

农林高校无机及分析化学基础课教学改革探索与实践

李莎*, 陈琳, 吴纯正, 郭明*

浙江农林大学化学与材料工程学院, 杭州 311300

摘要: 化学课程为农林专业不可或缺的基础课, 无机及分析化学是化学课程的必要基础。无机及分析化学的教学质量对促进化学类课程质量提高, 进而促进农林专业课程的提升甚为重要。本文分析比较了当前无机及分析化学线上线下教学方法, 探讨了浙江农林大学无机及分析化学教学中存在的一些不足, 提出无机及分析化学加强教学内容设计、交叉融合化学课程及专业课, 缩小个体差异、满足学生个性化需求, 改进教学模式、加强课程思政建设等解决方案。并在无机及分析化学教学中实践, 教学效果得到明显改善, 学生的学习效率、学习能力及化学思维能力明显提升。

关键词: 无机及分析化学; 教学改革; 教学理念; 教学设计

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Pedagogical Reforms in Inorganic and Analytical Chemistry Course in Agricultural and Forestry Universities

Sha Li*, Lin Chen, Chunzheng Wu, Ming Guo*

College of Chemistry and Materials Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China.

Abstract: Chemistry serves as indispensable basic course for students majoring in agriculture and forestry, with inorganic and analytical chemistry constituting essential components of the chemical curriculum. The quality of instruction in these courses critically influences the overall caliber of chemistry education and further elevates the standards of agricultural and forestry specialization courses. Given the burgeoning body of knowledge in both agricultural and chemical disciplines, alongside ongoing advancements in educational technologies such as digitization and informatization, it is of great significance to adapt and reform the pedagogy of inorganic and analytical chemistry courses. Drawing on an analysis and comparison of current online and offline teaching approaches, as well as identifying existing deficiencies in the curriculum at Zhejiang A & F University, we propose several strategies. These include enhancing curriculum design, promoting interdisciplinary integration between chemistry and specialized courses, addressing student heterogeneity to meet individual learning needs, refining teaching methods, and reinforcing ideological and political dimensions within the course framework. Our findings indicate that these reforms have markedly improved teaching outcomes, as well as students' learning efficiency, problem-solving abilities, and conceptual understanding of chemistry.

Key Words: Inorganic and analytical chemistry; Pedagogical reform; Teaching methodology; Teaching design

收稿: 2023-05-08; 录用: 2023-08-31; 网络发表: 2023-11-03

*通讯作者, Emails: shali@zafu.edu.cn (李莎); guoming@zafu.edu.cn (郭明)

基金资助: 浙江农林大学校级教学改革项目(JG2022018); 浙江省国际化线上线下混合式一流课程项目(2020年-Inorganic and analytical chemistry); 浙江省线上线下混合式一流本科课程项目(2022年)

无机及分析化学是农学、林学、环境、生物、药学等学科专业的重要基础课程,对后续专业课程的学习起着过渡衔接的作用,教学效果的好坏直接影响学生后续课程的学习,甚至影响学科或农林院校的教学成效。如何结合农林院校学生的自身特点,更好地适应非化学专业学生,改革现有的课程体系,对提高农林院校的教育水平和教学质量非常关键。目前,已有线上搭建“主题讨论互动模块”的网络教学平台及线下“强化教学过程管理”的线上线下混合教学模式的应用^[1];科教融合、专创融入拓展教学资源^[2];创新教学方法、应用任务教学法^[3]等农林特色课程建设改革措施。这些兄弟院校对该课程体系进行的改革主要涉及教学手段、资源模式优化、教学团队素质提高等,一定程度上提高了教学效果,但是存在缺少课程之间的紧密联系和相互渗透^[4]、没有很好地调动学生的积极性及促进学生找到合适的学习方法等不足,不能完全适应素质培养的要求。

本文结合无机及分析化学课程教学中存在的一些问题,针对专业特色和学生个性化特点,从授课内容、教学设计、课程思政等方面对无机及分析化学教学进行了探索与研究。本次教学改革结合农林院校专业特点、因材施教,紧靠专业特色,有趣融入化学知识;通过抓“精髓”和“关键”、利用网络平台,缩小个体差异;完善评价体系、全面衡量学生学习效果;灵活运用多种教学模式、提高学生学习效率,引入课程思政,协助学生养成严谨的化学与分析思维能力、找到适合自己的学习方法,在教好课程的同时,更进一步地达到育人目的。

