•教学研究与改革• doi: 10.3866/PKU.DXHX201810012 www.dxhx.pku.edu.cn

基于一流本科教学的植物化学类课程体系构建探索

高锦明*，耿会玲，王俊儒，张继文，朱玮
西北农林科技大学化学与药学院，陕西 杨凌 712100

摘要：目前全国有442所高校设置有应用化学专业，如何使该专业办出特色并具有广阔需求前景是我们亟待解决的关键问题。屠呦呦因青蒿素获得诺贝尔化学奖彰显出“植物化学成分研究”的重要性，与此同时，人类医疗与健康对植物中活性成分需求也日益增长。经过18年的教学实践与探索，紧密结合学校“双一流”农业大学使命，我们找到了以植物化学为支撑来培育应用化学长线专业在我校的一流优势与特色问题，以植物化学成为国家级精品课程的标志性成就，形成了紧扣“双一流建设”国家重大需求的西北农林科技大学应用化学专业本科教育新体系。

关键词：有机化学；一流本科教学；创新人才；植物化学；课程体系
中图分类号：G64；O6

Exploration on the Construction of Phytochemistry Curriculum System Based on First-Class Undergraduate Teaching

GAO Jinming *, GENG Huiling, WANG Junru, ZHANG Jiwen, ZHU Wei
College of Chemistry and Pharmacy, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi Province, P. R. China.

Abstract: At present, the specialty of applied chemistry has been set up in 442 colleges or universities. The key issue we should urgently solve is how to make this major characteristic and have broad prospect of demands. The milestone event, that Youyou Tu won the Nobel Prize in Chemistry for the separation of Artemisinin, further highlights the importance of “research on chemical constituents of plants”. Meanwhile the demand for the active ingredients of plants in human medical and health care is also increasing. After 18 years of teaching practice and exploration, closely combined with the mission of construction of “double first-class” agricultural university, we have found the first-class advantages and characteristics of cultivating the applied chemistry, a long-term specialty, in our university with the support of phytochemistry. With the landmark achievement of “phytochemistry” as the national top-quality curriculum, we have built a new undergraduate education system for applied chemistry in Northwest Agriculture and Forestry University, which is closely linked to the national major demands of double first-rate strategic plan.

Key Words: Organic chemistry; First-class undergraduate teaching; Innovative talent; Phytochemistry; Curriculum system

习总书记殷切指出：“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切，对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈”[1]。为此，必须实现高等教育强国目标。而实现这一目标的主要基础在于专业，正如吴岩司长所说“要实现高等教育强国目标，必须要统筹四个一流，以一流大

收稿：2018-10-15；录用：2019-02-18；网络发表：2019-03-01
*通讯作者，Email: jinminggao@nwafu.edu.cn
基金资助：植物化学国家级精品课程建设项目(2010-349)；陕西省高等教育教学改革重点攻关项目(11BG05)；西北农林科技大学本科生全英文教学课程建设项目(2018-09)；在线课程建设项目(2018-16)

学为目标、一流学科为条件、一流本科为根本、一流专业为基础”[2]。具体到应用化学专业，全国现有 442 所高校设立了该专业，该专业如何办出特色并具有广阔需求前景是每一所设置该专业的高校必须回答的核心问题。

西北农林科技大学已经被列为国家“双一流建设”高校，因此，我校应用化学专业建设的核心问题就表现为如何把该专业建设成与学校服务西部，特别是干旱半干旱地区可持续发展的一流农业大学使命相吻合的特色专业？而其中的瓶颈问题就在于：如何通过该专业的“主要粮食”即核心课程建设来建设与一流农业大学使命相吻合的应用化学专业？西部地区特别是干旱半干旱地区自然资源匮乏、生态环境脆弱、经济相对落后、发展速度缓慢，致使大量人才东南飞；此外，西部地区劳动力素质偏低，科技创新能力不高，这是影响西部经济发展和社会竞争力的重要瓶颈。为了促进西部经济发展，解决西部发展不平衡、不充分的问题，国家虽然提出了一系列优惠政策，但是这些地区农业、医药、化工等领域的可持续发展急需一大批卓越的创新型、复合型化学人才，而这些人才的培养离不开一流的本科教育。为此，我们踏上了长达 18 年的教学改革与实践之旅，凭借我校优势学科“生物资源化学、农药化学、制药工程”等的支撑，探索该专业的特色与优势。首先，通过对应用化学专业研究方向的不断实践与探索，我们将人才培养方向聚焦于“植物化学成分研究”这一优势领域，确定植物化学为应用化学专业特色课程。其次，我们以植物化学为核心，构建了与创新人才培养相匹配的理论课程体系和实践课程体系，开设相应的课程，编写《植物化学》教材。接着，采取建设校内外实习基地和中试车间，设置综合性、开放性、创新性实验，以及最新科研成果进课堂三大措施来夯实实践教学环节。

