

生命科学创新人才的立体化培养模式构建和实践

一 成果总结

申报单位：内蒙古大学生命科学学院

申报人：莫日根、王迎春、邢万金、王潇、刘鹏霞

一、内蒙古大学生命科学本科专业创建和发展

于 1957 年建校之初，北京大学教授、学部委员李继侗先生(1897-1961)任内蒙古大学常务副校长，在他的直接领导下，设立了动物学和植物学 2 个本科专业。后来，在李博院士（1929-1998）带领下设立生态学本科专业，在旭日干院士（1940-2015）的领导下，动物学学科有了长足的发展，成为了国家重点学科。

现有“国家理科生物学基础科学研究和教学人才培养基地”（1994）、“国家生命科学与技术人才培养基地”（2002）、生物科学、生物技术、生物工程等专业。建有“国家级生命科学本科实验教学示范中心”，“生物化学”国家理科基地创建名牌课程，“分子生物学”国家级双语教学示范课程；有“生物学综合实习”和“生物化学系列课程”自治区级教学团队，“生物化学”、“遗传学”、“动物生物学及实验”、“基因工程”、“生物学综合实习”、“细胞生物学”等自治区级精品课程。

二、创建生命科学创新人才的立体化培养模式

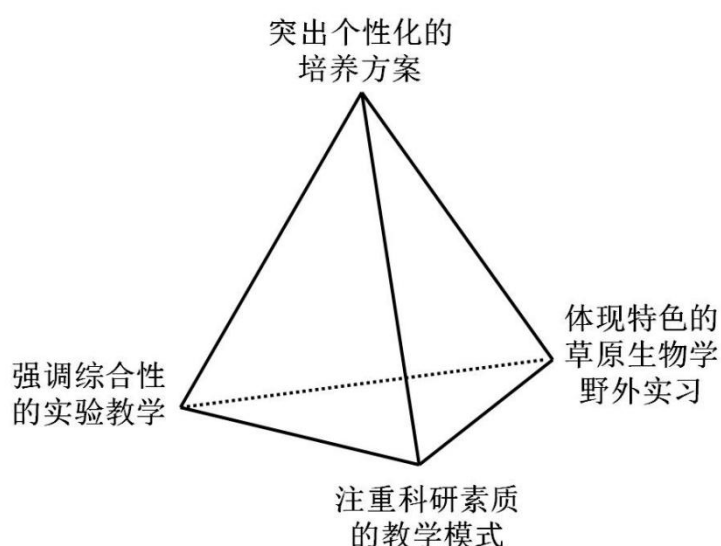
1. 培养理念和目标

立足边疆、面向未来，坚持“以学生为本，重能力，求创新，个性化培养”的教学理念，以与国际接轨为目标，本着以高水平科学研究推进高水平教学为基本思路，大力实施“创新驱动”的研究型教学模式；依托国家、

教育部和省级重点实验室科研平台，发挥“国家理科生物学基础科学研究和教学人才培养基地”和“国家生命科学与技术人才培养基地”的支撑作用，培养学生独立工作能力和创新能力。

2. 生命科学创新人才的立体化培养模式

成果以清晰明确的建设思路和目标，突出个性化培养，从专业培养方案修订入手，实践新教学模式，创新实验体系和实验内容，建立特色草原生物学野外综合实习基地，形成了立体化的培养模式（见图）。



三、教学模式的创新与实践

为了全面实践“生命科学创新人才的立体化培养模式”，我们进行了四维教学模式的改革和实践。具体如下：

（一）突出个性化的培养方案修订

强化学生创新能力为导向，突出个性化培养，于2015年生命科学学科对“国家生物学基地”、“国家生命科学与技术基地”、生物科学、生物技术、生物工程等本科专业培养方案进行了修订。新修订2015方案主要体现如下新内容：（1）总学分由原来的164降为155学分，（2）增加选

