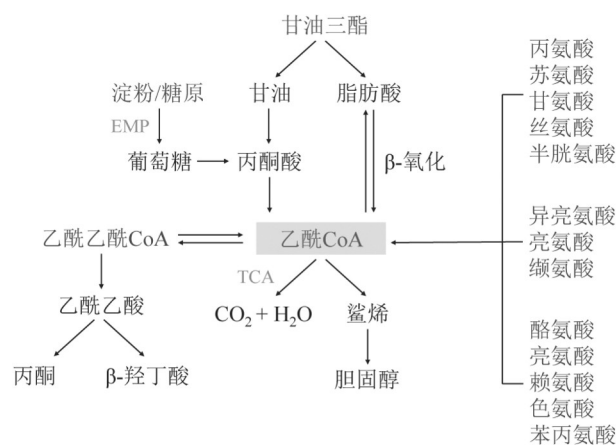


图1 乙酰辅酶A的来源和去路

电泳技术及光谱分析技术等。另外,实验涉及多种常见仪器的使用,如水平电泳装置、离心机、分光光度计等,有助于锻炼学生的操作能力,夯实基本实验技能,为学生日后独立开展科学实验奠定基础。生物化学实验采用线上线下混合教学模式。生物化学实验在线课程为东北林业大学的重点课程,储备了丰富的教学资源,包括生物化学实验相关视频、试题库、翻转课堂PPT及相关扩展实验项目等,另外,在线课程还设有实验安全相关内容模块,供学生学习使用^[11]。在课程实施过程中,主要从以下2个方面进行改革。

2.1 教学设计留白,回归学生主体地位

笔者在教学过程中发现,不少学生在实验课程的学习过程中疲于应付、缺乏学习主动性,无法深刻理解实验原理^[12]。因此,在教学过程中采用留白教学法,培养学生发现、分析、解决问题的能力及发散性思维和创造力^[13]。

实验操作是获得理想实验结果的重要保证。为激发学生的创造性思维,进行实验操作留白,即学生在理解实验原理的基础上,可对实验方法、试剂用量及试剂加入顺序进行调整,得出不同的实验现象,进而对实验现象进行分析讨论,加深印象。在“课后讨论”部分,加大研究性、拓展性问题的比例。例如,在血清蛋白的醋酸纤维薄膜实验中,已知血清中含有5种蛋白质,但不少同学只分离得到3~4条较为清晰的条带,原因为何?学生通过查阅资料、分析讨论可知,未能获得5条条带的原因与点样量、电泳时间长短等因素有关。研究性、拓展性问题的解答不但可以培养学

生的自学能力, 还可以提高学生的探究能力及科研思维。实验课程的学习也注重锻炼学生处理数据的能力。以小麦萌发前后淀粉酶活力的测定实验为例, 学生可采用坐标纸作图、Excel作图、origin作图等方式绘制麦芽糖标准曲线。教师在学生提交实验报告后, 对每一种数据处理方法进行点评。学生通过比较, 很快会认识到origin软件的优势。这又进一步激发学生自主学习、使用origin软件的兴趣及主动性。教学留白设计使学生能够以探索的心态对待实验。为了解决问题, 学生需要在浏览教材知识的基础上通过其他途径收集相关信息, 以提高信息获取能力及终生学习能力, 并能进一步启发学生的高阶思维 and 创新能力, 真正实现在“做中学”。

2.2 增加选做实验, 拓展学生思维

林学专业生物化学实验课设置了6次必做实验(表3), 2次选做实验(表4)。选做实验的对象为实验能力较强并且有进一步探索欲望的学生。实验方式较为灵活, 包括在指定测定内容条件下自行确定设计实验方案及完全自行设计实验2种方式。学生可根据自身的兴趣和专业特点选择实验内容, 完成实验设计及实验方案实施等过程。选做实验的设置不仅能发挥学生的主观能动性, 还能培养实验设计能力及分析解决问题的能力。另外, 学生对实验结果进行分析, 有助于批判性科研思维的形成, 为日后开展科研工作奠定基础。

3 教学效果

林学相关专业生物化学教学改革体系经过2年的实践与探索, 取得了良好的教学效果。教学内容具有鲜明的专业特色, 学生的学习兴趣显著提高。学生积极参与课堂上的师生互动、总结讨论等环节。这培养了学生的自主学习及深度学习能力(图2), 提高了学生学习的主动性和在教学过程中的参与度, 打造了新型师生学习共同体。在实践教学中, 通过教学留白设计, 学生可以自由地进行思维训练。通过增加选做实验, 学生对生物学、林学相关研究中涉及的多项实验技术有了深入的理解和掌握, 为林学相关专业卓越人才的培养起到有效地推动作用。课后, 不少学生也反馈了课程学习的感受, 课程的改革及实施使许多枯

表3 生物化学课程实验项目(必做实验项目)