通过以上探索与改革，现已将应用化学建成与农林学科交叉，以植物化学成分研究为主导的特色专业，创立了立足生物学大背景，培养拓展型、创新型人才的人才培养体系，构建了适合该专业发展的植物化学类课程体系[3]，建设了 4 门精品课程，其中“植物化学”精品课程为全国唯一。毕业生获得感强，形成了辐射全国同类教改的示范性成果，获得了陕西省高等教育教学改革重点攻关项目和陕西省高等学校教学成果特等奖，巧妙地解决了多学科交叉、跟踪科技前沿、创新能力培养等问题，为西部地区输送了一批优秀的化学人才，培养了一批业务过硬的化学骨干教师，出版了高质量的国家规划教材，形成了辐射全国同类教改的示范性成果，凸显了辐射全国的教学改革影响力。

1 确定植物化学为应用化学专业特色课程

1999 年，我校应用化学专业开设初就设置了植物资源化学、仿生合成、环境化学和精细化工等 4 个方向，但它们之间的跨度较大，联系松散，急需缩短战线；与之相关的硕士点为植物学和环境工程，主要开展植物资源化学和环境化学方面的研究。

近 5 年，我校化学学科瞄准天然产物化学、有机合成、糖生物学、生物分析化学领域，取得的标志性成果助力该学科于 2016 年进入 ESI 全球排名前 1%。此外，应用化学专业毕业生需求量一直居高不下，加之西北地区急需具有交叉学科背景的复合型化学人才，我校便将生物资源化学列为一流学科建设的优势学科。学校一流学科建设成就和化学人才需求促使我们将应用化学专业特色聚焦在植物化学方向，并致力于相应课程体系建设。

选择植物化学来支撑应用化学专业特色，主要是基于当前我国人才市场与科技发展对植物化学专业人才的广泛需求以及人类医疗与保健对植物药的青睐，如从植物药板蓝根中找到防治非典病毒和 H7N9 型禽流感病毒的克星；治疗肥胖和“三高”等重大疾病的主要药物成分也来自植物；诺贝尔奖级成就“青蒿素的分离纯化”也属植物化学研究范畴[4]。我们将人才培养方向聚焦于“植物化学成分研究”这一优势领域。

2 植物化学类课程体系的构建探索

2.1 以植物化学为核心的理论课程体系构建

将学科大类基础课、专业基础课、专业方向基础课、学科基础拓展课、专业核心课和专业拓展

课等 6 个模块有机组合，构建了基于一流本科教育的植物化学理论课程体系。以植物化学课程为核心，先后建设了高等有机化学、有机合成等 8 门专业理论课程及药物化学与药物设计基本原理 2 门专业拓展课程，还融合有机合成方向的课程与研究内容，兼顾化学生物学相关课程的需求，这充分显示了它在应用化学专业课程体系的地位。

2.2 “以创新能力培养为特点”的实践课程体系构建

实践课程体系由基础化学实验课、专业综合化学实验、专业综合实践训练和专业拓展创新实践训练 4 个模块共 8 个环节组成，即基础化学实验→应用化学综合大实验→天然产物化学科研训练→天然产物化学综合大实验→天然产品加工生产实习→精细化工生产实习→大学生科创训练→毕业论文，从而形成“以创新能力培养为特点”的实践课程体系[5]。从“实验基本操作和技能培养→综合实验技能培养→综合实验技能提高”到“研究方法、技术和思路的训练→科研能力训练→创新能力提高”全方位培养学生的综合能力，使学生熟悉实践过程的各个环节，提高了实践的科学性，为达到应用化学专业人才培养目标创造了必要条件[6]。