1 无机及分析化学课程教学概况

无机及分析化学课程是将无机化学和分析化学知识整合为一体的课程体系,内容“整合”为一体并不是一种简单的事。该课程是面向我校理工科如生物技术、林学、环境工程、动物科学等10几个专业的大学新生开设的一门基础必修课,共48学时。课程安排在第一学期,主要包括分散体系、化学反应速率和化学平衡、物质结构、化学分析、四大平衡和滴定、分光光度法九个章节的内容。相关教学内容及学时数安排等见表1。教学过程中,虽然力求最大限度地培养学生的创新思维和解决问题的能力,但仍存在一些不足之处。

表1 浙江农林大学无机及分析化学教学班级情况一览

类别	教学内容与章节	学时数
理 论 教 学 部 分	1. 第一章 分散体系	4
	2. 第三章 化学反应速率和化学平衡	4
	3. 第四章 物质结构	6
	4. 第五章 化学分析	2
	5. 第六章 酸碱平衡与酸碱滴定法	8
	6. 第七章 沉淀-溶解平衡和沉淀分析法	4
	7. 第八章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法	8
	8. 第九章 配位平衡与配位滴定法	6
	9. 第十一章 分光光度法	4
	10. 习题课、课堂讨论	2
合计		48

1.1 化学课程与专业非有效衔接

大部分版本的无机及分析化学教材都是通用型的化学基础课教材——“一本书通专业”,各个专业上课选择的教材都是一样的,专业针对性较弱^[5]。不同专业,培养模式一致,统一的大纲、同样的教学内容和教学课时,谈不上因材施教,一定程度上限制了学生的专业课程学习。另外,无机及

分析化学教材理论内容多, 学科前沿与联系实际的内容较少, 也弱化了专业针对性。因此, 在日常讲课中, 专业针对性也是目前无机及分析化学教学中需要解决的问题。此外, 化学教师致力于化学知识的传授、从化学的角度讲解基础内容, 专业课教师凭借自身的专业特色讲解专业知识, 不同的教学方式及课程安排时间差容易造成化学课程与专业课程的非有效衔接。

1.2 知识的整体要求与学生个体差异矛盾突出

无机及分析化学是在高中化学的基础上, 学习有关理论知识和基本计算, 课程开设涉及到的一些高中基础知识见表2。但是, 由于高考模式改革加上地域差异, 每位学生知识结构差别很大^[6]: 有的学生在高中已经比较系统地学习过无机及分析化学, 本课程涉及的内容很多已经熟知; 有的学生中学基本上没有学习过化学, 基础很弱; 甚至个别学生连较简单的化学方程式都不会书写。学生基础不同, 但是课程要求相同, 知识的整体要求与学生个体差异矛盾突出。另外, 无机及分析化学概念性内容多、理论性较强, 为了让学生灵活运用, 课堂上常常布置一些练习题。基础薄弱的学生容易出现理论知识不足的情况: 熟背公式但是不会正确使用, 碰到题目, 脑海只有公式, 但是却不知道选哪个; 基础好的学生却能提前准确给出答案。学生基础个体差异明显, 但是课程的基本要求一致, 日常讲课为了统一性及时效性, 只能一视同仁, 难免会顾此失彼。

表2 部分章节涉及的中学化学知识

章节	中学基础
分散体系	摩尔质量、分子量、质量、体积和密度换算
化学反应速率和化学平衡	反应速率、反应方程式、平衡移动
物质结构	元素周期表、原子结构、族、周期概念、化学键
酸碱平衡和酸碱滴定法	酸碱定义、电解质、电离、水解
沉淀-溶解平衡和沉淀分析法	沉淀定义、溶解度、溶解能力
氧化还原平衡与氧化还原滴定法	化合价、方程式配平、氧化还原反应方程式
分光光度法	透射、反射、颜色、波段

1.3 课程模式与学习方法冲突明显

大一新生刚刚步入大学生活, 从高压的高中学习状态中脱离, 大部分处于目标缺失的状态。高中阶段, 教师以高考为导向进行教学, 以课堂讲授为主, 注重培养学生应试知识和技能^[7]。大学的学习方式与初高中阶段截然不同, 大一新生在学习之余还要学会有效的学习方法。另外, 课时有限, 内容多而杂, 要求课外自己阅读和理解的时间较多。习惯了高中“监管式”的教学方式, 学生往往容易跟不上大学快节奏的教学模式。此外, 大一新生开设课程多, 我校大一新生生的课时量达到每周30多学时, 平均每天6、7学时。因此, 学生课外用于学习(预习和复习)的时间相对较少, 学生课程多、活动多, 学习方式单一, 都在一定程度上导致无机及分析化学课程学习效果不理想。由于网络在生活中普遍渗入, 很多学生的作业题解答借助网络帮助, 或者靠“抄写”和“借鉴”同学完成, 不求甚解, 不利于学生独立完成学习任务及老师掌握学生学习的真正情况, 更重要的是他们没有找到合适的学习方法。