修课学分，降低必修课学分，由学生自行选择更感兴趣的课程来学习；

(3) 每个专业设定 2-5 个专业方向和专业方向课程群，由学生自行选择感兴趣的专业方向；(4) 增加新兴课程如合成生物学等，让学生了解生物学新领域发展；(5) 提升实践教学学分，培养学生动手能力。如生物科学（含生物学基地）专业 2015 培养方案中，①选修课学分由原来的 16.46%提升到 30.65%，②新增合成生物学、基因组学、生物安全等新兴课程；③实践课学分由原来的 14.63%提高到 18.71%，④设定了植物学、动物学、微生物学、分子生物学和跨方向选修课五个方向。对生物技术（含生物技术基地）和生物工程专业培养方案做了类似的修订。

(二) 注重科研素质的理论教学模式

1. 研究型教学模式

研究型教学包含 6 个方面：(1) 讲述科研历史，使学生学习提出科学问题的方法；(2) 重演实验过程，让学生了解解决科学问题的实验技巧；(3) 引导学生分析实验结果，学习从结果推出科学结论的基本逻辑；(4) 设计虚拟实验，指导学生掌握实验设计和立项组织科研的技巧；(5) 引导查阅文献、梳理和总结研究进展的能力。该教学模式在基因工程、遗传学、分子生物学等核心课教学中进行了实践。邢万金和莫日根等曾详细陈述了具体作法和成效（邢万金等，2014；邢万金等，2016）。

2. 科学史引领的教学模式

科学史引导的教学模式是指通过科学故事来引领生物学基本理论、新理论的产生以及后来的验证等内容的讲述。这样的教学模式有如下好处：(1) 能够让学生轻松地学习生物学理论；(2) 学生通过故事更容易记住课程内容；(3) 激发学生对该门课程以及科学研究的兴趣，培养学生创新思想；(4) 使学生了解每个理论背后科学家的科学思想和逻辑推理，初步建立科学思想和方法论；(5) 有助于学生励志，设计远大目

标。该教学模式在分子生物学、基因工程、遗传学、细胞生物学以及微生物学等核心课教学中进行了实践。莫日根和邢万金等对本教学模式进行了详细阐述（莫日根等，2016）。

3. 问题导向的教学模式

为了充分发挥同学们的主观能动性，引入了问题导向的教学模式。主要包括：（1）问题引导的合作性学习讨论，即以教学内容的某点为核心，设定问题，引导学生（2-3 名学生一组）读文献，加以总结并回答由老师设定的问题；（2）问题驱动的阅读和综述论文撰写，使学生深入了解某一领域研究进展并进行高度的概括总结。要求每个学生撰写 1 篇与本课程内容相关的由任课教师命题的中文综述性论文。论文写作过程中要求学生学会利用学术搜索工具查阅相关文献，读懂并总结英文论文的主要内容，最后用自己语言表述学术思想。范丽菲等全面阐述了本教学模式（范丽菲等，2016）。

4. 双语教学模式

为了使学生及时了解课程有关领域的前沿研究和最新发展，我们采用了双语（英汉双语）教学模式。建设“分子生物学国家级双语教学示范课程”的同时，开展了遗传学、生殖生物学课程的双语教学，并相继开展生物化学和细胞生物学部分内容的双语教学。课程讲授内容主要参考了 *Molecular Biology of the Cell*, *Genes IV*, *Essential Genetics*, *Biochemistry* 等英文原版教科书。

（三）强调综合研究性的实验教学改革与实践

通过构建“基础实验、研究型综合实验、个性化创新实验”等三个层次的实验教学体系，培养学生科研素质和创新能力。实验教学内容按循序渐进的原则，先基础后综合研究型实验，再提升到创新实验。以高水平科学研究促进高水平的实验教学为指导思想，将科研成果应用于实验