2.3 新旧课程体系比较

新课程体系与改革前相比，学科大类基础课和学科基础课一致，对比结果见表 1–3。

改革后的课程体系围绕天然产物化学方向，新设了 5 门专业核心课程，增设了学科基础拓展课程和专业拓展课程，克服了学科跨度较大的弊病，改善了学生被动学习的局面，达到了该方向人才培养要求，给了学生更大的选择空间，使其有能力跨专业学习或从事科研。

新建体系彰显了我校天然产物化学研究和教学方面的特色，注重创新实践环节拓展，使不同学科之间相互协调、相互补充，使培养目标更加明确、学科体系更加完整、知识结构更加合理。该体系融入 2014 版应用化学专业培养方案后，发现学生更新化学知识能力、创新能力、解决问题能力、化学应用技术开发与专业拓展能力均得到显著提高。

2.4 夯实实践课程环节

实践教学是加强专业知识、增加学生感性认识、培养学生创新创业实践能力的重要综合性训练环节[7]，但这也是我国本科教育的一大薄弱环节，为此，我们全方位夯实实践教学。

第一，建设校内外实习基地和中试车间。校企联合，建设了 3 个省级教学科研平台和 10 个校外实习基地；采取校企共建方式，将原有校内实习基地重建为植物提取中试车间，不仅供本校师生教学实践，还接纳了吉林大学、四川大学、湖南大学等 10 所高校师生参观学习，并帮其完成研究成果中试。

第二，设置综合性、开放性、创新性实验。以“植物有效化学成分及其衍生物”为研究对象，将所学的理论知识与技术综合运用，鼓励学生结合导师的科研项目选题，在教师引导下完成整个实验。这不仅调动了学生从事科研的积极性，增强了其对专业的热爱，提升了综合实验能力和创新意识，还为今后就业或创业提供了依据。

表 1 改革前后学科基础理论课程对照表

基础课程 [a]	学分	基础课程 [b]	学分	基础拓展课程 [b]	学分
现代分离技术	2.5	现代分离技术	2.5	基础生物化学	4.5
仪器分析	3.0	仪器分析	3.0	计算化学	1.0
化学信息学	2.0	化学信息学	2.0	食品药品分析	2.0
植物学	3.5	/	/	高分子导论	3.5
基础生物化学	4.5	/	/	/	/
植物资源化学	2.5	/	/	/	/
总计(6 门课程)	18	总计(3 门课程)	7.5	总计(4 门课程)	11

[a] 改革前的研究方向为生物资源化学(18 学分)；[b] 改革后的研究方向为天然产物化学(7.5 学分)

表 2 改革前后专业理论课程对照表

改革前的专业课程[a]	学分	改革后的专业核心课程[b]	学分	改革后的专业拓展课程[b]	学分
天然产物化学	3	植物化学	3.0	药物化学	2.5
环境化学	2	高等有机化学	2.0	药物设计基本原理	2.0
有机合成	2	有机合成	3.0	/	/
环境工程	3	天然产物综合波谱解析	3.0	/	/
天然产物化学研究进展	2	天然产物化学研究进展	1.5	/	/
仿生合成	2	天然产物合成	1.5	/	/
天然产品加工与开发	2	天然产品加工工艺学	2.0	/	/
精细化工工艺学	3	精细化工工艺学	2.0	/	/
总计(8 门课程)	19	总计(8 门课程)	18	总计(2 门课程)	4.5

[a]改革前的研究方向为生物资源化学(19 学分，含实验课程)；[b]改革后的研究方向为天然产物化学(18 学分，含实验课程)

