

宋燕平, 范祥祺, 王欣. 中国畜牧业高质量发展的技术优化[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(3): 87-95.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.03.010

中国畜牧业高质量发展的技术优化

宋燕平, 范祥祺, 王欣

安徽农业大学经济管理学院, 合肥 230036

摘要 分析梳理了当下我国畜牧业高质量发展过程中所面临的关键性技术瓶颈, 并借助2006—2019年畜牧业R&D投入与科技奖励成果进一步呈现了相应的研发现状与特征。研究发现, 畜牧业科技成果总量呈现平稳态势, 主要类型成果数量差异明显并具有阶段性波动特征, 高校和农业科学院等机构是畜牧业科技成果研发主体, R&D投入与其产值不匹配。基于畜牧业高质量发展中的科技瓶颈, 提出需从加大畜牧业研发投入力度、提升畜牧业绿色技术创新水平、促进畜牧业机械化和信息技术的联动发展、构建技术协同创新体系等4个方面助力推进畜牧业科技优化, 实现畜牧业高质量发展。

关键词 畜牧业; 高质量发展; 技术瓶颈; 技术创新

中图分类号 S8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)03-0087-09

畜牧业与种植业是我国农业的两大支柱之一, 是关系国计民生的重要产业, 在保障食品安全、满足消费升级、促进国民经济发展与提高农牧民收入等方面发挥重要作用^[1]。随着供给侧结构性改革的深入, 我国畜牧业综合生产能力明显增强, 2020年全国肉类、禽蛋、奶类总产量分别为7 748万、3 468万和3 530万t, 肉类、禽蛋产量继续保持世界首位, 奶类产量位居世界前列, 行业总产值突破4万亿元, 约占农业生产总值的29.2%^[2], 为满足人民日益增长的美好生活需要提供了有力的保障。但我国畜牧业仍存在基础设施不健全、科技水平低、保障体系不健全等不足, 导致发展质量和效益不高、风险抵御能力偏弱等问题^[3-4]。在这一背景下, 2020年国务院办公厅印发《关于促进畜牧业高质量发展的意见》, 提出推进畜牧业转型升级, 形成产出高效、产品安全、资源节约、环境友好、调控有效的高质量发展新格局。六畜兴旺是新时代乡村振兴的基础, 促进畜牧业提质增效, 实现高质量发展是乡村振兴的必然要求。

畜牧业要突破发展瓶颈, 解决深层次矛盾和问题, 根本出路在于提高科技创新能力^[3]。科技进步在优化资源配置、提升畜禽养殖效率、促进规模生产和污染减排等方面具有强劲的驱动作用, 实现畜牧业高质量发展, 科技创新的支撑引领必不可少^[5-6]。如

良种是畜牧业核心竞争力的重要体现, 对中国畜牧业发展的贡献率超过40%^[7]; 生物饲料技术能够有效提高饲料转化率、增强畜禽生产性能与免疫能力、降低养殖成本^[8-9]; 畜禽疫病智能诊疗技术的研发将有效提高畜禽养殖中的动物福利水平, 并降低畜牧养殖中因动物疫病与健康异常带来的经济损失与公共卫生安全风险^[10]; 畜禽疫苗的研发与大规模应用提高了畜牧业疫病防治能力。同时科技进步能够有效促进畜禽养殖废弃物资源化利用, 削减养殖过程中温室气体的排放^[11-12]。因此, 必须做好畜牧业发展布局, 重点解决畜牧业发展的关键和共性科学技术问题, 为畜牧业发展提供坚实支撑^[1]。

已有文献和案例从多方面阐释和证实了科技进步对畜牧业高质量发展的积极作用^[5-12], 为本研究提供了理论借鉴与实践参考, 但现有研究仍存在进一步拓展的空间。目前我国畜牧业科技整体发展的结构及趋势、研发情况等值得关注。准确把握畜牧业生产转型中所面临的瓶颈问题、科技进步现状, 探索技术优化路径, 是推进畜牧业高质量发展的必然要求。

本文对当下畜牧业发展中的瓶颈问题进行阐述, 从中分析出亟需技术优化的相关领域; 对现有科技成果加以梳理、归纳, 分析我国畜牧业科技发展现

收稿日期: 2022-01-18

基金项目: 安徽省人文社会科学重大项目(SK2020ZD12); 安徽省哲学社会科学重点项目(AHSKZ2020D03)

宋燕平, E-mail: syp@ahau.edu.cn

通信作者: 王欣, E-mail: wangx@stu.ahau.edu.cn

状和特征;基于上述分析,提出我国畜牧业高质量发展的技术优化策略。

1 畜牧业高质量发展的技术瓶颈

随着我国畜牧业的快速发展,科技支撑的作用也越来越强。国家依托各级科技计划,面向国家重大需求,针对畜牧业育种、疫病防治、废弃物资源化、禽畜装备等方面开展科技攻关,“十三五”期间,科技部畜禽专项研发投入达到16.65亿元^[1]。科技的进步使我国畜牧业取得了诸多成就,以育种为例,数据显示,2020年畜禽核心种源自给率较2015年提高15%(http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/22/content_5663947.htm)。但是,由于我国畜牧业科技中存在体制机制、技术创新能力、技术应用能力等不足,在发展中逐渐显现多方面的薄弱环节,主要表现在部分畜禽良种、饲料效率、疫病防治、废弃物处理、设施设备等方面。

