

doi:10.11983/CBB25030

新农科视角下的农林院校生物信息专业 创新人才培养研究

王春阳*, 杨明, 张康, 刘玉卫, 巩晓东, 刘青, 王华玲, 魏世娟, 王荣纳*

河北农业大学生命科学学院, 河北农业大学林学院, 保定 071001

摘要 生物信息学作为应用面广的新兴交叉学科, 对于促进绿色农业发展具有重要意义。在新农科背景下, 农林院校生物信息专业创新人才培养面临新的挑战。基于新农科对生物信息专业的人才需求以及河北农业大学的实践探索, 提出 6 条具体可行的培养策略: 建设适合农林院校的生物信息专业课程体系; 整合全国农林院校生物信息教学资源以及建设全国虚拟教研室; 构建和实施项目驱动式教学体系和“以赛促学”的人才培养模式; 探索跨学科课程设计; 将人工智能大模型融入生物信息学专业教育; 建立与企业 and 研究机构合作的机制。随着教育政策和制度框架的不断优化和更新, 将培养出高质量的生物信息专业创新人才, 助力我国农业现代化建设和农业可持续发展。

关键词 生物信息, 新农科, 创新人才, 培养策略

随着各种高通量测序技术的不断发展, 获得海量的生物数据越来越容易, 如何整合不同维度的生物数据, 理解这些海量数据集并提取有意义的生物学见解成为亟待解决的问题, 生物信息学应运而生。生物信息学是一门综合了生物学、计算机科学、信息科学、数学和统计学等多个学科的交叉学科(Zhou et al., 2004; 刘艳等, 2022), 它对于处理和解释海量的生物数据起着至关重要的作用, 特别是在基因组学、系统生物学和群体遗传学等领域, 生物信息学已经成为推动科学发现和技术创新的关键力量。国家发展和改革委员会于 2022 年 5 月印发的《“十四五”生物经济发展规划》中提出“要培养壮大生物信息产业”。培养具有卓越创新能力的生物信息专业人才能够提升我国在全球生命科学领域的话语权和影响力, 这对于我国在该领域取得领先地位具有重大的战略意义。

在当前全球化与信息化融合的背景下, 传统农业正向着现代化、智能化和可持续化的方向发展, 这对农业人才的培养提出了新的要求和挑战。2022 年, 教育部等四部门在《关于加快新农科建设推进高等农林教育创新发展的意见》中明确提出“加快新农科建设, 推进高等农林教育创新发展, 更好地支撑服务农业强国建设”。该意见旨在推动农业科学与其它学科的交叉融合, 培养符合现代农业发展需要的复合型和创新型人才。这一倡议不仅有助于提升农业科技创新能力, 还能促进农业可持续发展和农业产业升级(林榕珊等, 2020)。

生物信息学作为一门综合性强、应用面广的新兴交叉学科, 对于推动农业产业升级、提高农业生产效率和促进绿色农业发展均具有重要意义(范丙友等, 2024)。随着全球气候变化和人口增长, 粮食安全受到严峻的挑战。现代农业的发展需求不断变化, 这为生物信息学提供了广阔的应用空间。例如, 生物信息学通过高通量测序和大数据技术, 能够加速对作物遗传资源的挖掘、解析作物基因型与环境之间的相互作用, 进而提高作物的抗病性、抗逆性和产量。在新农科的倡议下, 生物信息学与传统农业科学的交叉融合成为提高农业创新能力和竞争力的关键途径。新农科强调跨学科的融合与创新, 这要求生物信息学的教育和人才培养必须与时俱进, 不仅要掌握扎实的生物

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(No.241201414270547)、河北农业大学校级教学研究(No.202430, No.202441)、河北农业大学首批校级研究生教育教学改革研究和河北省省属高校基本科研业务费研究(No.KY2024039)

* 通讯作者。E-mail: shmwcyy@hebau.edu.cn; wangrongna007@163.com

信息学理论知识,还要具备跨学科的技能,以及与实际应用紧密结合的能力。然而,由于生物信息跨越了多个科学和学术领域,专业教育和培训面临着巨大的挑战。例如,如何识别基础的知识,如何紧跟计算和生物技术的快速发展(Mulder et al., 2023)。农林院校作为培养农业专业人才的重要基地,在构建生物信息创新人才培养体系时应多措并举,克服诸多挑战,注重培养学生的综合素质和创新能力,以适应未来农业科技的发展需求。