表 3 改革前后实践课程对照表

化学实验[a]	学分	综合实践训练[a]	学分	综合化学实验[b]	学分	综合实践训练[b]	学分
仪器分析实验	1	应用化学综合实验	4	仪器分析综合实验	2	应用化学综合实验	4
有机合成实验	1	化工原理课程设计	1	有机合成综合实验	2	有机合成综合训练	1
有机合成	2	环境化学课程论文	1	天然产物化学	2	天然产物化学	1
天然产物化学	2	天然产物化学	1	/	/	精细化工工艺学	1
/	/	精细化工工艺学	1	/	/	天然产品加工	2
/	/	天然产品加工生产实习	2	/	/	精细有机合成	2
/	/	精细化工合成生产实习	2	/	/	/	/
/	/	环境工程生产实习	2	/	/	/	/
总计(4 门)课程	6	总计(8 门课程)	14	总计(3 门课程)	6	总计(6 门课程)	11

[a]改革前研究方向为生物资源化学；[b]改革后研究方向为天然产物化学

第三，最新科研成果进课堂，对接科技和产业前沿。一是要求学生必须阅读 *Journal of the American Chemical Society*、*Angewandte Chemie International Edition*、*Chemical Science* 等一流期刊文献。二是将最新科研成果引入实验课堂，丰富教学内容，培养学生创新意识，并将教改成果固化在植物化学中。“中药丹参有效成分丹参醌类化合物的提取与鉴定”和“苦皮藤素衍生物的合成”已被编入《有机化学实验》和《综合化学实验》教材中。三是在实验教学中引入微波、超声波、制备液相等新技术，拓宽学生的视野。

调查结果显示，实践课受到学生普遍认可，满意度高达 98%。

3 标志性探索成果

3.1 学生培养初见成效

第一，学生创新能力显著提高。主修天然产物化学方向学生创新能力的提高主要体现在“完成大学生创新性实验训练项目”和“毕业论文创新之处”，这一能力在其就业或继续深造中会延续下去。应用化学专业学生在这两方面表现出色，2007 年以来获批 56 项大学生创新训练项目，其研究内容大多涉及天然产物化学(图 1)，本科毕业论文涉及天然产物化学的占 58%，其中校级优秀毕业论文 26 篇。如 2009 届毕业生解思达完成的校级优秀论文获批国家发明专利 1 项，2011 届毕业生董婷主持的国家科创项目结果发表 SCI 论文 1 篇[8]。

第二，毕业生就业状况喜人。近 3 年应用化学专业就业率名列学校前茅(表 4)，主修天然产物化

学的毕业生在高校、政府部门及企业工作，部分学生已成为领军人才，这正是面向创新人才培养的植物化学类课程体系的构建所显现的实践成效。近 5 年公派出国留学者 8 人，获优秀毕业生、优秀学生干部、十佳大学生等奖项 100 余人次，其中省部级 15 人次。

表 4　近 5 年应用化学专业毕业生就业情况

届别	就业率/%	升学率/%	保研率/%	考研率/%	出国率/%
2014	94.1	42.4	27.1	15.3	0.0
2015	95.7	43.1	28.5	14.7	0.9
2016	97.8	45.6	26.7	18.9	2.3
2017	90.6	34.0	20.8	13.2	1.9
2018	92.5	48.1	23.6	24.5	0.9

第三，天然产物化学成为学生就业的首选领域。毕业生调查反馈结果表明：构建的植物化学类课程体系对于提升学生创新能力和就业质量具有重要意义。2012–2014 届毕业生中，60%的学生毕业论文选择了植物化学，其中 15%的学生发表了 SCI 论文，90%的学生继续从事植物化学工作，60%的学生在知名科研院所继续深造(图 2)。

