

高等农业院校基因组学课程建设探索

李 阳 姚 文 宋 颂

(河南农业大学生命科学院 河南·郑州 450002)

摘要:基因组学诞生于20世纪末的人类基因组计划,内容涉及广泛。基因组测序与解读是基因组学的重要内容,对认识整个生命科学具有重要意义。随着测序技术的快速发展,基因组学在生物学研究领域的重要性日益凸显。为了使高等农业院校的学生及时接触生命科学研究的最前沿、培养生命科学研究的思维与创新能力,该文依据基因组学的课程特点,从教学内容和教学方法两个方面进行探讨和总结,为提高基因组学的教学质量、加强基因组学课程建设提供依据。

关键词:高等农业院校;基因组学;教学内容;教学方法;课程探索

中图分类号:G642.3 **文献标识码:**A **DOI:**10.16871/j.cnki.kjwh.2022.23.018

基因组学是用于概括涉及基因组作图、测序和分析整个基因组功能的遗传学学科分支。基因组学一词由Thomas Roderick于1986年首创,1987年用来命名一个学术刊物Genomics,至此标志着基因组学作为一个成熟的学科被创立^[1]。基因组学是一门综合性非常强的新兴学科,主要涉及生物信息学、遗传学、分子生物学、细胞生物学、进化生物学等学科。其中,生物信息技术是处理海量基因组数据的关键。随着高通量测序技术的快速发展,测序时间极大地缩短,加速了科研人员深入解析复杂生命现象的内在规律,进而大大推动了整个生命科学的发展。根据基因组学的研究内容、课程特点以及高等农业院校生物专业培养学生的要求,制定合适的教学内容和教学方式,激发学生的求知欲、培养学生科学的逻辑思维能力、扩展学生的知识体系,以期今后从事基因组学、生物信息学、分子生

物学等方面的研究打下基础。

1 基因组学的课程内容

原子弹爆炸、人类登月以及人类基因组计划被誉为20世纪科技发展史上的3大创举^[2]。基因组学缘起于20世纪末的人类基因组测序,至此整个生命科学研究都处于基因组的浪潮中,基因组学也成为一门朝气蓬勃的前沿学科。基因组学为生命科学的研究开辟了新的视角,以生命体全部的遗传密码(A、T/U、C、G)为切入点,解析生命体的遗传、生长发育、疾病、物质能量代谢等多种生命现象。美国密歇根州立大学Robert Vanburen团队对20年间(2001—2021年)全球陆地植物基因组测序进行了总结,并指出中国已成为基因组测序强国,所测陆地植物基因组数量位居全球第一^[3]。为此,非常有必要在高等农业院校生命专业中开设基因组

基金项目:2021年河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目“解析调控棉花纤维起始的关键lncRNAs及相关种质资源的创制”(编号:212102110243);2020年河南农业大学青年英才项目“多组学解析棉花纤维发育的遗传学基础”(编号:30500941)。

作者简介:李阳(1985—),女,农学博士,讲师,主要从事植物分子生物学和基因组学研究;姚文(1987—),男,本文通信作者,理学博士,副教授,主要从事生物信息学和基因组学研究;宋颂(1988—),女,理学博士,讲师,主要从事作物遗传学与分子生物学研究。

学课程。

结合河南农业大学(以下简称我校)生命科学方向本科生的培养目标,确定了课程内容、学时、开课学期等内容。课程名称为基因组学,开课时间为第三学年第二学期,总学时数为32个学时,开课专业为生物科学和生物技术。基因组学是一门要求学生具有较好遗传学、分子生物学、生物统计学、细胞生物学等基础的学科,因此开课时间安排在本科第三学年第二学期,有利于学生对课程内容的理解与掌握。课程内容主要涉及9个方面:①基因组学的概念及发展史;②基因组的测序及序列拼装;③基因组的构成;④叶绿体和线粒体基因组学;⑤基因组的转录;⑥基因组的表观遗传修饰;⑦基因组的进化;⑧单细胞基因组学和三维基因组学;⑨基因组相关数据库资源。

根据上述9个方面的课程内容,将基因组学的知识体系分为4大模块,即基因组的结构、基因组的功能分析、基因组的前沿研究、基因组的数据检索。4大模块之间相辅相成、不可或缺,内容由浅入深、层层递进。

1.1 基因组的结构

基因组的结构是基因组学的基础,也是基因组学的核心内容之一,因此这部分内容在教学课时和考核中所占比例最大。该模块共14个学时,占总学时的43.75%,主要讲授4部分内容:①基因组学的概念及其发展史;②基因组的测序及序列拼装;③基因组的构成;④叶绿体和线粒体基因组学。首先,引导学生理解什么是基因组及基因组学,了解基因组学到底研究哪些内容、基因组学的发展历程、基因组测序的历史与进展,以提高学生对本课程的认识、激发学生对本课程的兴趣。其次,向学生讲授基因组测序技术的主要内容及特点,基因组测序的策略,基因组拼接与组装的一般流程。最后,让学生掌握基因组的基本结构,蛋白质编码基因的特征,非编码基因的种类及特点、叶绿体和线粒体基因组学的研究历程及方法等知识。该模块内容为学生后续学习基因组学课程内容打下了理论基础。