1.1 部分畜禽育种核心竞争力不强

畜禽良种是畜牧业发展的核心要素。长期以来,我国畜禽种业实力不断增强,但总体处于分散、规模不大、育种效率较低的状态,目前主要畜种核心种源自给率为75%(http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/22/content_5663947.htm),部分优良品种核心种源依赖进口,种业科技创新水平与世界先进水平相比差距十分明显,畜禽良种安全仍面临严峻挑战。首先,自主创新能力不强。我国拥有比较丰富的遗传资源,有畜禽地方品种560多个,建立了199个国家级畜禽保种场、保护区、基因库,458个省级保种场(区、库)相衔接的良好的畜禽种质资源保护体系,2008年以来共培育了114个新品种和配套系(https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202009/t20200911_6351964.htm)。但是,不同类型的畜禽品种的优良种质资源开发存在结构性差异,奶牛种源自给率低至25%,肉牛、蛋鸡的种源自给率为70%,生猪、肉羊为90%,部分畜禽品种核心种源对外依赖仍处于较高水平^[4]。国家畜禽核心育种场发展水平参差不齐。其次,育种性状测定存在一定差异。生产性能测定主要以畜禽生长性状为主,缺少对肉品质及健康性状等的测定,测定的规模、自动化和智能化的程度不高,如我国种猪测定的比例约为发达国家的1/4(http://www.zys.moa.gov.cn/gzdt/202104/t20210429_6366962.htm)。再次,我国畜禽育种还未形成相互协作、育种材料交流、资源互

通共享的创新体系,企业创新主体的能力总体较弱,竞争力不强。企业与科研院所及相关单位建立的育种机制还不健全,技术分散、规模偏小。

1.2 饲料利用率低约束了养殖效率的提高

随着畜禽养殖成本逐年升高,畜牧业已成微利行业^[13]。以肉鸡养殖为例,据统计,2019—2020年肉鸡规模养殖平均百只净利润仅为506.35元^[2]。主要原因是我国畜禽养殖成本如仔畜、饲料、防疫、人工费等较高,而饲料费用约占总成本的60%~70%。与发达国家相比,畜禽养殖成本结构存在较大的优化空间,控制饲料费用是降低畜禽养殖成本最直接有效的措施^[14-16]。

在农业资源有限与畜产品需求不断增长的条件下,饲用玉米、豆粕价格上涨进一步增加了饲养成本,2021年前3季度配合饲料较2020年价格上涨13.5%^[17]。此外,相对较低的饲料转换率同样是导致成本居高不下的主要原因之一。已有研究指出,目前我国饲料转化率比发达国家低10%以上,饲料中平均蛋白质水平在18%左右,但实际利用效率只有50%左右^[18]。饲料利用率低下使得养殖成本居高不下,且过量的蛋白质形成氨氮随粪便排入环境造成污染,威胁人民健康。饲料中能量与蛋白质不平衡是导致我国饲料转化率不高、限制畜牧业提质增效的根本因素^[19]。新饲料产品创新和饲料替代资源开发严重不足。构建多元化饲料配方结构,推广智能化精准饲喂,不仅能够降低畜禽养殖饲料成本,缓解日益突出的“人畜争粮”问题,对生态环境保护同样具有重要的意义。

1.3 疫病防控体系具有脆弱性

畜禽疫病一直是畜牧业风险的主要来源,掣肘我国畜牧业的高质量发展。据统计,目前我国记录在案的动物疫病已超过250种,需优先防治和重点防范的动物疫病高达29种(http://www.gov.cn/gongbao/content/2012/content_2152427.htm),且病原复杂、流行范围广,发病规律、形式和特点越来越复杂。相关统计显示,我国每年因动物疫病造成的直接经济损失超过400亿元^[20],而近些年非洲猪瘟的肆虐则进一步扩大了这一损失。数据显示,2020年我国猪肉产量为4 113.3万t,较2018年产量下降了23.88%^[2]。

畜禽疫病的发生与流行阻碍了我国畜牧业转型升级,同时还对动物源性食品安全、人民健康以及生态环境造成严重危害。肉蛋奶是百姓“菜篮子”的重

要品种,作为肉蛋奶的主要来源,畜禽自身的健康安全直接关系到动物性食品的源头安全与消费者的健康。据世界卫生组织统计,70%的动物疫病可以传染给人类,75%的人类新发传染病来源于动物。畜禽疫病流行势必导致抗生素等兽药的大量使用,由此产生的兽药残留与抗药性直接影响着畜禽产品的质量安全,威胁消费者的健康。此外,抗生素等兽药的大量使用与病死畜禽的处理不当还会对生态环境造成严重的污染。

虽然我国在畜禽疫病防控方面取得较大成效,但由于我国畜禽疫病的复杂性与养殖规模、管理水平等方面的差异,畜禽养殖场(户)及基层实验室均面临着专业的疫病防控人员与智能化设施缺乏,主动开展动物疫病监测相对较少,快速诊断、检测动物疫病的技术手段不足,难以满足当前畜禽养殖疫病防治的实际需要^[1]。畜禽养殖场(户)仍主要通过免疫接种来预防疫病,疫病防控体系的现代化、信息化建设程度仍处于较低水平^[21]。

1.4 畜禽污染治理存在技术瓶颈

随着我国农业现代化的发展,农业污染排放总量逐年递减,但畜禽养殖污染排放量比重仍居高不下。农业农村部统计数据显示,2019年我国畜禽粪污产生量为30.5亿t(http://www.moa.gov.cn/nybgb/2021/202109/202112/t20211207_6384006.htm)。《第二次全国污染源普查公报》显示,我国畜禽养殖业排放的化学需氧量、氨氮、总氮、总磷分别为1 000.53万、11.09万、59.63万以及11.97万t,分别占农业污染源排放量的93.76%、51.30%、42.14%、56.46%,占全国排放总量的46.67%、11.51%、19.61%、37.95%。当下我国畜禽粪污综合利用率仅有75%左右,污染处理设施设备和技术相对匮乏使得部分畜禽粪污无法得到有效处理和利用。加上部分养殖区域因配套耕地的限制造成“种养分离”的局面,导致畜禽粪污无处排放,进一步加剧畜禽养殖污染,畜牧业已成为我国环境污染的主要来源之一^[22-23]。