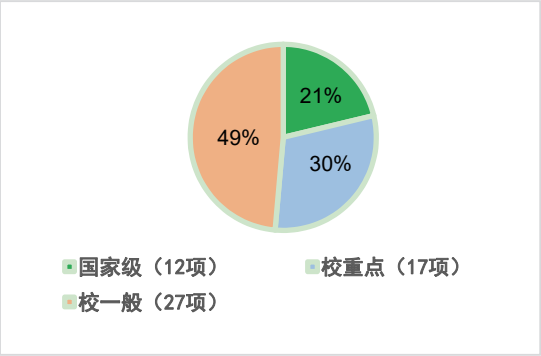

图 1　大学生创新训练项目完成情况

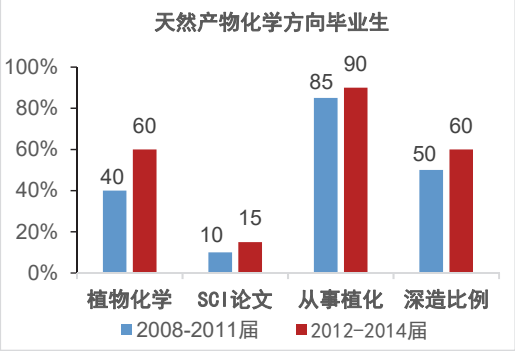

图 2　天然产物化学方向毕业生

3.2　形成了辐射全国同类教改的示范性成果

一是获批了该领域唯一的国家级精品课程。植物化学课程于 2010 年成为全国唯一的精品课程，使该课程的辐射面进一步扩大，由 1993 年仅为植物资源化学专业开设扩大到应用化学、制药工程、生物科学等专业 12 个类型的本硕博层次学生，每年选修该课程的学生达 500 余人。

二是出版了高质量国家级规划教材。已编写 8 部教材，其中《植物化学》不断更新，已出版 3 次。本教材不仅荣获陕西省优秀教材奖，被香港大学、兰州大学、吉林大学等 20 余所高校选为教材，还得到了同行的高度认同：孙汉董院士认为“该教材填补了国内空白，补齐了植物化学研究与教学的链条”；李水盛教授评价“该教材是非常优秀的公共选修课教材”；秦国伟教授指出“该书的问世为我们今后对植物化学成分研究及其开发利用提供了非常重要的参考价值，具有相当重要的指导意义”。

3.3　教师与课程建设同步成长

该课程体系的构建促进了青年教师的成长，团队中多人获得教学类奖项和人才支撑计划。其中，2 人被评为“陕西省教学名师”，2 人获“省高校青年教师教学竞赛奖”，3 人入选“新世纪优秀人才支持计划”，2 人被评为“陕西省青年科技新星”，1 人获霍英东基金优秀教师奖，1 人获国家优

秀博士学位论文提名奖，教学团队分别荣获陕西省高等学校教学成果特等奖和一等奖各 1 项，《植物化学》《有机化学》和《有机化学实验》荣获“陕西省优秀教材奖”，取得的相应教改成果汇编于《天然产物化学教学与实践》中[9]。

3.4 辐射全国的教学改革影响力

一是形成了辐射 20 多所高校的植物化学教学与研究“共同体”，学生受益面超过 2000 人/年。我校组织香港大学、兰州大学、吉林大学等 20 多所高校参与教材更新、编写、年度教学研讨会。

二是为全国同类教学改革提供了教学规范。“第一届天然产物化学教学研讨会”的代表们认为：我校的应用化学专业培养标准符合当前及今后相当长时期内天然产物化学领域与社会经济发展实际，规范了植物化学人才的培养模式，为农林院校本科相关专业制定培养方案提供了示范；也为进一步优化和丰富专业的发展方向提供了有益参考，相关院校可根据本校实际选用。该课程体系和 2014 版应用化学专业培养方案也被吉林大学、湖南大学、西北大学等兄弟院校采用；西南林业大学、石河子大学等高校教师前来我校学习植物化学及其相关课程并接受培训。

三是“以我校为主体”成功主办了多次会议。全国第一届天然产物化学教学研讨会、2015 年杨凌国际农业科技论坛、天然产物化学教学研修班、新时期高等(农林)院校化学和教学创新与人才质量提升研讨会、首届全国植物化学同课异构（指同一节课，邀请不同学校的专家和我校教授结合自己的科研工作，同台讲授这一内容）教学交流研讨会等均在杨凌成功召开。

4 进一步讨论

4.1 如何解决学科交叉问题？

植物化学是一门交叉学科，其知识每 5 年几乎更新一半。因此，只有解决学科交叉问题[10]，才能跟踪前沿，可持续发展。解决学科交叉问题一般有两种方法：一种涉及教育教学体制；一种在教师本身。我们采取后一种，从教师选聘源头上入手，要求拟聘教师的学习经历与科研工作属于不同学科，引进了一批具有交叉学科背景的教师，用成本最低的办法解决了这一难题。