1 河北农业大学生物信息专业人才培养现状及存在问题

河北农业大学从 2008 年开始招收生物信息专业本科生,目前已达到每年 2 个行政班(共 60 人)的规模。2023 年,依托原有的生物学、园艺学和作物学一级学科博士学位授权点和计算机科学与技术一级学科硕士学位授权点,本校自主设置并获批生物信息交叉学科硕士点,并于 2024 年开始招生。该学科培养目标是紧密结合国家重大需求和农林院校特色,培养具备生命科学、农林科学与信息计算科学深度融合的复合型知识体系和敏锐的学科交叉创新思维的复合型人才。毕业生能够综合应用数学、计算机和统计学等技术,对海量的农林生物大数据进行采集、储存和分析处理,在分子水平上解析从基因型到农作物表型的信息传递规律(如作物抗病机制、大数据和人工智能辅助作物育种)。主干学科包括生物学和计算机科学与技术,主要专业课程见表 1。课程设置相对均衡,但目前尚无将前沿的深度学习或大语言模型与作物生物大数据相结合的课程。历经 10 多年的学科建设,本科生培养质量稳步提升,生物大数据分析和创新能力不断提高,在校生积极参加各项专业类学科竞赛,多名学生获得河北省“挑战杯”特等奖、中国国际“互联网+”创新创业大赛三等奖等奖项。近 3 年毕业生就业率除 2022 年为 88.5%外,2023 年和 2024 年均达到 92%以上,其中考研率达 43%以上(图 1)。多名学生考取中国科学院大学、中国农业大学、中国农业科学院、北京协和医学院、南开大学、厦门大学及日本金泽大学等国内外知名高校和科研院所的研究生。

表 1 河北农业大学生物信息专业主要专业课程

Table 1 Main courses of bioinformatics major at Hebei Agricultural University

专业基础课程	学时	学分	专业核心课程	学时	学分
分子生物学	80	5	生物信息学	64	4
生物化学	48	3	基因组学	32	2
遗传学	48	3	分子进化	32	2
植物学	48	3	生物大数据挖掘	48	3
Python 程序设计	64	4	R 语言编程	32	2
生物统计学	48	3	基因组学实验技术	32	1
算法与数据结构	40	2.5	UNIX/LINUX	48	3
数据库技术	32	2	生物数据库及软件应用	64	2

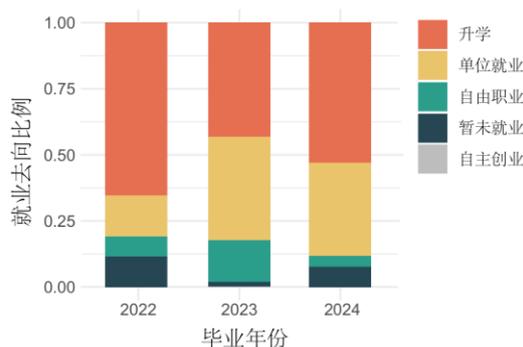


图 1 河北农业大学近 3 年生物信息专业毕业生就业去向

Figure 1 Employment destinations of bioinformatics graduates from Hebei Agricultural University in the past three years

作为新兴交叉学科,生物信息学人才培养在快速发展的同时,面临着学科属性、行业需求与教育模式之间的矛盾,特别是在农林院校这一应用场景下,人才培养存在一些短板。由于河北农业大学的生物信息专业人才培养主要以植物科学与计算机科学的交叉实践为核心,而目前使用的教材内容相对滞后,缺乏对植物科学前沿技术(如植物单细胞转录组学和表型组学)的覆盖。此外,拼盘式课程占比较大,缺乏生物学与计算机课程的深度整合,如缺乏整合群体遗传学原理与农艺性状关联分析的课程。实践教学与产业场景存在割裂,实验课多使用标准数据集(如拟南芥数据库),而真实的作物田间多组学数据未纳入教学,因此数据的真实性和实践意义不足。综上所述,为补足短板,需要系统全面地推进学科生态重整和人才体系重构,尤其强化植物科学底层问题驱动下的课程动态生成机制与产教数据贯通平台建设,构建新农科交叉人才培养的合理框架。

2 新农科背景下生物信息专业人才需求分析

2.1 新农科对生物信息专业人才的新要求

新农科的建设以现代农业发展需求为导向,推动传统农业学科与其它学科的深度交叉融合,旨在培养具有创新精神、实践能力和跨学科知识背景的新型农业人才。在新农科建设框架下,生物信息学作为交叉学科的核心,已成为破解种源“卡脖子”难题的关键支撑。首先,生物信息专业人才不仅需要掌握扎实的生物学理论知识,尤其在作物遗传育种、基因组学及群体遗传学等方面,还需要了解相关的计算技术和信息技术的应用。课程设置和教学内容要与时俱进,及时更新以适应新技术发展和行业需求。其次,生物信息专业人才需具备创新思维和能力,能够运用新思想、新技术解决实际问题,推动科学研究和生物技术的发展。例如,通过人工智能大数据分析,实现抗病基因和耐逆基因的智能识别与功能预测。最后,新农科强调生物信息专业人才的实践能力培养。通过具体的实习实践和项目研究等(如在教学中使用作物育种实践中的真实数据)以加强学生的实际操作能力和解决问题能力,使其能够将理论知识应用于实践中。整体而言,在新农科背景下,生物信息专业人才应全面提升综合素质,以适应现代农业的新发展和新要求。