教学中，突出体现连续性、综合性、研究性的特点。某些实验内容与美国加州大学戴维斯分校相关内容接轨。

1. 优化基础性实验引入研究型内容

(1) 改革优化的基础课—遗传学实验具鲜明的特色和优势。把经典果蝇杂交实验整合后，新增了分子遗传学实验内容，即“苯硫脲尝味的遗传学调查”实验体系，内容由三部分组成。第一部分是经典孟德尔性状鉴别，用 PTC 尝味来鉴定共显性遗传的表型；第二部分是分子遗传学在 DNA 水平上直接鉴定 PTC 尝味的基因型；第三部分为综合前两部分的结果进行群体遗传学分析 PTC 基因频率；优秀学生还可以用比较基因组学的方法继续研究这个基因的起源和进化。实验体系的特色和优势是：用 PTC 尝味性状的遗传调查贯穿经典遗传、分子遗传、群体遗传、基因组学以及进化遗传学知识和技能的应用。这部分实验教学内容与美国加州大学戴维斯分校相关内容接轨；(2) 对微生物学实验课也进行了优化和整合，分为三个模块，模块 1：细菌、放线菌、酵母和霉菌的形态学观察；模块 2：微生物学实验基本技术训练包括显微技术、染色技术、微生物计数方法等；模块 3：P1 噬菌体制备及转导等微生物遗传内容；模块 4：微生物的分离、纯化及鉴定，即通过乳酸菌的分离鉴定掌握生理生化、免疫学和分子生物学检测手段。

2. 设立综合研究型实验培养学生科研素质

(1) 基因工程大实验课分上游、中游和下游三个部分组成，共 6 学分，其内容涵盖了过去基因工程大实验、发酵工程大实验和生物化学大实验，即从引物设计开始、经基因克隆、后期检测、选种、发酵、蛋白鉴定、纯化、酶活性测定等系统内容（莫日根，邢万金等，2014）。这项实验教学内容改革与美国加州大学戴维斯分校相关内容一致。通过该项实验训练，使学生能够独立从事基因克隆、发酵生产和其产物

鉴定等基因工程、发酵工程和生物化学相关领域的研究，提高综合运用能力，为高层次创新人才的培养打下坚实的基础；（2）植物细胞与基因工程大实验课有植物组织培养、原生质体融合、遗传转化到转基因植物的构建和后续检测等内容（林晓飞等，2015）。通过这项实验改革使学生全面掌握植物基因工程的基本方法和手段；（3）在“国家自然科学基金委基地条件建设项目”支持下，对发育生物学及相关实验课程进行整合，以羊、牛及特色植物等具鲜明地区特色的物种为试验对象，构建发育生物学综合性开放实验，使学生从形态发生、组织分化、细胞和分子四个水平上综合了解生物个体发育及其相关理论，掌握其实验技术，为学生进入科研阶段奠定良好的基础。（4）建设细胞工程大实验，引入 iRNA 干扰和细胞融合等内容。

3. 建立个性化创新实验培养学生独立工作能力

依托国家、自治区和学校创新项目的支持（年均约 40 项），约 65% 的学生（约 87% 的基地班学生）参与创新项目并从事科研活动。创新项目的实施包括立项、中期考核和结题等环节，每个环节都要经过答辩、评委质疑后，进行评价。在项目导师的指导下，学生在“草食家畜生殖生物学重点实验室”、“牧草与特色作物生物技术重点实验室”、“细胞分子调控重点实验室”以及本科创新实验室等实验平台上实施完成项目设计的研究内容。

（四）具鲜明的地区特色和优势的草原生物学野外综合实习

1. 草原生物学野外综合实习

“草原生物学野外综合实习基地”成为国家自然科学基金委授牌的首批开放性“国家级大学生野外综合实习基地”，前后得到“国家基础科学人才培养基金野外实践能力提高项目”的资助，经费 600 万元，学校配套经费 680 万元，建成自主管理的实习基地。

该实习基地由一条线路、六个基地和五个考察点组成，地跨四个盟市十多个旗县，以著名的锡林郭勒草原为中心，其东北面是大兴安岭西南部山地，南面是浑善达克沙地及燕山山地北部边缘地区，西南面是阴山山脉。该地区正好处于大兴安岭、阴山山脉和燕山山地交汇处，动植物区系具有相互渗透和过渡性特征，生物物种多样性极其丰富，珍稀动植物种类非常多，为生物学基地实践教学提供了得天独厚的天然实验室，具有鲜明的区域特色。该野外综合实习基地开展了具有鲜明地域特色的野外实习，建成内蒙古大学生物学综合实习基地网站，为生物学野外综合实习教学资源网上共享提供了平台。