目前,我国畜禽养殖污染防治中的技术瓶颈问题仍然没有完全解决。畜禽养殖废弃物处理与利用的成套技术少且技术研发与应用难以统一,针对某种养殖模式从源头减排到末端资源化利用的全循环技术的研究仍处于匮乏的状态^[24]。治理污染的设施投入资金量大且运行成本高导致诸多中小养殖场难以承担或运行。此外,粪污高效输送、全量收集、堆

肥过程中产生的臭气以及厌氧工程中沼气贮存和有效利用等仍是亟待解决的技术难点。

实施畜禽粪污无害化处理能够有效改善环境质量、降低相应畜禽的病死率和发病率,提高饲料转化率,提升畜禽养殖效益。加快畜禽粪污资源化利用先进技术及装备研发,积极推广全量收集利用畜禽粪污和全量机械化施用等经济环境效益较好的技术模式,不断消除粪污资源化利用过程中的技术障碍和降低成本是我国畜牧业高质量发展的有效途径。

1.5 畜禽养殖机械化水平低

当下我国畜牧业正加快向规模化、标准化养殖转型升级,迫切需要现代化畜牧业设施设备保障畜牧业生产效益^[25]。然而,我国畜禽养殖主体仍是中小规模养殖户,配套设施尚不完善,机械化总体水平不高,在不同区域、不同种类、不同环节上发展不平衡不充分的矛盾仍然突出^[26]。2020年《全国农业机械化发展统计公报》显示,我国畜禽养殖机械化程度为35.79%,现代化设施装备应用处于较低水平。在不同区域层面,我国部分区域养殖机械化程度水平较高,但在中西部欠发达地区,由于养殖基础条件差、规模化程度低,养殖机械化仍处于较低水平^[27-28]。在不同种类层面,以我国主要畜禽为例,目前生猪养殖机械化水平在30%左右,蛋鸡和肉鸡养殖的机械化水平在40%左右,奶牛养殖机械化水平总体超过60%,肉牛、水禽等机械化水平普遍低于30%(<http://www.amic.agri.cn/secondLevelPage/info/31/93646>)。在不同环节层面,以养殖机械化水平较高的奶牛行业为例,目前规模牧场实现了100%机械化挤奶、90%的配备全混合日粮制备机,但在废弃物回收处理环节同样处于相对较低水平,粪污收集机械化率仅40%。在畜禽养殖中,“无机可用”和“无好机用”的问题仍然存在,在线监测、智能诊断、防控决策等智能防控技术的应用率仍处于较低水平,与发达国家有很大差距,高端智能设备仍主要依赖进口,阻碍了我国畜牧业高质量发展。

此外,农村人口老龄化、劳动力转移、择业偏好等问题导致畜牧业从业人员减少,劳动力雇佣费用提高,提高畜禽养殖机械化率、加强先进设施设备的研发推广已迫在眉睫。《中国农村统计年鉴》数据显示,2020年全国百头生猪平均人工成本为363.4元,较2019年上涨19.5元,涨幅为5.67%;规模养殖人工成本为188.2元,而农户散养成本则高达538元,散养成本是规模养殖成本的2.86倍。这一结果表明机械

化差异下的人工成本是造成效益低下的重要因素之一,推进畜牧业集约化、规模化发展,提升养殖机械化程度是畜禽养殖效益的重要保障。

2 我国畜牧业科技进步现状

虽然我国畜牧业科技发展中存在技术瓶颈,部分领域竞争力还较弱,但是,我国畜牧业的科技发展对产业的支撑力度越来越大。数据显示,2020年我国畜牧业科技贡献率已达到66%(http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/22/content_663947.htm),科技进步正推动着我国畜牧业高质量发展。本研究以我国畜牧业科学技术奖励成果数量衡量科技进步水平,需要说明的是,文中所涉及的畜牧业科学技术奖励来自2006—2019年的我国各省级科学技术奖励与原农业部、科技部设立的神农中华农业科技奖,通过对科技成果的梳理、归纳,明晰当下畜牧业科技发展现状。起始年份选取2006年的原因在于神农中华农业科技奖设立于2006年,且当时我国农业已处于从增产向绿色发展导向转换之中^[29]。同时利用《中国科技统计年鉴》中2006—2019年我国畜牧业研发投入进一步分析我国畜牧业科技现状。

2.1 畜牧业科技成果数量及变化趋势

图1给出了中国畜牧业科技成果变化趋势。结果显示,我国畜牧业科技成果数量在部分年份存在一定的波动,但整体呈现相对平稳态势。经统计发现,2006—2019年我国畜牧业共获得科技进步奖励1 839项,年均畜牧业科技成果总量约为131项。2012年,畜牧业科技成果总量达到顶峰,共有142项,2010年、2013年成果数量最少,均为121项,且分别较2009、2012年呈较大幅度的下降。结果表明,经过十几年的发展,我国畜牧业科技成果呈平稳发展态势(图1),未获显著增长。

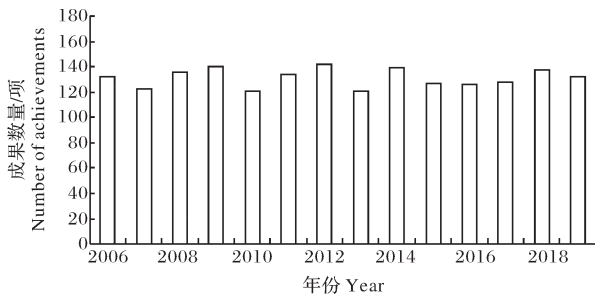


图1 2006—2019年中国畜牧业科技获奖成果变化

Fig.1 Change of scientific and technological achievements of animal husbandry in China from 2006 to 2019