1.2 基因组的功能分析

基因组学的另一个核心内容是功能分析。基因组测序的最终目的是解析基因的功能、基因间的互动关系、基因的调控网络,最终揭示复杂的生命现象。本模块从转录水平即RNA水平、DNA水平两个方面来揭示基因的表达调控网络。基因组的功能分析共8个学时,占总学时的25%,主要包括

基因组的转录(RNA水平)和基因组的表观遗传修饰(DNA水平)。通过该模块的课堂教学,引导学生了解并掌握转录组测序技术、基因转录水平分析的方法、转录调控、基因组的转录特征、基因组的表观遗传修饰、DNA甲基化及其测定方法、基因组印记等基础知识。

1.3 基因组的前沿研究

基因组学是当代生命科学研究领域的前沿科学,而进化基因组学、单细胞基因组学、三维基因组学又是目前基因组学研究的热门方向。本模块共6个学时,占总学时的18.75%,主要通过典型、有趣的案例向学生讲授怎样利用基因组数据研究生物的进化、单细胞基因组学与三维基因组学的基本内容及研究进展。例如,植物起源于水生单细胞绿藻,绿藻进一步进化出链形植物和轮藻,随后进化出苔藓植物、石松类植物、蕨类植物、裸子植物、基部被子植物和被子植物。再如,科学家们利用单细胞测序技术在斑马鱼和蛙早期胚胎发育中分别建立了基因表达动态图谱,以观察斑马鱼和蛙胚胎最终的形成过程,从而揭示斑马鱼和蛙的单个细胞在构建整个生命体的完整过程^[4-5]。随着生命科学研究的快速发展,科学家们意识到基因组不再是单一的线性模式,而是具有三维空间结构,这种空间结构在动物、植物的基本生物学过程中产生了重要的影响。通过对不同倍性棉花种质的基因组进行三维空间结构分析,发现在棉花多倍化过程中其染色体结构发生了改变^[6]。通过大量的案例讲解,让学生对之前所学的内容(即基因组的结构、基因组的功能分析)做到融会贯通,并引导学生积极思考、学以致用。

1.4 基因组的数据检索

随着测序技术的进步,产生了数以百亿计的基因组数据。为了方便科研人员尤其是无编程基础的科研人员使用这些数据,程序员开发了大量基因组数据库和一些专业数据库,如中国北京基因组研究所的生命与健康大数据中心(BIGD)、美国国家生物技术信息中心(NCBI)的基因银行、植物参考基因组数据库Phytozome、Ensembl Plants、PlantGDB、Gramene等。本模块内容偏向实际应用,是对前面知识的进阶及补充,共4个学时,重在向学生介绍目前主流数据库的种类、特征及使用等知识点,目的是让学生掌握常用基因组数据库的使用方法,以用为主。以期通过本模块的讲解,培养学生今后从事生

命科学研究时进行数据检索的基本技能。

2 基因组学的教学方式

作为一门新兴学科,基因组学课程内容涉及的领域十分广泛,这就要求具备扎实的生命科学理论知识。而且由于测序技术和研究方法的高速发展,需要时常对基因组学的教学内容进行更新,与时俱进。这就要求任课教师针对不同的教学内容调整教学方式,以激发学生的学习兴趣,使学生从被动学习转为主动学习,使基因组学不再成为一门枯燥、难懂的课程。

2.1 多媒体教学与板书教学相结合

随着时代的进步、教育水平的提高,传统板书教学在课堂教学中所占的时长逐渐下降,随之而来的是多媒体教学成为各大高校课堂教学的主要方式。多媒体教学具有诸多优点,例如利用图像、动画、视频等形式给学生展示关键、难懂的知识点,便于学生理解和掌握,从而提高学生的学习效率、激发学生的学习兴趣^[7]。然而,在基因组学的教学过程中,笔者发现多媒体教学虽然在课堂教学中具有不可取代的优势,但传统的板书教学也不可或缺。尤其在对知识点进行归纳总结的时候,光用PPT给学生讲解是不够的,学生不能集中注意力跟着教师的思路走。这时,板书就发挥了重要的作用。当教师在黑板上对课程知识点进行梳理、讲解时,能更好地引导学生集中注意力,使学生的思维紧紧跟着教师的思路走,从而提高课堂效率、增强与学生之间的互动。这就要求教师在备课时根据讲授的内容,不仅要制作内容丰富、逻辑清晰、图片优美的PPT,还要对板书的内容进行梳理、对字体进行规范,以提升基因组学的教学效果。

2.2 案例启发式教学的运用

案例启发式教学是一种新型教学模式,即通过具体的案例让学生加强对所学知识的深入理解。对没有接触过基因组学相关领域内容的本科生来说,大量生动、有趣的案例讲解无疑是激发学生对本课程产生兴趣的主要手段。例如,通过分析来自不同人种、不同地域的人类线粒体基因组、Y染色体以及基因组数据中的其他差异等,可以推测出现代人祖先的迁徙路线^[8]。通过分析乙醇脱氢酶、乙醛脱氢酶活性在中国地域的分布情况,可以解释为什么我国北方人酒量高于南方人、为什么蒙古族酒量高于汉族^[9]。指纹是手指末端指