2. 草原生物学野外综合实习具辐射作用

除完成生命科学学科本科学生的野外综合实训外，从 2007 年起，连续面向全国生物基地学校开放，已接待北京大学、清华大学、复旦大学、上海交通大学、南开大学、中国科技大学、北京师范大学、中国农业大学、武汉大学、四川大学、中山大学、兰州大学、云南大学、内蒙古民族大学等 40 所兄高校的 293 名师生在实习基地实习，起到了辐射作用。

四、教学成效

1. 赵莉获美国斯隆科学奖

生命科学学院 2006 届优秀本科毕业生赵莉博士获美国艾尔弗德·斯隆基金会 (The Alfred P. Sloan Foundation) 斯隆研究奖 (Sloan Research Fellowships)。斯隆研究奖自 1955 年设立以来，43 位斯隆研究奖得主后来获得诺贝尔奖；68 位后来获得美国国家科学奖章；16 位后来获得数学领域最高奖菲尔兹奖。

2. 本科毕业生发表 CNS 论文

在 2016-2017 年间，生命科学学院往届毕业生做出突破性研究成果。2012 届毕业生李佳智、黄旭东和周永刚，以第一作者身份（或并列第一

作者)发表了 Cell、Nat Biotech 和 Cell Immunity 论文; 2013 届本科生郭亚慧和李莉, 以第一作者身份在 Nature Medicine 和 Cell Stem Cell 发表论文。这些同学在内蒙古大学学习期间, 都曾主持国家级大学生创新项目, 得到了良好的科研训练。

3. 在校本科生创新能力明显提升

在成果实施期间, 本科生获批“国家级大学生创新创业训练计划项目”26 项, “自治区级大学生创新创业训练计划项目”11 项, “内蒙古大学本科生创新创业训练计划项目”190 项, 基地班学生 87%以上都参与了科研项目。2013-2017 年间, 本科生作为第一作者或主要作者发表学术论文 109 篇, 其中 6 篇发表在 Journal of Food Science 和 PLoS One 等 SCI 收录杂志上。获首届和第二届“全国大学生生命科学创新实验大赛”一、二、三等奖各 1 项; 第十一届“挑战杯”全国大学生科技作品竞赛三等奖 2 项, 第六届“挑战杯”全区大学生课外学术科技作品竞赛一等奖 2 项, 二等奖 2 项, 三等奖 2 项。“基地班”毕业生 373 人, 其中 266 人保送或考入北京大学、清华大学等 985、211 工程大学和中国科学院攻读硕士研究生, 升研率达 71.7%。

4. 教学研究成果突出

在成果实施期间, 团队共发表教学研究论文 18 篇。特别在科研型教学、科学史引导的教学、问题导向教学模式建立, 生物技术超大实验的建设和架构、遗传学教学内容架构和梳理, 科研训练与创新培养以及基地建设等方面, 坚持以科研推动教学的理念, 提出了独到见解。2013 年在福州会议上, 王潇等撰写的论文获最佳论文奖(王潇等, 2013); 莫日根等“本科生物技术综合性超大实验课程的架构与建设”的论文, 2015 年获《生物学杂志》2014 年年度优秀论文一等奖(莫日根等, 2014);

邢万金等的“生物学教学中研究型教学方法与内容的探索”（邢万金，莫日根等，2014）获内蒙古自治区优秀论文一等奖。

实验教学和教学（专业）研究项目多。实施国家基金委基础科学人才培养基金“内蒙古大学生物学基地—野外实践项目”2项（600万元），内蒙古大学生物学基地-条件建设项目1项（160万元）。内蒙古大学生命科学教学改革项目（50万元），内蒙古大学专业建设项目3项（生物学基地、生命科学与技术基地和生物工程）（135万）。内蒙古大学精品资源共享课程建设项目-遗传学（10万元）、内蒙古大学精品资源共享课程建设项目-基因工程（10万元）、内蒙古大学“发育生物学虚拟仿真实验建设项目”（10万元）。