2.2 新农科对生物信息专业人才的能力要求

随着生物信息学在新农科中的应用不断深入,对相关专业人才的需求也日益增长。生物信息专业人才的能力需求主要集中在 3 个方面。第一,数据分析能力。生物信息学领域的工作通常需要处理大量的生物数据(如作物自然群体或突变体群体的全基因组重测序数据、转录组数据),因此需要专业人员具备强大的数据分析能力,包括但不限于统计分析、机器学习等。第二,编程能力。编程是进行生物信息学研究的基础,相关专业人才需要有一定的编程能力,常用的生物信息学编程语言包括 Python、R 和 Perl 等(巩校东等, 2024),能够实现批量高效地对作物各种类型的组学数据进行处理。第三,农业生物知识背景。除计算机和编程技能,生物信息学工作者还需要有扎实的生物学知识,能够理解和解释生物数据,如作物数量性状位点、抗旱/抗盐表型的甲基化标记、核心种质资源和野生近缘种等在精准育种和植物资源保护中涉及的专业知识。生物信息学作为新农科建设的重要组成部分,其对专业人才技能的需求不仅体现在传统的计算机和编程技能上,还需要有扎实的生物学和农业相关知识以及跨学科综合能力。因此,新农科背景下的生物信息专业创新人才培养,应注重多方面能力培养,以实现构建“生物大数据分析-智能算法开发-育种应用转化”的完整链条。

3 生物信息专业创新人才培养体系的构建原则

3.1 知识、技能与素质并重的培养理念

为了适应现代农业的发展需求，生物信息专业教育不仅需要注重知识的传授，还需重视学生技能的培养和素质的提升。这种全面发展的培养理念要求教育体系能够平衡理论与实践、科学与产业等多方面因素，以期培养出具有创新能力和实践能力的卓越人才。首先，课程设置应涵盖生物信息学的基础理论，确保学生能够掌握该领域的核心知识。其次，通过实验室技能训练和校企合作等实践活动，强化学生的实际操作能力，使其能够将理论知识应用于解决实际问题中。此外，通过参与科技创新项目和学科竞赛，学生可以提升自己的创新思维和团队协作能力。因此，农林院校生物信息专业的创新人才培养体系应成为一个综合性的教育和实践平台，既要注重学生的知识结构建设，也要重视实践技能和综合素质的提升，这样才能适应新农科背景下的新要求和新挑战。

3.2 跨学科交叉融合的课程体系设计

在新农科理念的推动下，农林院校生物信息专业的教育改革正逐步推进，其中课程体系的重构与优化是关键一环。传统的生物信息学教育多集中于生物学、计算机科学等单一学科的知识传授，而忽视与其它学科的交叉融合。为了适应现代农业的发展需求，新农科背景下的生物信息专业教育倡导跨学科交叉融合的课程体系设计。该体系不仅涵盖生物信息学的基础理论和技术方法，还包括农业科学、生物技术等领域的知识，以及数据分析、统计软件应用等跨学科技能培养。具体实施方案包括开设生物信息学与植物学、动物学等农业科学课程的联合课程，设立计算机科学与生物信息学交叉的实验课程。此外，通过项目驱动的课程设计，让学生参与真实的研究项目，通过实践深化对跨学科知识的理解与应用。通过新的课程体系设计，旨在培养出既具备生物信息学专业知识和技能又掌握农业科学理论和技术的复合型、创新型人才，以满足新农科发展的人才需求。

3.3 创新实践与产业接轨的教学模式

传统的教育和培养模式已不能完全满足现代农业对生物信息专业人才的需求，尤其是在生物信息学与现代农业深度融合的背景下。因此，构建与产业接轨的创新实践教学模式是培养创新型人才的关键。这一教学模式强调理论与实践的紧密结合，旨在通过多样化的实践活动，如实验室技能训练、实习基地建设以及科技创新项目，来提升学生的生物信息技术水平和创新能力(张岩和顾悦, 2024)。科技创新项目与学科竞赛能够激励学生将理论应用于创新实践中，进而提升学生的创新思维和解决实际问题的能力。此外，这种教学模式还强调跨学科知识融合，通过跨学科课程设计和跨学科项目实践，提高学生的综合素质和跨领域解决问题的能力。创新实践与产业接轨的教学模式是培养农林院校生物信息专业卓越人才的重要策略，不仅提升学生的专业技能和实践能力，还能够激发学生的创新思维。

4 生物信息专业创新人才培养的实施策略

在新农科背景下，生物信息学专业人才的需求呈现多元化和跨学科的特点。现代农业的发展不仅要求生物信息学人才具备扎实的生物学和计算机科学基础，还强调数据分析、编程能力以及实际操作能力的整体提升。此外，创新思维、跨学科整合能力和对农业科学的理解也成为了新时代生物信息学人才的核心素质。然而，传统的教育模式难以满足这些需求。因此农林院校需要构建一套全面的创新人才培养模式，包括建设适合农林院校的生物信息专业课程体系，整合全国农林院校生物信息教学资源以及建设全国虚拟教研室，构建和实施项目驱动式教学体系以及“以赛促学”的人才培养模式，同时注重探索跨学科课程设计，将人工智能大模型融入生物信息专业教育，并积极推动建立高校与企业和研究机构的合作机制(图 2)，以期为生物信息学专业创新人才的培

养提供有力保障。



图2 生物信息专业创新型人才培养的实施策略

Figure 2 Evidence-based strategies for nurturing interdisciplinary innovators in bioinformatics education