序号	实验项目名称	学时	实验类型
1	纸层析分离氨基酸	4	验证性实验
2	蛋清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	4	验证性实验
3	小麦萌发前后淀粉酶活力的比较	4	验证性实验
4	核黄素的可见、紫外分光光度法测定	4	设计性实验
5	氨基移换反应的定性实验	4	验证性实验
6	薄层层析法分离核苷酸、核苷、碱基	4	验证性实验

表4 生物化学课程实验项目(选做实验项目)

序号	实验项目名称	学时	实验类型
1	同工酶的聚丙烯酰胺凝胶盘状电泳	8	综合性实验
2	等电聚焦测蛋白质等电点	8	综合性实验
3	凝胶过滤层析分离细胞色素C和核黄素	8	综合性实验
4	高效液相色谱技术分离鉴定氨基酸	8	设计性实验
5	从猪肝中提取DNA和RNA	8	综合性实验
6	微量凯氏定氮法测定蛋白质含量	8	综合性实验

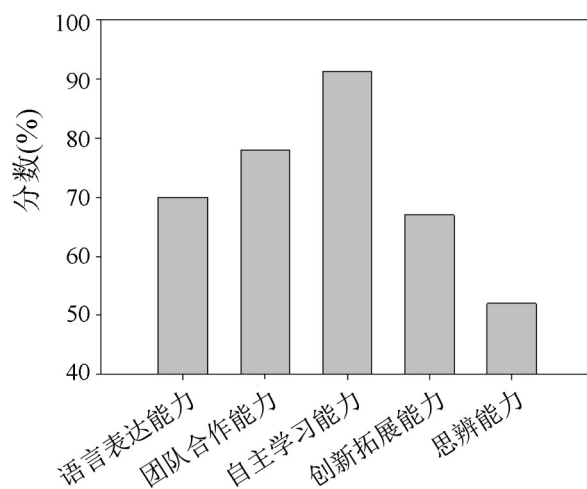


图2 2020级林学类成栋实验班调查问卷结果

燥难懂的知识点以生动有趣的形式呈现出来, 激发了学生的求知欲和创新精神, 并使学生能够做到学以致用, 对他们的科研启蒙起到了重要的作用。

4 教学反思

林学类成栋实验班旨在培养具有宽博扎实的基础理论和专业知识,未来能够在林学、森林保护相关领域从事学术研究的研究型人才,因此,科研能力的培养尤为重要。在今后的教学过程中,应充分挖掘林学、森林保护相关领域的科研案例,通过知识点与案例之间的联系,将其有效贯穿于生物化学课堂教学中,使学生在专业基础知识的同时,能够熟知领域发展动态和国际学术研究前沿,达到拓展学生视野、提升学生阅读英文文献及科研思维的目的。

参考文献

- [1] Peng CX, Gao F, Wang H, et al. Physiological and biochemical traits in Korean Pine somatic embryogenesis. *Forests*, 2020, 11(5): 577
- [2] Li S, Lin YCJ, Wang P, et al. Histone acetylation cooperating with AREB1 transcription factor regulates drought response and tolerance in *Populus trichocarpa*. *Plant Cell*, 2019, 31(3): 663-686
- [3] Sun LL, Wang JN, Li XP, et al. Effects of phenol on glutathione S-transferase expression and enzyme activity in *Chironomus kiiensis* larvae. *Ecotoxicology*, 2019, 28(7): 754-762
- [4] 刘晨光. 课程思政背景下的生物化学教学目标与内容的重构. *生命的化学*, 2022, 42(2): 379-384
- [5] 陈玉惠, 贾璐, 李靖. 植物生物化学(第1版). 北京: 高等教育出版社, 2017
- [6] 瞿礼嘉, 赵进东, 秦根基, 等译. 植物生物化学与分子生物学(第1版). 北京: 科学出版社, 2021
- [7] 肖强. 复合应用型人才培养视野下的地方民族院校林学专业生物化学教学. *教育教学论坛*, 2015(27): 120-122
- [8] 李靖, 任梅蓉, 贾璐, 等. 林科类专业《生物化学》课程教学改革与实践. *教育教学论坛*, 2017(11): 73-74
- [9] Rahmatullah J, Sajjad A, Muhammad N, et al. Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy*, 2021, 11(5): 968
- [10] 傅豪, 魏旭, 梁国鲁, 等. 茶树莽草酸代谢途径相关基因研究进展. *分子植物育种*, 2021, 19(2): 485-493
- [11] 王宏伟. 生物化学实验在线课程设计与初步实践. *科教文汇(上旬刊)*, 2018(5): 67-68
- [12] 董文, 毛玉峰, 于乐军. 指导探究式实验生物化学教学体系的构建与实践. *实验室研究与探索*, 2021, 40(4): 197-202
- [13] 刘龙, 位秀丽. 浅谈“留白”在高校课堂教学中的重要性. *中国高等医学教育*, 2020(1): 53-54