2.2 主要类型科技成果数量差异明显

基于前文我国畜牧业高质量发展中技术瓶颈问题的分析,本研究对2006—2019年我国获得省部级奖励的畜牧业科技成果中良种选育、畜禽饲料、疫病防控、废弃物处理以及设施设备5个方面进行统计分析,依据获奖成果名称,挑选能够清晰判定类型的成果,部分综合型技术成果未归纳在其中。

统计结果(图2)显示,良种选育、畜禽饲料、疫病防控、废弃物处理以及设施设备技术成果分别为329、239、515、77、35项。其中,疫病防控类技术成果最为丰富,而设施设备类成果则较少。造成这一现象的原因可能在于,我国畜禽疫病的种类繁多且流行面积广,其始终是我国畜牧业高质量发展中的“阿喀琉斯之踵”,是我国畜牧业高质量发展无法回避的现实问题。科学有效防治畜禽疫病、解决畜禽养殖过程中的高死亡率一直是我国畜牧业科技创新的重点方向^[30]。而设施设备类成果较少的原因可能在于,目前我国畜牧业仍以中小规模养殖场(户)为主,规模化水平不高,机械化水平较低,养殖主体对先进的现代化设施设备的需求不足造成研发的相对薄弱。

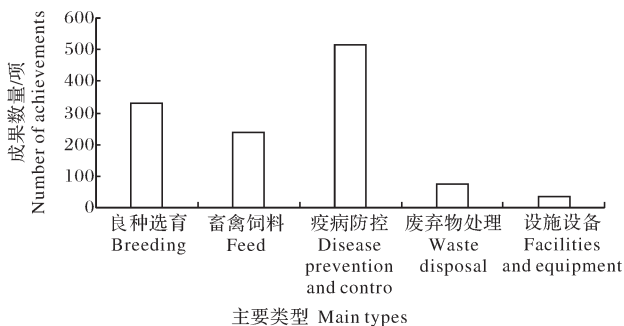


图2 获奖科技成果主要类型及数量

Fig.2 Main types of scientific and technological achievements

2.3 主要类型成果数量变化呈现阶段性

进一步对2006—2019年主要科技成果类型变动趋势进行展示(图3)。从良种选育成果来看,2006—2019年间我国畜禽良种选育主要分为2006—2009年、2010—2015年、2016—2019年3个阶段,在这3个阶段中,良种选育成果均由低到高逐步增长;从畜禽饲料成果来看,2006—2019年间我国畜禽饲料科技成果波动频繁,但历年成果数量仍处于一个相对较高水平,最低年份仍有12项成果;从疫病防控成果来看,2013年为我国畜禽疫病防控科技成果的一个分界点,在2013年之前,我国疫病防控科技成果呈现下

降趋势,2013年后,疫病防控科技成果呈现逐年上升的趋势,主要原因可能是2012年发布的中央一号文件提出“加快推进农业科技创新,要着力突破疫病防控的技术瓶颈”等。从废弃物处理成果来看,2014—2019年我国废弃物处理与利用科技成果较2006—2013年呈现较高的增长水平,这一变动趋势的原因可能在于我国对畜禽养殖污染防治的高度关注所导

致,如2013年11月11日颁布《畜禽规模养殖污染防治条例》,畜禽养殖污染防治监管自此有法可依。从设施设备成果来看,尽管相较于2011年前我国设施设备科技成果获得了一定的增长,但其仍表现出增长缓慢的态势,较低的规模化水平抑制了养殖户(场)对现代畜禽养殖设施设备需求,导致研发动力的不足。

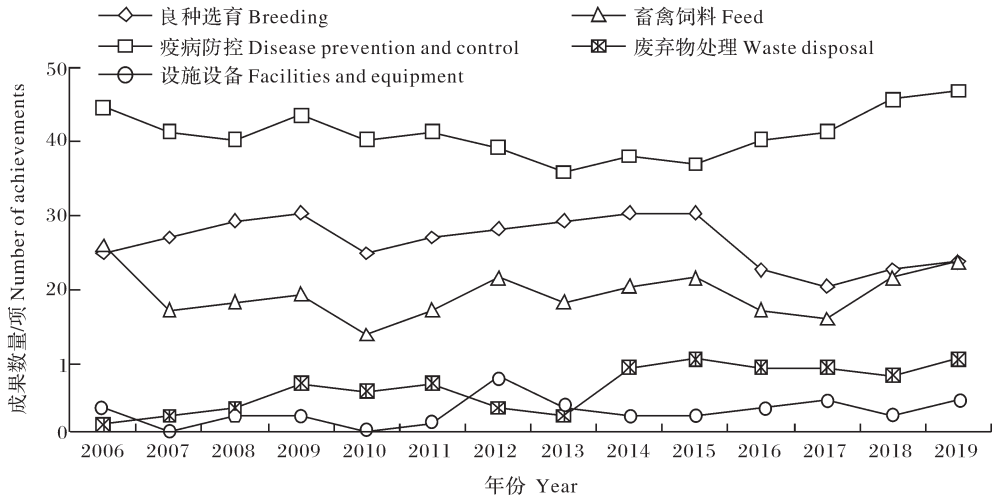


图3 主要类型成果的数量变化趋势

Fig.3 Change trend of main types of achievements

2.4 企业尚未成为研发主体

从2006—2019年畜牧业科技成果完成单位情况来看(图4),目前我国畜牧业科技进步研发主体仍以高校、农业科学院等机构为主。在1800余项科技成果中,以高校、农业科学院为第一完成单位的共有1757项,约占总量的95.54%;企业作为第一完成单位的仅占有4.56%左右。高校、农业科学院等机构参与研发的畜牧业科技成果共有1777项,除极少部分成果外,高校、农业科学院几乎参与了我国畜牧业所有的科技研发项目,原因之一是我国长期的科技投入体制是公共投入为主;企业参与研发的畜牧业