4.1 建设适合农林院校的生物信息专业课程体系

在新农科视角下，农林院校的生物信息专业创新人才培养需要构建一个科学、系统并适应时代发展的课程体系。课程体系的构建是提升人才培养质量的重要环节(孙旭等, 2018)。新课程体系建设需逐步展开。首先，课程体系的构建需要紧密围绕新农科建设的要求，即强调学科交叉融合，注重现代信息技术与传统农林学科的结合。生物信息专业的课程体系构建应紧密结合生物科学、信息科学以及农业科学的最新发展方向，确保课程内容的前沿性和时代性。其次，课程体系的构建应充分考虑生物信息专业的特点和培养目标。例如，加强生物信息学的基础理论和技术方法的教学，包括生物信息学原理、基因组学、转录组学及分子进化等。同时，应重视生物信息学在现代农业中的应用，如作物基因编辑、遗传学、功能基因组学、农业大数据应用、作物表型组学，这些内容的融入有助于提高学生的行业适应能力和创新思维能力。此外，课程体系的构建应注重理论与实践相结合。加强实验课程、创新实践等实践性教学环节，通过实践活动使学生将理论知识应用于实际操作，提升解决实际问题的能力。例如，建立生物信息学实验室，配备先进的实验设备和软件，开设生物信息学数据分析、基因组学实验技术、植物数据库使用(如 TAIR、PlantCARE、SoyBase)等实验课程。有条件的学校还可开设生物信息学在特定生物科学领域的应用课程，如植物基因功能分析、作物分子育种。加强课程体系建设是农林院校生物信息专业创新人才培养的关键和基础。通过科学构建符合新农科建设要求的课程体系，不断更新和优化课程内容，有效提升生物信息专业学生的专业素养、创新能力和实践技能。

4.2 整合农林院校生物信息教学资源及建设全国虚拟教研室

为了加快构建高质量基础学科人才培养体系，教育部于2023年4月19日正式启动基础学科系列“101计划”，目的是建设一批核心课程，推动核心教材、核心师资和核心实践项目。目前生物信息学核心课程正在建设中，但尚无针对农林院校的生物信息学课程和教材的全国层面的规划设计。因此，基于“101计划”范式，结合农林院校的具体场景需求，制定《农林生物信息学核心课程建设标准》。整合全国农林院校生物信息教学资源 and 师资力量，编写适用于农林院校，尤其植

物科学领域的生物信息学教材,如《作物表型组学算法设计》《植物单细胞转录组学应用》《重要作物农艺性状全基因组关联分析》《农作物人工智能育种》。高质量的师资也是农林院校生物信息专业人才培养重要保障,因此可由师资力量雄厚的农林院校牵头建设全国虚拟教研室,基于真实的田间多组学数据,并适当进行模拟,构建符合农林院校生物信息专业本科教学需求的优质案例,再通过持续积累逐步建立高质量案例库,便于在更大范围内推广应用。定期进行教学交流和研讨,协同解决教学中遇到的痛点和难点问题。集多所农林院校之力,通过制定适用于农林院校的生物信息专业课程标准、整合离散教学资源和建设虚拟教研室,将有望填补农林生物信息学与通用生物信息学课程之间的结构性断层,为新农科人才培养提供范式参考。

4.3 构建和实施项目驱动式教学体系和“以赛促学”的人才培养模式

在新农科的教育理念指导下,传统的生物信息学人才培养模式正经历着重大转型。生物信息专业教师不仅要传授知识,还要引导学生进行实践创新,并提供更多的实践机会。项目驱动教学模式正是回应这一需求的重要手段。该模式的核心在于通过科研项目的设计与执行,激发学生的学习兴趣,培养其独立思考、团队合作、解决问题的能力(张力等, 2023)。在具体教学实践中,教师根据课程要求和行业需求,设计与实际应用密切结合的科研项目,使学生能在解决真实问题的过程中深入理解理论知识,并掌握数据分析技巧。项目驱动教学强调“做中学”,通过让学生参与具体的研究项目,可以激发学生的学习动力和研究兴趣,提升分析和解决实际问题的能力。在具体实施上,项目驱动教学要求教师具有理论与实践相结合的能力,不仅具备扎实的专业知识,还要有一定的项目管理和指导学生实践的技巧。同时,学生不应局限于理论学习,而是要将生物学实验操作和生物信息软件操作等实践技能纳入学习计划,通过实践加深对理论知识的理解和掌握。通过这种方式,可有效提高学生的综合能力,使其能够适应快速发展的生物信息学领域的需求,成为具有创新精神的高素质人才。总之,项目驱动教学的构建与实施是新农科背景下对生物信息学人才培养模式的重要创新,它不仅能够提高学生的实践技能和创新能力,还能为学科发展和产业进步培养出具有竞争力的人才。