2 无机及分析化学教学改革实践

为了在有限的课时内使学生牢固掌握该课程的基础知识和理论, 并能将其运用到后续专业课程学习中, 课程组开展了有益的教学改革探索与实践。具体从三个方面实施, 见图1。

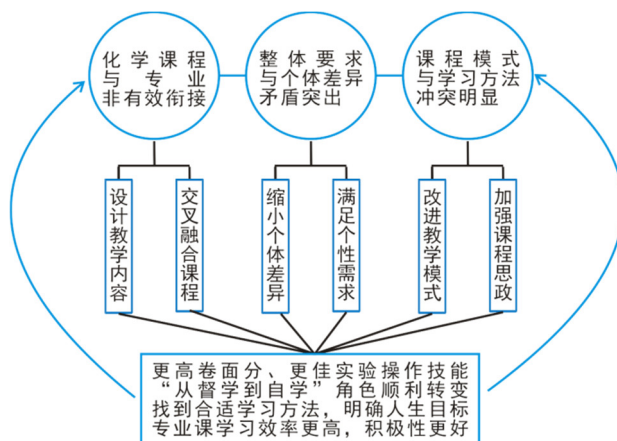


图1 教学改革路线实施图

2.1 加强教学内容设计、交叉融合化学课程及专业课

无机及分析化学课程是非化学专业的基础课程，学生在系统学习专业知识之前，都会先学习化学基础课。无机及分析化学课程中的四大滴定法在环境工程、中药、林学等专业测试分析中占据重要地位，反应速率与高分子材料专业中聚合物的生成、粮油储检专业防止食物霉变、茶学专业提高茶叶产量关系密切；配位化学是中药和动物医学专业研究药物性能及环境专业检测水硬度的关键点。因此，我们会提前了解不同专业和化学课程相关的专业课，在实际授课过程中，将化学基础课的内容交叉融合进专业课中。如本课程与环境专业的水污染控制工程、水处理实验、环境监测等专业课密不可分^[8]。我们在讲解沉淀生成及利用章节内容，通过举例水污染中的镉离子处理来讲解：工业制备硫酸和磷酸时，会产生含镉量较高的废水，人们长期食用遭到镉污染的食品，可能导致“痛痛病”，如何消除镉对水体的污染？一般选用在碱性条件下使用烧碱或者石灰与其反应生成以碳酸镉、氢氧化镉细小颗粒沉淀，再用聚合氯化铝把这些细小颗粒混凝在一起，形成不溶于水的大颗粒沉淀同时分离出。这个就是沉淀法在水污染治理中的利用，学生可以写出反应方程式，举一反三，探讨如何利用沉淀法去除水里的其他污染物。

基础课是为专业课程服务的，由于专业知识与技能与学生今后从事的工作密切相关，在教学内容中融合与专业相关的实际应用实例，凸显专业特点，将基础化学知识融合进专业课^[9]。比如在讲解渗透压这个知识点时：对于环境工程专业的学生，以市场流行的反渗透净水器为例，将知识点与水环境保护联系起来，显示环境工程专业的特点；对于植物保护专业的学生，则可让学生讨论植物生长的土地盐碱度及植物生长营养液的配制。这种与专业方向契合的讲解方式很受学生欢迎。表3列出了部分知识点在不同专业的不同讲解方式^[10]。同时，为了更好地衔接专业及突出专业特色，我们化学教师在现有教材基础上，根据不同专业，分别制订了教学大纲和布置习题；此外，我们正规划编写分别适用于理、工、农专业方向的教材及修改现有教材，此后有希望舍弃“一本书通专业”的模式。