科技成果共有515项,约占总量的28%,其科技研发参与度仍处于较低水平。当下,农业企业作为农业技术投入的重要主体之一,其在技术创新和服务中理应发挥“领头羊”的作用,激发相关企业在畜牧业科技创新中的参与积极性是实现我国畜牧业高质量发展的必然选择。

2.5 畜牧业研发投入与产出不适配

图5展示了我国畜牧业研发人员全时当量情况,2015年为畜牧业研发人员全时当量的转折点,该年研发人员全时当量为3899人·年。2006—2015年间,畜牧业研发人员全时当量整体呈现较为稳定的上升趋势,自2015年起,畜牧业研发人员全时当量逐渐减下降。2006—2019年畜牧业研发人员全时当量占比未发生明显变动趋势,其占农业研发人员全时当量总量的平均比重约为7.4%。畜牧业产值占农业总产值比重则呈现波浪式下降趋势,其平均比重约为29.8%。图5结果清晰展现出在农业领域中畜牧业研发人员全时当量占比与产值占比之间存在显著的差异,畜牧业作为我国农业的重要支柱,在研发人员全时当量中其尚未获得与之相匹配的投入。

图6展现了我国畜牧业研发经费内部支出情况。

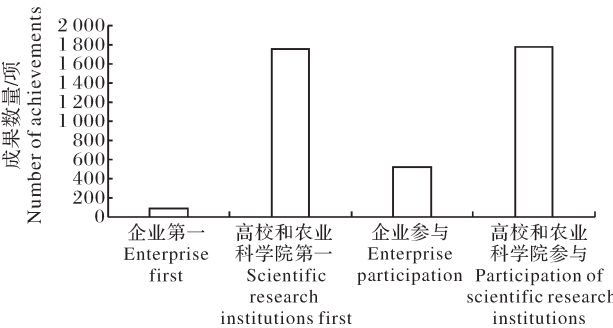


图4 科技成果完成单位情况

Fig.4 Scientific and technological achievements by departments

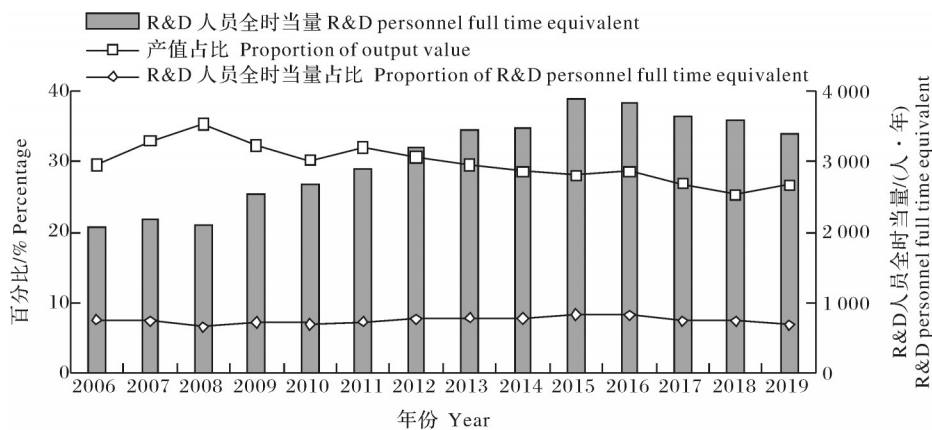


图5 研发人员全时当量

Fig.5 Full-time R&D personnel equivalent

从2006—2019年研发经费内部支出总量来看,我国畜牧业研发经费内部支出金额虽在部分年份中出现一定的波动,但其整体呈现明显的上升趋势。而2006—2019年畜牧业研发经费内部支出占比则呈现波浪式变动,其占农业研发经费内部支出的平均比

重约为7.5%,将其与图5中的畜牧业产值占比对比不难发现,畜牧业研发经费内部支出占比同样远低于其在农业中的产值占比。这一结果表明,目前,在我国研发经费支出中,畜牧业仍处于一个较低水平,与其产值比重不匹配。

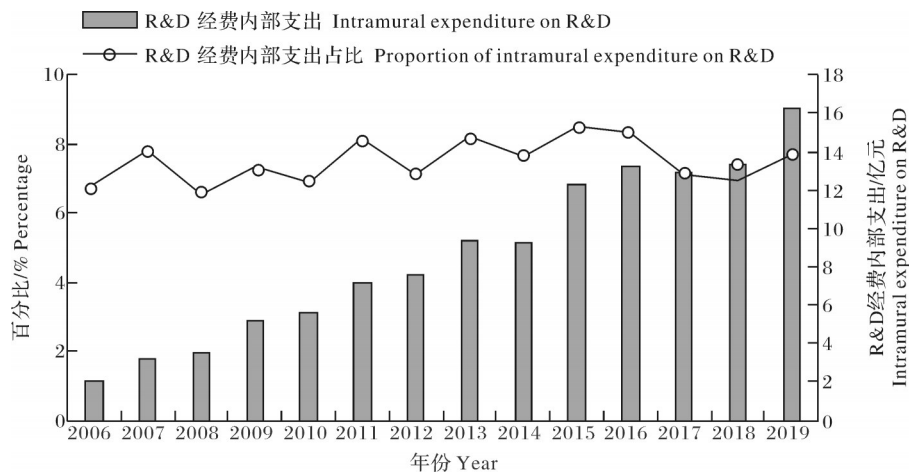


图6 研发经费内部支出

Fig.6 Intramural R&D expenditure

综上所述可以发现,当下我国畜牧业在研发投入方面仍存在不足,而畜牧业占农业产业比例已达到29.2%。所以,科技对畜牧业的持续支撑需要进一步提高。

3 促进我国畜牧业高质量发展的技术优化策略

3.1 增加畜牧业科技研发投入

我国畜牧科技投入的渠道窄、投入与产值的不适配制约了科技进步对畜牧业发展推动作用的发挥。畜牧业科技创新必须要有一个有力的创新投入支撑,在加大公共财政对畜牧业科技创新投入的基础上,应建立完善激励机制引导企业资金投入。应