腹上由凹凸的皮肤所形成的纹路,是一种重要的人类学特征。通过分析23 000个个体的指纹花纹,鉴定到43个与人类指纹花纹相关的遗传基因组,从而可以识别人类潜在的疾病风险^[10]。这些基因组学研究的前沿案例,一方面,向学生讲述了基因组学的主要研究内容及研究方法,使学生了解一个物种基因组的测序方法及后期数据的处理流程,为未来从事生命科学研究提供理论知识和研究思路。另一方面,让学生认识到通过基因组学的研究手段可以揭示生活中的常见现象,从而激发学生的求知欲,变被动学习为主动学习,以加深对基因组学课程的理解,更好地掌握课程内容。

2.3 课堂互动教学

互动教学是基因组学课堂教学中的重要环节。让学生参与课堂活动,对课堂氛围的营造十分重要。轻松、和谐、愉悦的课堂氛围,能让学生在基因组学教学过程中感受到学习的乐趣,还能加强师生之间的情感交流。在课堂上,教师利用知识点提问、案例讨论等形式,通过对话交流拉近与学生的距离,给学生营造一个良好的氛围,便于学生对课程重点、难点内容的理解与掌握。除了课上互动外,还应增加课下互动环节。基因组学课程内容涉及多种测序技术(基因组测序、转录组测序、甲基化测序等)、数据处理方法(R语言、Perl语言等)和实验方法(CRISPR、酵母双杂交、蛋白免疫印迹实验等)。对于毫无科研背景的本科生来说,有些新技术、新方法过于深奥,难以理解。那么,最好的解决方法就是参与老师的研究课题。通过组建基因组学的兴趣学习小组,让学生利用业余时间观摩实验流程或亲自动手进行实验操作,以实现基因组学课程理论与实践的有效结合。

3 结语

基因组学是当代生命科学探索的重要推手,内容涉及多个科研领域。随着测序技术和研究方法的高速发展,作为生命科学研究方面的重要课程,基因组学的知识体系需要不断、及时地更新与调整,突出重难点,让学生了解、掌握最新的理论知识和前瞻性的研究成果。此外,应将多种教学方式相互结合,通过调动学生学习的积极性,增加师生间的互动及情感交流,为学生提供理论联系实际的机会,让学生愉悦地融入教学过程,切实提高基因组学的教学质量。

参考文献

- [1] 樊龙江. 植物基因组学[M]. 北京:科学出版社,2019:4.
- [2] 杨焕明. 人类基因组计划奠定整个生命科学的基础[J]. 科学世界,2000(7):3.
- [3] MARKS R A, HOTALING S, FRANDSEN P B, et al. Representation and participation across 20 years of plant genome sequencing. *Nature Plants*, 2021, 7 (12):1571-1578.
- [4] WAGNER D E, WEINREB C, COLLINS Z M, et al. Single-cell mapping of gene expression landscapes and lineage in the zebrafish embryo[J]. *Science*, 2018, 360(6392):981-987.
- [5] BRIGGS J A, WEINREB C, WAGNER D E, et al. The dynamics of gene expression in vertebrate embryogenesis at single-cell resolution[J]. *Science*, 2018, 360(6392):5780.
- [6] WANG M, WANG P, LIN M, et al. Evolutionary dynamics of 3D genome architecture following polyploidization in cotton[J]. *Nature Plants*, 2018, 4(2):90-97.
- [7] 邓文翔. 浅析多媒体+板书教学对机电专业课程教学质量的影响[J]. 科技风, 2021(34):140-142.
- [8] OPPENHEIMER S. The real eve: modern man's journey out of Africa[M]. New York: Carroll & Graf, 2003:10-280.
- [9] CAO Y, LI L, XU M, et al. The ChinaMAP analytics of deep whole genome sequences in 10,588 individuals[J]. *Cell research*, 2020, 30(9):717-731.
- [10] LI J, GLOVER J D, ZHANG H, et al. Limb development genes underlie variation in human fingerprint patterns[J]. *Cell*, 2022, 185(1):95-112.

Exploration on the Construction of Genomics Courses in Agricultural Colleges and Universities

LI Yang, YAO Wen, SONG Song

Abstract: Born in the human genome project at the end of the 20th century, genomics covers a wide range of topics. As an important part of genomics, genome sequencing and interpretation is of great significance to understanding the entire life sciences. With the rapid development of sequencing technology, the importance of genomics in the field of biological research has become increasingly prominent. In order to make the students of agricultural colleges and universities contact the forefront of life science research in time and cultivate their thinking and innovation ability of life science research, according to the characteristics of genomics courses, the two aspects of teaching content and teaching methods are discussed and summarized, in order to provide the basis for improving the teaching quality of genomics, and strengthening the curriculum construction of genomics.

Key words: agricultural colleges and universities; genomics; teaching content; teaching methods; curriculum exploration

编辑:李金枝