传统的教学模式侧重理论知识的传授,而实践能力的培养相对薄弱,这在一定程度上限制了学生的创新思维培养和实践技能的提高。“以赛促学”的人才培养模式是通过组织学生参加各种科研竞赛、创新项目比赛等活动,激发学生的学习兴趣,锻炼其实践能力和创新思维(甘贽, 2024)。通过参加竞赛,学生能够接触到学科前沿的科研动态,增强其解决复杂问题的能力,同时也为其未来的学术或职业发展提供宝贵经验(陈前利等, 2024)。高校可以依托中国生物工程学会、中国植物学会和作物学会等组织,举办全国大学生作物生物信息算法竞赛(如以作物抗病基因预测挖掘、作物产量性状建模等真实科研课题为赛题),达到促进不同学校的学生相互学习交流的目的。具体而言,“以赛促学”的培养模式在生物信息专业人才培养中的应用表现在以下4个方面。第一,创新思维的培养。通过组织生物信息学项目设计和生物信息文献复现、生物大数据可视化等活动,激发学生的学习兴趣 and 科研兴趣,使其在解决具体问题的过程中培养创新思维。第二,知识更新。竞赛项目一般涉及前沿科研内容,通过参赛学生能够及时关注和掌握生物信息学前沿技术。第三,培养团队协作精神。参加竞赛需要团队协作,在增强学生的团队协作精神的同时,还能够提高其与同伴沟通协调的能力。第四,综合能力提升。学生在竞赛中不仅能够学到新的专业知识,还能够锻炼项目管理、数据分析、科研报告撰写等综合能力。“以赛促学”的人才培养模式为生物信息学专业人才不仅提供了一条提升实践和创新能力的有效路径,也为其未来更好地融入行业发展、贡献于科学研究提供了锻炼的机会。因此,该模式的应用对于培养符合时代需求的生物信息学人才具有重要的现实意义。

以“白菜 *NLR* 抗病基因挖掘与进化研究”项目(王春阳为第一指导教师)为例,详细阐述河北农业大学在“以赛促学”人才培养模式方面的探索。该项目从 2020 年 9 月开始启动,历时近 3 年,于 2023 年 6 月在“挑战杯”河北省大学生课外学术科技作品竞赛中获得特等奖。5 名生物信息专业本科生从大二起深度参与该项研究,贯穿其整个专业核心课程学习周期,实现了从课堂知识到科研产出的高效转化。项目从 17 个白菜基因组中挖掘 *NLR* 抗病基因,并对其在基因组上的分布、系统发生关系以及选择压力进行分析,研究结果为白菜抗病育种提供理论依据。在整个项目的推进过程中,学生在专业基础、科研实践和综合素质方面均有显著提高,并且实现了三者之间的互相促进(图 3)。在专业基础方面,学生对植物免疫、分子生物学和基因组学等专业核心课程有了深入的认识,能够将课本知识与实际问题相联系;在科研实践方面,通过白菜基因组的真实数据,深入认识植物基因组的特点和数据类型,并且能够灵活使用生物信息软件(如 Blast、hmmer-3.0、IQ-TREE 和 PAML), Python 脚本编写和使用 R 语言数据可视化,通过查阅 *NLR* 抗病基因的文献,掌握文献检索和文献阅读的能力;在综合素质方面,学生的自学能力、科研论文撰写和 PPT 制作能力均得到提高,在参赛阶段,学生的心理素质、语言表达和沟通能力均得到锻炼和提高。总体而言,依托竞赛项目,学生能够将课堂上学到的生物信息专业知识有机整合并高效应用于科研实践,同时提高了综合素质。



图 3 “以赛促学”人才培养模式实践

Figure 3 A practical exploration of talent development through “competition-promoted learning” model

4.4 探索跨学科课程设计

交叉学科的发展是产生新研究领域和培养创新人才的重要途径(张昕等, 2013)。跨学科课程设计有助于打破传统学科之间的界限, 拓宽学生的知识面和视野, 培养学生解决复杂实际问题的能力以及跨学科思维方式(胡善姣, 2024)。跨学科课程设在生物信息专业的发展及人才培养过程中扮演着至关重要的角色。生物信息专业跨学科课程内容整合需巧妙融合生物学、计算机科学、数学等多学科知识。例如, 在生物信息数据分析课程中, 可融入编程知识, 教授学生运用 Python 语言编写脚本实现对基因序列数据的读取、清洗与初步分析; 同时结合统计学知识, 讲解如何运用统计方法筛选差异表达基因、分析基因数据的相关性等; 再融入生物学知识, 让学生明白所分析的基因数据在生物体内的具体功能和生理意义, 如基因如何参与细胞代谢、信号传导等生命过程。在课程内容编排上, 可按照由浅入深、从基础到应用的逻辑顺序, 先让学生掌握各学科基础知识, 再通过案例分析、项目实践等方式引导他们将多学科知识综合运用, 逐步提升其跨学科知识融合与应用能力。

4.5 将人工智能大模型融入生物信息学专业教学

随着人工智能技术的飞速发展, 尤其是大语言模型和深度学习模型(如 DeepSeek、GPT、LLaMA)