加大对畜牧业科研支持力度,提高畜牧业科研投资强度,发挥财政科技投入对企业资金的引导作用,通过税收优惠、金融支持多途径引导,使其更多地流向畜牧业科技研发领域,扩宽投入渠道。其次,优化农业科研投入资金分配,提高农业科技创新效率,给予科研人员更大的经费使用自主权,激发科研人员从事畜牧业科技研究的积极性、创造性,鼓励培育更多的专业人才。

3.2 提升畜牧业绿色技术创新水平

绿色技术的研发与推广是促进畜牧业转型和高质量发展的根本动力,以绿色创新为核心,提高资源利用效率,减少污染,促进畜牧产业的安全、低碳发

展。首先要充分利用我国畜禽优良种质资源,加强国外优良品种和我国优良地方品种的种质资源的有效利用,拓宽优秀种质资源,要加强种源自给率低的畜禽品种的挖掘和培育。加强畜牧业绿色投入品的研发,包括绿色兽药、新型饲用益生菌和绿色新型功能饲料,发展高品质低蛋白日粮配制及多元化饲料配方技术,降低饲料中豆粕等蛋白原料用量,减少饲料中重金属、抗生素、生长激素等物质的添加量,减少畜禽废弃物中氮的含量。建立从畜禽疫病诊治到监测的防控体系,减少系统性风险。

结合优良品种开展健康养殖,加强规模化养殖过程的环境控制,减少温室气体和氨的排放。根据不同区域的资源情况和生产条件,研发推广种养结合、农牧循环、就近消纳、综合利用的养殖形式和畜禽粪污无害化、资源化利用的技术模式。

3.3 促进畜牧业机械化和信息技术的联动发展

目前我国畜牧业机械化成果较少,应用不足,因此,要大力提升畜牧业的机械化、信息化、智能化水平,加快推动信息化、智能化设施设备研发与应用进程,补齐养殖全过程机械化短板。制定主要畜禽品种规模化养殖设施装备配套技术规范,推进养殖工艺与设施装备的集成配套。强化中小规模养殖场集中处理畜禽养殖废弃物和资源化利用的技术应用,促进中小养殖场的标准化技术发展,提高资源利用效率,减少污染。在积极引导大中型养殖场机械化的基础上,引入互联网、大数据和人工智能等新技术,推进畜禽养殖智能化。

建立不同层次的信息平台和智慧平台,实现信息互联互通与查询以及关键数据的共享。推进生产、畜禽疫病防控、监测监管一体化。推动育种、养殖、流通、快速监测、屠宰、加工、养殖废弃物资源化利用等数据的互联互通,实现畜禽监测监管一体化闭环管理和信息资源的有效整合,构建全过程的智慧监测和管理平台。

3.4 构建技术协同创新体系

畜牧业的高质量发展是全产业链、技术链和价值链的协同发展。在畜牧业科技供给与需求不适应、成果转化和推广不充分的现实情况下^[31-32],需构建科研教学机构与畜牧企业之间的联合机制,强化畜牧企业的创新主体地位,建立以畜牧企业为核心的产学研协同创新体系,引导优势资源和技术力量的整合与推进。通过产学研紧密结合,使信息沟通顺畅,技术供给适配需求,促进科技成果转化和推

广,解决畜牧业技术发展中存在的问题,加速散养户的转型升级。从畜牧业的良种研发、养殖防疫、加工技术等全程对畜禽质量进行控制,开展全产业链技术研究与配套,适应规模化、标准化生产和市场的要求,提高畜牧产品竞争力。建立创新平台,加强畜牧业产业共性技术和区域畜禽技术的研发,促进主导产业和特色产业的发展。同时,不断发展畜禽产业的新业态,促进要素聚集和产业形成集群,形成以畜禽企业为创新主体的技术创新和产业创新的多种模式,促进创新链、产业链和价值链的有效衔接和融合,提高畜禽产业的创新能力和整体效能。

参考文献 References

- [1] 孙康泰,王小龙,张建民,等.“十三五”国家重点研发计划中的畜牧兽医科技布局与评述[J].畜牧兽医学报,2020,51(1):198-204. SUN K T, WANG X L, ZHANG J M, et al. The distribution and review of national key research and development program in animal husbandry and veterinary medicine field during the 13th Five-Year period[J]. Acta veterinaria et zootechnica sinica, 2020, 51(1): 198-204 (in Chinese with English abstract).
- [2] 国家统计局. 中国农村统计年鉴 2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021. National Bureau of Statistics. China rural statistical yearbook of 2021 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2021 (in Chinese).
- [3] 于法稳,黄鑫,王广梁. 畜牧业高质量发展:理论阐释与实现路径[J]. 中国农村经济, 2021(4): 85-99. YU F W, HUANG X, WANG G L. High-quality development of animal husbandry: theoretical interpretation and realization path [J]. Chinese rural economy, 2021(4): 85-99 (in Chinese with English abstract).
- [4] 熊学振,杨春,马晓萍. 我国畜牧业发展现状与高质量发展策略选择[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(3): 1-10. XIONG X Z, YANG C, MA X P. Situation of China's animal husbandry development and high-quality development strategy selection [J]. Journal of agricultural science and technology, 2022, 24(3): 1-10 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李金祥. 我国畜禽产品质量安全对供给侧改革的需求分析与行动策略[J]. 农产品质量与安全, 2017(1): 3-8. LI J X. Demands analysis and strategies on livestock and poultry product quality and safety in context of China's supply-side reform [J]. Quality and safety of agro-products, 2017(1): 3-8 (in Chinese with English abstract).
- [6] 程士国,普友少,朱冬青. 农业高质量发展内生动力研究——基于技术进步、制度变迁与经济绩效互动关系视角[J]. 软科学, 2020, 34(1): 19-24. CHENG S G, PU Y S, ZHU D Q. Research on endogenous power of high quality development of agriculture: view of interactive relationship between institutional change, technological progress and economic performance [J]. Soft science, 2020, 34(1): 19-24 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王启贵,王海威,郭宗义,等. 加强畜禽遗传资源保护推动我国畜牧种业发展[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(2): 174-179. WANG Q G, WANG H W, GONG Z Y, et al. Strengthening