同时，不断探索课堂的双师教学，请不同学科背景的教师讲授同一堂课，给学生提供多方位体会学科交叉的条件。

4.2 教材如何及时跟踪学科前沿？

人才培养是一项系统工程，核心是教学[11]。教什么？教材是教学内容的主要载体，其持续更新需要机制创新，植物化学教材更需要创新更新[12]。

国家中长期科技发展规划纲要把“农林、海洋生物资源高效开发利用”列为重点领域和优先主题，人类遇到重大疾病时瞄准植物中的天然活性成分寻找治疗方案，越来越重视的健康与保健问题都依赖植物化学，这充分说明目前对植物化学及其研究需求强劲，研究前沿不断被推进，知识更新很快，这使教材内容更新成为突出问题。

针对这一问题，我们创造了教材更新平台与机制。由我校牵头，联合香港大学、兰州大学、吉林大学等 14 所高校成立教材更新编写共同体。10 年来，《植物化学》已发行了 3 版，每版更新内容接近 50%；还编写了《天然产物结构解析》《天然产物提取分离与鉴定技术》等配套教材。

4.3 如何构建体现一流教学的教学方法体系？

创新能力是一流农业大学人才培养的主要目标，教什么和如何教是达成目标的核心要素，而如何教或教学方法比教什么更重要，也更难。因此，如何突破教学方法瓶颈，把学生培养成具有创新精神与实践能力的人才，成为当前的一大重点和难点。

(1) 强化科研过程引入教学过程。我校入选双一流建设高校，必须培养学生发现知识的能力。从事科研有利于培养学生的创新精神，我们构建了多环节的科研训练，要求学生从天然产物化学领域的最新成果中选题，运用所学知识解决遇到的问题，熟练掌握天然产物的基本方法与技术，熟悉有

组织的研究性学习形式[13]。

(2) 加强实践教学体系建设，提升学生的实践能力和创新能力。已建立了“基础–专业–拓展”的创新能力培养实践教学体系，以课程论文实践为例，其包括文献查阅、方案设计与论证、完成实验、结果处理、总结与评述等环节，既培养了学生独立进行科研的能力，又促使学生自主解决遇到的问题，从而提高其分析问题和解决问题的能力，促使其进行研究性学习[14,15]。

5 结语

依托学校已有的化学类硕/博士学科点，我们形成了从基础到应用的科学研究链条和人才培养链条，依托学校创新链与社会产业链所形成的科学研究和人才培养格局，在国家统筹推进“双一流建设”重大战略部署的大好形势下，以植物化学来凸显应用化学专业特色，打造一流本科教育，是必要和可能的。

参 考 文 献

[1] 习近平：把思想政治工作贯穿教育教学全过程. (2016-12-08)[2018-05-07]. http://www.xinhuanet.com//politics/2016-12/08/c_1120082577.htm.

[2] 吴岩. 中国大学教学, **2018,** *329* (1), 7.

[3] 房喻. 中国大学教学, **2009,** *320* (9), 13.

[4] 杜灿屏. 21 世纪有机化学发展战略. 北京: 化学工业出版社, 2002: 171–198.

[5] 惠新平, 梁永民, 沈永雯. 大学化学, **2018,** *33* (9), 28.

[6] 张继文, 袁茂森, 杜振亭, 王俊儒. 西北农林科技大学学报(社科版), **2013,** (增刊), 121.

[7] 刘娅莉, 张小华, 周海晖, 何德良, 陈金华, 邓剑如, 李永军. 大学化学, **2018,** *33* (9), 38.

[8] 耿会玲, 高锦明, 王进义, 李文闯, 周乐. 高等理科教育, **2012,** No. 5, 127.

[9] 高锦明, 耿会玲. 天然产物化学教学改革与实践. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2014.

[10] 张义. 高等工程教育研究, **2017,** No. 3, 116.

[11] 曾玲晖, 张翀, 卢应梅, 马楠. 高等工程教育研究, **2016,** No. 1, 19.

[12] 高锦明. 植物化学. 北京: 科学出版社, 2017.

[13] 张建林. 高等工程教育研究, **2005,** No. 4, 105.

[14] 张建林. 高等教育研究, **2005,** No. 2, 73.

[15] 张建林. 中国大学教学, **2006,** *317* (11), 9.