5. 教材建设成效明显

在成果实施期间，王迎春教授等完成了《内蒙古常见动植物图鉴》、《生物学综合实习指导》、《生物学综合实习指导（修订版）》、《内蒙古常见植物图鉴》、《内蒙古常见动物图鉴》等5部生物学实习教材。

6. 举办“内蒙古大学杯”首届全国大学生生命科学创新实验大赛

2016年，莫日根等教授主持承办了“内蒙古大学杯”首届全国大学生生命科学创新实验大赛，并获得优异成绩。本大赛是由高等学校生物学类专业教学指导委员会、国家级实验教学示范中心联席会联合主办。大赛共吸引来自全国51所高校的85支项目团队参赛，参赛学生128人，参赛教师51人。莫日根教授和阿拉坦高勒教授指导的2支项目团队参赛，分别获得一等奖和三等奖，莫日根和阿拉坦高勒教授分别获得优秀指导教师奖一等奖和三等奖，内蒙古大学荣获优秀组织单位奖。同年，还举办了全国国家级实验教学示范中心联席会生物和食品学科研讨会。举办了“2017全国生物学野外实习骨干教师研讨会”，有上海交通大学邓子新院士等参加。

7. 加强实验条件建设增加创新实验室

大力提高创新实验的比例，整合学科优势与本科创新实验和研究，扩大相关实验室面积，更新仪器设备。（1）投入 300 万元建设 2 个本科创新实验室，为本科创新研究提供了保障。（2）用“西部高校综合能力提升”经费（720 万元）重点建设了生命科学基础实验室和综合研究型实验室。（3）建设了“国家级生命科学本科实验教学示范中心”网络教学平台，实现了数字化管理（<http://202.27.4.10/>），使其管理水平上了一个台阶。

五、大力引进人才提升师资队伍水平

近年来，从美国、英国、挪威和日本等国家引进了多名高层次人才（包斯琴、那顺布和（青千候选人）、王长山、戴雁峰、祁智、哈达、莫日根、范丽菲、贺喜白乙、佟彬、刘海静等），建设和充实了师资队伍，提升了队伍水平。

特别是，实施内蒙古大学“骏马计划”以来，吸引了不少海内外英才。目前在教学科研人员中，具有博士学位人员占 85%，有留学经历的约占 85%，教师视野开阔，了解所从事领域前沿热点的发展方向，有助于本科教学的国际化。目前实现了某些实验内容在创新教育理念上与国际的接轨。

六、成果的创新点

1. 创建并实践了生命科学创新人才的立体化培养模式。

成果以清晰明确的建设思路和目标，突出个性化培养，从专业培养方案修订入手，实践新教学模式，创新实验体系和实验内容，建立特色草原生物学野外综合实习基地，形成了立体化的培养模式。

2. 革新实验教学内容，强调综合性，推动实验教学的国际化。

构建了“基础实验、研究型综合实验、个性化创新实验”等三个层次的实验教学新体系。（1）遗传学基础实验引入“苯硫脲尝味的遗传学基础”综合内容，涵盖从“尝味能力”表型开始，到分子水平的基因型分析，再到群体遗传学水平的基因频率计算。（2）基因工程大实验（上、中、下，6学分），涵盖原来的基因工程、发酵工程和生物化学大实验，包括引物设计、基因克隆、后期检测、选种、发酵生产、蛋白鉴定、纯化、酶活性测定等系统内容。与美国加州大学戴维斯分校本科实验内容接轨，实现部分实验内容的国际化。

3. 建设有鲜明区域特色的草原生物学野外综合实习基地，示范辐射作用显著。

选择自然性、典型性明显的锡林郭勒草原建设了草原生物学野外实习基地。基地不仅包含了北方各类重要的生态系统，而且具有鲜明的区域特色，是开展草原生物学野外综合实习的理想场所。在国家基础科学人才培养基金项目的支持下，本“基地”已成为凸显我国北疆草原区域特色、教学资源丰富、师资水平一流、具有引领和示范作用的生物学野外实习共享基地。