的广泛应用，生物信息学教育面临着新的机遇和挑战。人工智能大模型在处理复杂、高维生物数据方面展现出巨大潜力，为生物信息学研究提供了强有力的工具。因此，将其引入生物信息专业教育，不仅为生物信息学教学带来新的技术手段和教学模式，还能培养学生运用前沿技术解决复杂生物问题的能力，顺应时代对复合型创新人才的需求(Kang et al., 2024)。将大模型模块化嵌入生物信息专业核心课程。例如，在基因组学课程中，介绍如何利用大模型进行植物基因组的结构和功能注释；在单细胞分析课程中，探讨如何利用深度学习模型进行细胞类型鉴定；在 Python 编程课中，指导学生使用 DeepSeek 辅助代码开发和算法优化等。此外，可增设人工智能大模型在生物信息应用的相关课程。例如，通过开设“人工智能与生物信息学”“生物大数据与大模型应用”等课程，系统介绍人工智能大模型的基本原理、在生物信息领域和农业领域的应用场景和实践操作方法。课程内容包括大模型的算法基础、生物数据预处理、模型训练与优化、结果解读与分析等，使学生全面了解大模型技术在生物信息学中的应用流程。人工智能大模型融入生物信息学专业教育是应对农业领域数字化转型的必然选择，通过课程设计和实践教学等多方面改革创新，可有效提升学生的跨学科素养和创新能力。

以“利用 AlphaFold 指导植物 NLR 抗病蛋白结构预测”为例，通过教学设计，阐明如何将人工智能与植物科学场景进行有机融合。该项目教学内容设计为 8 个学时(讲授 4 学时，上机实验 4 学时)。教学目标为理解 AlphaFold 的核心算法原理以及植物 NLR 抗病蛋白的生物功能和序列特征。学生能够独立部署 AlphaFold 环境并进行植物蛋白结构预测，学会使用 PyMOL 分析预测结构的功能位点。首先，使用 conda 进行 AlphaFold 本地部署。通过阅读文献，下载小麦基因组中抗多种真菌病害的非典型的 NLR 蛋白 WTN1 (Lu et al., 2025)。然后，使用 AlphaFold 预测 WTN1 蛋白的三维结构。接着对结果进行解读，如 pLDDT 置信度热图(阈值>90 为高置信区域)。最后，使用 PyMOL 对预测结果的 PDB 文件进行可视化以及保守结构域(CC 结构域、NBD I 结构域、NBD II 结构域和 LRR 结构域)的标注。设置作业为每个同学搜索文献，找到已知晶体结构的 NLR 抗病蛋白，用 AlphaFold 对其进行三维结构预测，再使用 RMSD 计算预测结果与晶体结构的一致性，最后撰写分析报告。新的课程设计构建了人工智能与植物免疫的深度交叉融合，通过真实抗病蛋白的预测实验，培养学生将前沿算法转化为农业实际生产力的创新能力，理解人工智能在作物科学领域的革命性推动作用与创新潜能。

4.6 建立高校与企业 and 研究机构合作机制

农林院校生物信息专业创新人才培养的重要一环是建立与企业 and 研究机构的合作机制(谢建明等, 2018)。在新农科建设的背景下，该合作机制不仅有助于加强理论与实践的结合，而且能够促进专业知识与行业需求的对接。首先，农林院校与企业 and 研究机构合作可为学生提供实习机会。例如，学生可以参与生物信息学在农业研究中的应用项目，通过分析农作物组学数据，提高自己的生物大数据处理能力和创新思维。其次，高校与企业 and 研究机构合作可为课程设置和教材编写提供实战案例和实际需求，使课程内容更具时代性和前瞻性。再次，高校与企业 and 研究机构的深入合作有助于建立校企合作的研发平台，学生和教师共同参与科研项目，推动创新成果的孵化。学生在这一过程中不仅提升了科研能力，还能通过解决实际问题增强创新实践的成就感和获得感。最后，建立与企业 and 研究机构的合作机制还能够加强产学研结合的深度和广度，促进科研成果转化。学生通过参与从实验设计、数据分析到成果转化全链条工作，能够全面提升其创新创业的综合能力。建立与企业 and 研究机构的合作机制是农林院校生物信息专业创新人才培养的关键环节。通过这种机制，可有效地将理论教学与实践应用相结合，提升学生的创新实践能力，为其未来的学术研究和职业发展提供有力支撑。

5 总结与展望

5.1 培养体系的特色与创新点

在当前新农科背景下,农林院校的生物信息学专业正面临着人才培养模式的重大改革。本研究旨在探讨如何在新农科框架下,重构生物信息专业的教育培养体系,以期培养出既具备深厚的专业知识,又有能力进行科学研究和技术创新的新型人才。该培养体系的特色在于理论与实践相结合的教学模式和跨学科的课程设置。该培养模式注重实践能力的培养,通过实验课程、企业实习、科研项目竞赛等方式,增强学生的实际操作能力和解决问题能力。通过该培养模式,旨在打造既懂技术又能创新的生物信息学人才,为新农科背景下的农林业科学研究提供强有力的人才支持。