2.2 缩小个体差异、满足学生个性化需求

无机及分析化学课程每周安排4节课，共12周，课程内容宽泛、知识点零散、公式较多，章节的独立性较强，通过48节课让学生完全掌握教学内容有一定的难度，尤其是对于基础差的学生而言，很费劲。学时少、内容多，为了减少个性化差异带来的负面影响，通过抓住“精髓”和“关键”能在有限的时间内高效率传授知识，缩小个体差异^[11]。比如在第六章酸碱平衡和滴定中，公式很多，推导需要一定的时间和技巧，但是如果让学生了解基本原理——解离平衡、物料平衡、电荷守恒和质量守恒，学生私底下也可以自己推算出来，这样他们对公式不再是害怕和纯机械性记忆，而是“知其然知其所以然”。混合碱的分析公式复杂，学生容易出错，但是抓住关键点——“酚酞变色， $\text{pH} =$

表3 同一知识点在不同专业的讲授方式

知识点	专业	讲授方式
缓冲溶液	环境工程、生态学	污染物超过水体的缓冲能力时,会造成水体的污染
	生物制药	人体各种体液的pH范围
渗透压	植物保护、农学、园艺	植物在盐碱地、肥沃土壤生长
	动物科学、动物医学	细胞在高浓度、低浓度、等浓度溶液中的状态,注射点滴
	环境工程	反渗透技术应用、人体健康
配位化学	中药、动物医学	抗癌药物 $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$
	环境科学、环境工程	水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 浓度测定
反应速率	粮油储检、茶学	防止食物霉变、提高产量
	高分子材料	聚合反应速率的控制
	中药学	提高名贵药物(人参、红豆杉)生长速率、快速治疗疾病
沉淀生成	木材、园艺	纤维素、半纤维素等的提取
	环境工程	水体中 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 等离子的去除

8–10, 牢记酸根离子的存在形式”就能很好地解决这个棘手问题。比如氢氧化钠-碳酸钠体系, 酚酞变色时溶液中碳酸以 HCO_3^- 形式存在, 那么学生能马上判断出第一部分消耗盐酸的 V_1 是用来中和碳酸钠和氢氧化钠, 理所当然地推断第二部分消耗盐酸 V_2 就是碳酸钠生成的碳酸氢钠反应掉的盐酸体积; 根据反应方程式就可以很好地推导出公式。学生会总结、举一反三, 从而提高学习效率, 减少个体差异带来的差距。

教学过程中利用网络平台, 也能在一定程度上缩小个体差异, 且满足学生个性化发展需求。比如每学期我们课题组老师都在学习通建立了专门的班级群, 为学生提供一个互动交流的平台, 在里面老师发布教学信息、资源链接、作业习题、课件资料等, 学生可以在此平台提前预习、复习、提问等。另一方面, 教师可以通过云平台统计学习进度、跟踪讨论从而了解个性化需求, 有利于学生及时查缺补漏。此外, 鼓励学生利用网络资源例如慕课网、微课网等网络学习平台收集和获取信息^[12], 查漏补缺, 进而达到提高学生学习质量的目的。依托网络共享平台, 让学生能提前预习, 随时复习, 减小基础差异。

不再仅仅通过期末考试卷面成绩评价学生的学习效果, 完善考核体系也能缩小个体差异带来的成绩区别。课程总成绩由两个部分组成: 40%的平时成绩和60%的期末考试成绩。其中平时成绩又细化分为四小块: 10%的课堂表现(抬头率、积极性、出勤率等)、20%的课堂互动(包括投票、问卷、抢答、讨论、随堂练习、课程讲解)、55%的作业(九个章节、共9次作业)以及15%的线下测验(一次期中考核、2次习题测验)。这种考核方式有利于缩小个体差异、满足学生个性化需求, 在教学过程中, 我们还一直在细微调整。

2.3 改进教学模式, 加强课程思政建设

结合使用启发式、讲授式、案例式、互动式、翻转式等教学方法, 引导学生思考、提出问题并解决问题; 让学生全程参与课堂, 发挥主体作用, 能有效地解决课程模式与学习方法的冲突。比如第六章介绍酸碱定义时, 用启发式讲解方式: 从生活中出发, 创设情境导入新课, 引入柠檬酸、咖啡因、胃酸、乳酸等大家熟悉的酸碱, 留给学生更多的时间去思考, 让他们提出问题, 能较好地激发学生学习兴趣与探究的欲望。通过翻转式教学模式, 让学生课前通过教学视频自主学习, 课堂上教师起指导作用, 也能很大程度上提高教学效果^[13]。在教学过程中加入一些与专业密切关联的视频、图片、动画等内容, 增加学生学习兴趣, 减弱畏难情绪。我们之前在讲解第四章物质结构章节时,