- protection of livestock and poultry genetic resources, promoting development of animal breed industry in China[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(2): 174-179 (in Chinese with English abstract).
- [8] 乔艳明, 杨茉莉, 陈文强, 等. 多菌种复合发酵饲料对杜长大育肥猪生产性能的影响[J]. 家畜生态学报, 2016, 37(1): 31-36. QIAO Y M, YANG M L, CHEN W Q, et al. Effect of combination fermentation feed with various bacteria on the performances of DLY growing-finishing pig [J]. Journal of domestic animal ecology, 2016, 37(1): 31-36 (in Chinese with English abstract).
- [9] 邓雪娟, 于继英, 刘晶晶, 等. 我国生物发酵饲料研究与应用进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(5): 1981-1989. DENG X J, YU J Y, LIU J J, et al. Research and application progress of biological fermented feed in China [J]. Chinese journal of animal nutrition, 2019, 31(5): 1981-1989 (in Chinese with English abstract).
- [10] 李奇峰, 李嘉位, 马为红, 等. 畜禽养殖疾病诊断智能传感技术研究进展[J]. 中国农业科学, 2021, 54(11): 2445-2463. LI Q F, LI J W, MA W H, et al. Research progress of intelligent sensing technology for diagnosis of livestock and poultry diseases [J]. Scientia agricultura sinica, 2021, 54(11): 2445-2463 (in Chinese with English abstract).
- [11] 陈秋红, 张宽. 新中国70年畜禽养殖废弃物资源化利用演进[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(6): 166-176. CHEN Q H, ZHANG K. The evolution of resource utilization of livestock and poultry breeding waste in the past 70 years since the founding of P. R. China [J]. China population, resources and environment, 2020, 30(6): 166-176 (in Chinese with English abstract).
- [12] 周晶, 青平, 颜廷武. 技术进步、生产方式转型与中国生猪养殖温室气体减排[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(4): 38-45, 167. ZHOU J, QING P, YAN T W. Technology progress, production intensification and greenhouse gas emission reduction in China's pig breeding [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (social sciences edition), 2018(4): 38-45, 167 (in Chinese with English abstract).
- [13] 盛瑜, 周虹好, 史伯春, 等. 畜禽养殖污染防治工作存在的问题及对策分析[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(6): 68-70, 80. SHENG Y, ZHOU H S, SHI B C, et al. Analysis on the problems and countermeasures of the pollution prevention and control work of the livestock and poultry [J]. Chinese journal of animal science, 2016, 52(6): 68-70, 80 (in Chinese with English abstract).
- [14] 康海琪, 肖海峰. 中外肉羊养殖成本收益比较及影响因素分析[J]. 农业展望, 2018, 14(12): 70-77. KANG Q H, XIAO H F. Cost-benefit comparison of mutton sheep breeding in China and foreign countries and its relative influencing factors [J]. Agricultural outlook, 2018, 14(12): 70-77 (in Chinese with English abstract).
- [15] XIAO H B, WANG J M, OXLEY L, et al. The evolution of hog production and potential sources for future growth in China [J]. Food policy, 2012, 37(4): 366-377.
- [16] 李文瑛, 肖小勇. 价格波动背景下生猪养殖决策行为影响因素研究——基于前景理论的视角[J]. 农业现代化研究, 2017, 38(3): 484-492. LI W Y, XIAO X Y. Study on the influencing factors of decision-making behaviors in hog breeding industry with price volatility by the prospect theory [J]. Research of agricultural modernization, 2017, 38(3): 484-492 (in Chinese with English abstract).
- [17] 朱爱孔, 农雄机, 何芳, 等. 乡村振兴背景下饲料产业绿色转型助推畜牧业高质量发展[J]. 广东饲料, 2021, 30(11): 12-16. ZHU A K, NONG X J, HE F, et al. Under the background of rural revitalization, green transformation of feed industry promotes high-quality development of animal husbandry [J]. Guangdong feed, 2021, 30(11): 12-16 (in Chinese with English abstract).
- [18] 谯仕彦. 推进饲料粮减量替代[N]. 经济日报, 2021-11-16(3). QIAO S Y. Promote the substitution of feed grain reduction [N]. Economic daily, 2021-11-16(3) (in Chinese).
- [19] 张吉鹏, 谢金防, 黄光明, 等. 立草为业发展草食家畜实现农业可持续发展[J]. 江西农业学报, 2007(3): 82-85. ZHANG J K, XIE J F, HUANG G M, et al. Developing grass and ruminant industry to realize sustainable agriculture [J]. Acta agriculturae Jiangxi, 2007(3): 82-85 (in Chinese with English abstract).
- [20] 万强. 当前动物疫病防治形势与对策[J]. 中国动物检疫, 2013, 30(8): 1-3, 13. WAN Q. Current situation and countermeasures of animal epidemic prevention and control [J]. China animal health inspection, 2013, 30(8): 1-3, 13 (in Chinese with English abstract).
- [21] 路剑, 孟君丽, 邵红岭, 等. 养殖场(户)接受防疫服务意愿的影响因素分析——基于河北省生猪养殖调研[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(2): 21-24. LU J, MENG J L, SHAO H L, et al. Analysis on influencing factors of farmers' willingness to receive epidemic prevention services: based on the investigation of pig breeding in Hebei Province [J]. Heilongjiang animal science and veterinary, 2019(2): 21-24 (in Chinese with English abstract).
- [22] 孙良媛, 刘涛, 张乐. 中国规模化畜禽养殖的现状及其对生态环境的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2016, 15(2): 23-30. SUN L Y, LIU T, ZHANG L. The pollution of scale livestock and poultry breeding and its influence on eco-environment [J]. Journal of South China Agricultural University (social science edition), 2016, 15(2): 23-30 (in Chinese with English abstract).
- [23] GAO C, ZHANG T L. Eutrophication in a Chinese context: understanding various physical and socio-economic aspects [J]. Ambio, 2010, 39: 385-393.
- [24] 李红娜, 吴华山, 耿兵, 等. 我国畜禽养殖污染防治瓶颈问题及对策建议[J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(2): 167-172. LI H N, WU H S, GENG B, et al. The bottleneck and countermeasures in the pollution control of livestock and poultry breeding in China [J]. Journal of environmental engineering technology, 2020, 10(2): 167-172 (in Chinese with English abstract).
- [25] TOMASZ A H, CZEKAJ G, FORKMAN B, et al. The relationship between animal welfare and economic performance at farm level: a quantitative study of danish pig producers [J]. Journal of agricultural economics, 2018, 69(1): 142-162.
- [26] 杨飞云, 曾雅琼, 冯泽猛, 等. 畜禽养殖环境调控与智能养殖装备技术研究进展[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(2): 163-173. YANG F Y, ZENG Y Q, FENG Z M, et al. Research status on environmental control technologies and intelligent equipment for livestock and poultry production [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(2): 163-173 (in Chinese with English abstract).
- [27] 李宁. 畜禽粪污处理模式国内外研究综述[J]. 现代畜牧兽医, 2018(5): 50-54. LI N. Research review on treatment mode of live-