5.2 未来发展方向

在新农科背景下,面对全球性的科技革命和产业变革,中国的农业科学教育正经历着前所未有的转型和升级,特别是在生物信息学这一新兴交叉学科领域。当前,生物信息专业的学生需要拥有跨学科的知识结构和实践技能,以适应快速发展的行业需求。行业的快速发展对未来专业人才的数据处理分析能力、算法开发能力以及创新思维能力都提出了更高的要求。新农科强调的是跨学科的综合性和创新性和实践性,这不仅要求学生掌握扎实的专业知识,还要求他们具备实际解决问题的能力 and 创新精神。高校生物信息专业的教师要整合和优化课程内容、革新教学方法、强化实践教学和优化评价机制。同时,还应鼓励激发学生主动学习和研究兴趣,通过参与实践活动、学科竞赛和科研项目,来提高学生的实际操作能力和综合素质。通过上述策略,期待会培养出一批既掌握理论知识又能解决实际问题的生物信息学卓越创新人才,为我国实现农业现代化贡献新的活力和创新动能。未来,随着生物信息学在农业领域的深入应用,相关的教育政策和制度框架也应相应更新,加强顶层设计(陈铭, 2024),以形成更加科学的人才培养体制机制,从而更好地服务于国家的现代化建设和全球农业可持续发展。

参考文献

- Chen M (2024). The development of bioinformatics discipline and talent cultivation mode in the era of artificial intelligence. *Frontiers* **16**, 21–27. (in Chinese)
陈铭 (2024). 人工智能时代生物信息学学科发展和人才培养模式研究. *人民论坛·学术前沿* **16**, 21–27.
- Chen QL, Liu RX, Tusiyiti ALMJ, Shao ZL (2024). The path to enhancing college students' practical innovation ability through academic competitions: a case study of the land resource management major at Xinjiang Agricultural University. *South-Central Agric Sci Technol* **45**, 220–222, 226. (in Chinese)
陈前利, 刘润香, 阿力木江·吐斯依提, 邵战林 (2024). 学科竞赛助力大学生实践创新能力提升路径——以新疆农业大学土地资源管理专业为例. *中南农业科技* **45**, 220–222, 226.
- Fan BY, Wang H, Hou XG (2024). Exploration of the reform of bioinformatics blended "golden course" under the background of new agricultural science construction and "mass entrepreneurship and innovation". *Henan Edu* **8**, 51–53. (in Chinese)
范丙友, 王辉, 侯小改 (2024). 新农科建设和“双创”背景下生物信息学课程混合式“金课”改革探索. *河南教育* **8**, 51–53.
- Gan Y (2024). Exploration of the "learning through competitions" teaching model in programming courses. *China Manag Inform* **27**, 213–216. (in Chinese)
甘贇 (2024). 程序设计课程“以赛促学”教学模式的探究. *中国管理信息化* **27**, 213–216.
- Gong XD, Gu SQ, Liu YW (2024). Application of Perl language in teaching undergraduate bioinformatics programme in a local agricultural college. *China J Multi Network Teach* **7**, 10–13. (in Chinese)

- 巩晓东, 谷守芹, 刘玉卫 (2024). Perl 语言在地方农业院校生物信息学本科专业教学中的应用. *中国多媒体与网络教学学报 (上旬刊)* **7**, 10–13.
- Hu SJ (2024). Constructing the institutional context of undergraduate interdisciplinary curriculum construction—based on the case study of A University. *Res High Edu Engin* **05**, 108–115. (in Chinese)
- 胡善姣 (2024). 构建本科跨学科课程建设的院校情境——基于 A 大学的案例研究. *高等工程教育研究* **05**, 108–115.
- Kang K, Yang Y, Wu Y, Luo R (2024). Integrating large language models in bioinformatics education for medical students: opportunities and challenges. *Ann Biomed Engin* **52**, 2311–2315.
- Lin RS, Wang B, Ding YQ, Zhang JJ (2020). Exploration and practice in innovative talent training mode of biological sciences under the background of new agricultural science. *Biol Teach Univ (Electronic Edition)* **10**, 30–34. (in Chinese)
- 林榕姗, 王冰, 丁延芹, 张建军 (2020). “新农科”背景下的生物科学类专业创新型人才培养模式研究. *高校生物学教学研究 (电子版)* **10**, 30–34.
- Liu Y, Wang HY, Tang KL, Xu Y, Qiao KY (2022). Investigation and suggestion on undergraduate curriculum system of bioinformatics. *Empir Res* **13**, 156–158. (in Chinese)
- 刘艳, 王海芸, 唐凯临, 徐越, 乔可盈 (2022). 生物信息本科专业课程体系建设的调研与建设方案. *实证调研* **13**, 156–158.
- Lu P, Zhang G, Li J, Gong Z, Wang G, Dong L, Zhang H, Guo G, Su M, Wang K, Wang Y, Zhu K, Wu Q, Chen Y, Li M, Huang B, Li B, Li W, Dong L, Hou Y, Cui X, Fu H, Qiu D, Yuan C, Li H, Zhou JM, Han GZ, Chen Y, Liu Z (2025). A wheat tandem kinase and NLR pair confers resistance to multiple fungal pathogens. *Science* **387**, 1418–1424.
- Mulder N, Schönbach C, Zheng Y, De Las Rivas J, Khan AM (2023). Grand challenges in bioinformatics education and training. *Nat Biotechnol* **41**, 1171–1174.
- National Development and Reform Commission (2022). The 14th five-year plan for the development of bioeconomy. 1850. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510_1324436.html?code=&state=123. 2024-02-21. (in Chinese)
- 国家发展改革委 (2022). “十四五”生物经济发展规划. 发改高技[2021]1850 号. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202205/t20220510_1324436.html?code=&state=123. 2024-02-21.
- Office of the Ministry of Education, Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Office of the National Forestry and Grassland Administration, Department of Comprehensive Affairs of the National Administration for Rural Revitalization (2022). Opinions on accelerating the construction of new agricultural sciences and promoting the innovative development of higher agricultural and forestry education. 1. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-12/08/content_5730657.htm. 2024-02-21. (in Chinese)
- 教育部办公厅, 农业农村部办公厅, 国家林业和草原局办公室, 国家乡村振兴局综合司 (2022). 加快新农科建设推进高等农林教育创新发展的意见. 教高厅[2022]1 号 https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-12/08/content_5730657.htm. 2024-02-21.
- Sun X, Tao X, Fan HH, Guo N, Cai YP (2018). Reform and practice of innovative talent training mode of biological sciences in agricultural and forestry colleges. *Edu Teach Forum* **20**, 138–139. (in Chinese)
- 孙旭, 陶晓, 樊洪泓, 郭宁, 蔡永萍 (2018). 农林院校生物类创新型人才培养模式的改革与实践. *教育教学论坛* **20**, 138–139.
- Xie JM, Sun X, Wang F (2018). Explore and implement the mode of talents training for bioinformatics by university-industry collaborative education. *Rev Sci Technol Edu Dev* **62**–68. (in Chinese)
- 谢建明, 孙啸, 汪丰 (2018). 校企协同培养生物信息技术卓越人才的探索和实践. *科教发展评*