用flash播放杂化方式、成键类型、分子间作用力、屏蔽效应；在第一章分散体系授课中，使用动画演示渗透压、蒸气压等；第六章酸碱滴定中播放同离子效应视频等。这些视频和图片教学，能较多地吸引学生的目光，让学生更有兴趣地去学习，在快乐学习中找到适合自己的学习方法。另外，课堂上让学生积极参与，做课堂的主人，比如让学生上台讲解课程和习题。在讲解第四章物质结构时，对于规律性较强且学生之前有一定基础的元素周期性内容，可以让学生上台讲解，提高他们的语言表达能力，也让老师更容易发觉自己日常讲课时没有注意到的问题。近几年上台的学生讲课都比较幽默、跟台下的同学互动较多、讲台上下的学生没有距离感。这些都是老师相对欠缺的，也将是我们努力的一个方向。教学过程中，注重科教协同，培养学生的创新意识；引入介绍无机及分析化学的前沿研究热点和最新研究成果，适当增加典型的社会应用案例，培养学生建立“发现问题-思考问题-解决问题”的化学思维。

授课对象是大学一年级的新生，他们正处于世界观、价值观形成的黄金期，新的环境和不同的教学方式带来的不适，使得他们急需正确引导。作为教师，在传授知识的同时，要正确引导学生完成思想、生活、学习方法的转变。在教学中给学生讲解一些相关的思政案例，不仅能提高他们的学习效果，也能帮助他们拥有正确的价值导向及树立化学情怀，更重要的是帮助他们养成严谨的化学与分析思维，寻找到适合的学习方法。

基于课程特点，以促进学生对分子水平、结构层次来看待物质世界，养成严谨的化学思考与分析思维为核心，以“能力目标”“问题驱动”“知识框架”等专业素养模块为支点，构建知识体系^[14]。典型案例：为体现“分子水平、结构层次来看待物质世界”，在物质结构章节讲解 sp^3 杂化内容时，我们首先提出几个问题，如日常用到的燃气成分是什么？它的分子式与分子构型如何？大部分学生都能根据常识和高中化学的内容回答上来，即日常用到的天然气主要成分是甲烷、甲烷的分子式是 CH_4 、具有正四面体结构。进一步提问为什么它是正四面体结构？首先，提示学生利用本章节上两次课内容，写出分子中每个原子的核外电子排布式，帮助学生复习前面所学内容。经考查，很多学生都能正确地写出碳原子和氢原子的核外电子排布式，并且也能判断出一个碳原子需要和四个氢原子成键，形成甲烷分子。其次，让他们参照刚刚所讲的 sp 、 sp^2 杂化方式，思考碳氢原子如何成键、键角应该是多少？此时有部分学生能推断出甲烷具有正四面体结构，有部分学生还是比较迷茫。最后，老师课堂讲解 sp^3 杂化方式，并播放flash查看 sp^3 成键过程；再解释四面体结构的稳定性及根据分子核外电子排布，推断甲烷的一些化学性质。在此基础上，引导学生思考在日常生活中如何储存及正确使用甲烷；举一反三，附送一道课堂习题： NH_4^+ 如何成键，空间构型是什么样？通过以上几步，学生能很好地理解 sp^3 杂化知识点，并且能从原子和电子水平认识甲烷分子，通过结构组成了解它的一些宏观性质，并养成化学思考模式。引导学生认识到化学与人类的生命健康息息相关，强化化学学习情怀。在提高学生学习效果的同时达到思想上进步，更重要的是找到适合自己的学习方法。

3 建设成效

我们以食品工程专业的4个班级为例，2个班级正常教学，另2个班级增加无机及分析化学教学改革。对比发现，经过无机及分析化学教学改革的学生在学习成绩、学习效率、分析处理问题能力及角色转变方面有较大的进步。

经过教学改革的班级学生在后续专业课的学习中，化学基础知识更牢固，表现出更大的热情和积极性，以及更佳的辩证思维能力。班级同学积极进取，不再抱有“六十分万岁”的态度，期末考试成绩大为改观，试卷卷面及格率从未改革的70.2%提高到78.9%，卷面成绩跨度也从未改革的“33分到94分”缩小至“46分到96分”，总评成绩80分以上的比例从30.3%（未实施改革的）提升到49.8%。在浙江省大学生化学竞赛、大学生化学实验创新设计大赛等校内选拔赛中表现更高的卷面分和更佳的实验操作技能。具体可见图2。