- stock and poultry manure[J]. Modern journal of animal husbandry and veterinary medicine, 2018 (5): 50-54 (in Chinese with English abstract).
- [28] 张中锋, 石林雄, 闫典明, 等. 甘肃省小型养殖场畜禽粪污机械化清理现状与对策建议[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(6): 56-63. ZHANG Z F, SHI L X, YAN D M, et al. Current situation and countermeasures of mechanized cleaning of livestock and poultry waste in small farms in Gansu Province [J]. Journal of Chinese agricultural mechanization, 2020, 41(6): 56-63 (in Chinese with English abstract).
- [29] 叶兴庆. 以绿色托举中国农业[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2019(3): 5-8. YE X Q. To promote Chinese agriculture based on the green development[J]. Journal of China Agricultural University (social sciences edition), 2019(3): 5-8 (in Chinese with English abstract).
- [30] 常帅, 刘嘉, 叶静, 等. 新发展理念视阈下的我国畜禽疫病防控[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(2): 145-151. CHANG S, LIU J, YE J, et al. Study on prevention and control of animal infectious diseases in China from perspective of new development vision [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(2): 145-151 (in Chinese with English abstract).
- [31] 宋良媛, 杜富林. 科技创新驱动草原畜牧业现代化[J]. 科学管理研究, 2020, 38(2): 109-116. SONG L Y, DU F L. Scientific and technological innovation drives the modernization of grassland animal husbandry [J]. Scientific management research, 2020, 38(2): 109-116 (in Chinese with English abstract).
- [32] 王明利, 王济民, 申秋红. 畜牧业增长方式转变: 现状评价与实现对策[J]. 农业经济问题, 2007(8): 49-54, 111. WANG M L, WANG J M, SHEN Q H. Transformation of growth pattern in husbandry: present appraisals and practical countermeasures [J]. Issues in agricultural economy, 2007(8): 49-54, 111 (in Chinese with English abstract).

Optimizing technologies for developing animal husbandry in China with high-quality

SONG Yanping, FAN Xiangqi, WANG Xin

College of Economic and Management, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

Abstract Technological optimization is the driving force and support to promote the transformation and upgrading of animal husbandry and realize the development of animal husbandry in China with high-quality. This article uses qualitative analyses to sort out the key bottlenecks of technologies faced by the development of animal husbandry in China with high-quality. With the help of R & D investment and achievements of scientific and technological award in animal husbandry in China from 2006 to 2019, the corresponding status and characteristics of research and development are further presented. The results showed that the total amount of scientific and technological achievements in animal husbandry was stable. The number of main types of achievements varied significantly and fluctuated periodically. Institutions including universities and academies of agricultural sciences are the main R & D subjects of scientific and technological achievements in animal husbandry. The R & D investment did not match its value of output. Based on the bottlenecks of science and technologies for developing the animal husbandry with high-quality, four aspects including increasing R & D investment, improving the innovation level of green technologies, promoting the linked development of mechanization and information technology, constructing a collaborative innovation system of technologies in animal husbandry are proposed to help promote the optimization of science and technologies in animal husbandry and achieve the development of animal husbandry with high-quality.

Keywords animal husbandry; development with high-quality; bottlenecks of technology; technological innovation

(责任编辑: 陆文昌、张志钰)