论 62–68.

Zhang L, Liu XY, Zhang YX, Tian QF, Wang LX, Zhu CY, Feng HW, Liu HS (2023). Exploration of the project-based teaching model reform in bioinformatics courses. *J High Edu* **5**, 45–48. (in Chinese)

张力, 刘晓钰, 张雨溪, 田奇峰, 王廉馨, 朱春玉, 冯华炜, 刘宏生 (2023). 生物信息学课程项目式教学模式改革探索. *高教学刊* **5**, 45–48.

Zhang X, Wang H, Zhang CS, Ge HJ, Huang HY (2013). “Interdisciplinary training”: a curriculum to build students’ interdisciplinary research abilities. *Res Explo Lab* **32**, 321–323, 360. (in Chinese)

张昕, 王红, 张长水, 戈红江, 黄海燕 (2013). 设立“交叉项目综合训练”课, 培养学生交叉学科研究能力. *实验室研究与探索* **32**, 321–323, 360.

Zhang Y, Gu Y (2024). Practical teaching empowers the cultivation of top talents in bioinformatics. *J Med Inform* **45**, 95–98, 103. (in Chinese)

张岩, 顾悦 (2024). 实践教学赋能生物信息学拔尖人才培养. *医学信息学杂志* **45**, 95–98, 103.

Zhou J, Zhang B, Li G, Chen X, Li H, Xu X, Chen S, He W, Xu C, Liu L, Gao X (2024). An AI agent for fully automated multi-omic analyses. *Adv Sci* **11**, 1–15.

Research on Cultivating Innovative Talents in Bioinformatics Major at Agricultural and Forestry Universities from the Perspective of New Agricultural Science

Chunyang Wang*, Ming Yang, Kang Zhang, Yuwei Liu, Xiaodong Gong, Qing Liu, Hualing Wang, Shiwa Wei, Rongna Wang*

College of Life Sciences, College of Forestry, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China

Abstract Bioinformatics, as an emerging interdisciplinary field with a wide range of applications, plays a significant role in promoting the development of green agriculture. Against the backdrop of the New Agricultural Science, new challenges have been posed to the cultivation of innovative talents in the bioinformatics major of agricultural and forestry universities. Based on the talent demands for the bioinformatics major within the context of New Agricultural Science and the actual circumstances of Hebei Agricultural University, this paper proposes six specific and feasible talent nurturing schemes: building a curriculum system for the bioinformatics major that is suitable for agricultural and forestry universities, integrating bioinformatics teaching resources across agricultural and forestry universities nationwide and establish a nationwide virtual teaching and research platform, constructing and implementing a project-driven teaching system and a talent cultivation model that promotes learning through competition, exploring interdisciplinary curriculum design, integrating large language models into bioinformatics education, and establishing a cooperation mechanism with enterprises and research institutions. By further combining the continuous optimization and updating of educational policies and institutional frameworks, the aim is to cultivate high-quality innovative talents in bioinformatics, contributing to the modernization of agriculture in our country and the sustainable development of global agriculture.

Key words bioinformatics, New Agricultural Science, innovative talent, cultivation strategies

* Authors for correspondence. E-mail: shmwcy@hebau.edu.cn; wangrongna007@163.com