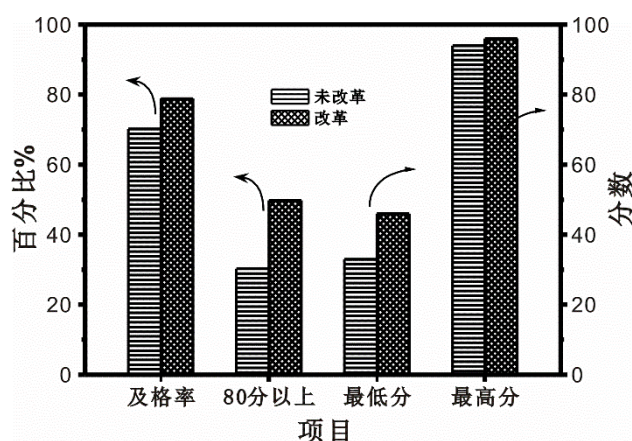


图2 改革前后学生成绩对比图

学生通过课前视频自主学习,在上课过程中更能有的放矢、有针对性地提问,听课效果事半功倍。在同时段开设的无机及分析化学实验课中,展示更好的操作技能,能更好地分析实验现象、解释实验原理。科教协同让学生对科研产生了较大的兴趣,部分学生大一下学期开始进入实验室跟随专业教师进行课题研究,甚至有个别学生在大二、大三就发表了SCI研究论文。

多样化的教学模式让学生“从督学到自学”角色转变更顺利。通过正确引导和督促,学生在较短时间内消除了学习方法上大部分的困难和疑惑,顺利完成了“督学到自学”的转变,在学习中也渐渐摸索出适合自己的学习方法。在学习和听课过程中,更容易抓住学习的“重点”和“关键”,在专业课学习中表现出更高的学习效率。通过课程改革建设中的学生上台讲解课程或习题,学生的表达能力、组织协调能力、解决问题能力得到了很大提升。

学生在课程思政教育的影响下,经过第一学期的学习和生活后,超过一半的学生明确了自己的目标:考研究生(哪个学校、什么专业、研究方向)或者公务员(哪个地域、哪种岗位),甚至有个别学生表示要考化学专业研究生。他们也逐渐养成严谨的化学与分析思维,更能透过现象看本质,建立了从原子或者分子层次来理解宏观物质的意识。

4 结语

无机及分析化学是一门理论性和基础性很强的课程,课堂教学效果非常重要,既要传授知识,更要重视对学生能力的培养。在无机及分析化学的教学实践中,发现存在的一些问题,给出相应的对策,在实践教学实施中,从而获得好的教学效果。这些改革能激发学生的学习兴趣,提高学生自主学习能力、独立思考能力和运用化学知识解决专业中实际问题的能力,为学生将来从事科研或者其他工作奠定基础,在培养创新型人才方面发挥着重要作用。

参考文献

- [1] 常青云, 臧晓欢, 李芝, 董彦莉, 吴秋华. 云南化工, **2020**, 47 (11), 187.
- [2] 吴秋华, 赵影, 王俊敏, 常青云, 李芝, 董彦莉, 唐然肖, 王春. 大学化学, **2022**, 37 (8), 2112092.
- [3] 魏天娇, 王艺儒, 黄森. 安徽农业科学, **2012**, 40 (32), 16014.
- [4] 刘清云, 李克华, 毛炳生, 梅平, 罗燕飞. 广西师范大学学报(自然科学版), **2003**, 21 (z2), 23.
- [5] 王婕. 广东化工, **2021**, 48 (3), 216
- [6] 杜仲祥, 李俊霞. 洛阳师范学院学报, **2013**, 32 (11), 60.
- [7] 黄剑平, 周享春. 大学教育, **2020**, No. 6, 91.

-
- [8] 吴小琴. 广西师范大学学报(自然科学版), **2003**, 21 (z2), 58.
- [9] 热娜古丽·阿不都热合曼, 热萨莱提·伊敏, 尹学博, 木合塔尔·吐尔洪. 化学教育, **2016**, 37 (24), 45.
- [10] 肖文香. 广东化工, **2014**, 41 (17), 193.
- [11] 马岚, 贾瑛, 姚俊萍, 吴婉娥, 崔虎. 高教学刊, **2022**, 8 (23), 144.
- [12] 朱清, 李成胜, 林保平. 化工时刊, **2020**, 34 (3), 30.
- [13] 范金波, 周素珍. 农产品加工, **2016**, 6 (5), 85.
- [14] 杨艳华, 王宝玲, 李艳妮, 董春燕, 薛雅新. 大学化学, **2021**, 36 (3), 2011024.