

武佳乐, 黄雅屏. 肉牛养殖低碳发展策略与实现路径[J]. 山西农业科学, 2025, 53(6): 87-93.

WU J L, HUANG Y P. Research on low-carbon development strategies and implementation paths for beef cattle farming[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(6): 87-93.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2025.06.11

肉牛养殖低碳发展策略与实现路径

武佳乐, 黄雅屏

(河海大学法学院, 江苏南京 211100)

摘要: 肉牛养殖生命周期中排放的多种温室气体, 既会加剧全球气候变暖, 也会因环保成本上升、资源浪费等直接影响产业的可持续发展。当前, 我国畜牧业正处于转型的关键阶段, 肉牛养殖行业低碳转型过程中面临的诸如产业体系庞大但技术水平较差, 养殖全链条碳排放强度高, 粪污、饲料浪费环境污染问题突出以及减排所需投入不足, 缺乏保障与激励等问题, 需要将“碳减排”目标深度融入肉牛养殖技术创新全过程。针对上述制约因素, 笔者提出一方面要加强低碳养殖技术研发与落地, 加大农业科技投入, 支持饲料精准配比、粪污资源化利用等关键技术攻关, 降低减排成本; 另一方面, 在制度层面要将低碳发展要求嵌入基础法律修订中, 明确养殖主体碳减排责任, 同步建立激励机制。

关键词: 肉牛养殖; 低碳目标; 法律供给; 政策保障; 绿色生态高效

中图分类号: S823.9⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2481(2025)06-0087-07

Research on Low-Carbon Development Strategies and Implementation Paths for Beef Cattle Farming

WU Jiale, HUANG Yaping

(School of Law, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: The various greenhouse gases emitted during the life cycle of beef cattle farming not only exacerbate global climate warming but also directly impact the sustainable development of the industry due to rising environmental protection costs and resource wastage. Currently, China's livestock industry is at a critical stage of transformation. In the process of low-carbon transition in the beef cattle farming sector, challenges such as a large but unevenly developed industry system, high carbon emission intensity across the entire farming chain, prominent environmental issues from manure and feed waste, insufficient investment for emission reduction, and lack of guarantees and incentives need to be addressed. It is necessary to deeply integrate the goal of 'carbon reduction' into the entire process of technological innovation in beef cattle farming. To address the above constraints, the author proposed that, on the one hand, focus should be placed on the research and implementation of low-carbon farming technologies, increasing investment in agricultural science and technology, and supporting key technological breakthroughs such as precise feed formulation and manure resource utilization to reduce emission reduction costs. On the other hand, at the institutional level, low-carbon development requirements should be embedded in basic legal revisions, clearly defining the carbon reduction responsibilities of farming entities, while simultaneously establishing incentive mechanisms.

Keywords: beef cattle farming; low carbon targets; legal supply; policy guarantees; green ecology and efficiency

生态环境部数据显示, 2024年我国碳排放量为126亿t, 占全球碳排放总量约1/3, 这一占比数

据凸显出我国在全球碳排放格局中的重要地位, 同时也意味着我国肩负着沉重的碳减排责任。联

收稿日期: 2025-09-02

基金项目: 中央高校基本科研业务费项目(B210207007)

作者简介: 武佳乐, 在读硕士, 研究方向: 国际环境法, E-mail: 2807193455@qq.com

通信作者: 黄雅屏, 副教授, 博士, 主要从事国际河流/水资源争端解决研究, E-mail: 118734242408@163.com

联合国粮食及农业组织(FAO)估计,全球 18% 的温室气体排放源于畜禽养殖业^[1]。反刍动物甲烷排放量占畜牧业总排放量的 70%^[2],其中,肉牛是重要贡献源,瘤胃发酵直接释放甲烷,养殖过程中直接或间接产生二氧化碳和氧化亚氮气体。我国作为全球最大的发展中国家与制造业大国,在各个产业积极开展低碳转型的紧迫性不言而喻。开展肉牛养殖行业碳减排研究,不仅能填补畜牧业低碳转型的关键技术空白,更能为整个生态畜牧业提供支撑,具有重要的现实价值。

我国畜牧业低碳发展与碳减排研究始于 21 世纪初。黄秀声等^[3]提出,为实现高碳农业向低碳农业转变,畜牧业发展须走低碳经济模式。王世凤^[4]经过理论推导,强调畜牧业发展要遵循经济理念,发展循环养殖模式。随后,翟郢秋等^[5]系统梳理畜禽业碳排放的测算方法、时空特征、影响因素与减排措施,构建了畜禽业碳排放研究的完整分析框架。张俊飏等^[6]提出将畜牧业低碳发展纳入“农业绿色低碳发展驱动农业强国建设”的理论框架。而仅依靠理论和分析意见等背景框架的研究无法切实引领行业转型,需创设具体规则。

本研究以肉牛养殖业碳减排与绿色、可持续发展理念一脉相承为出发点,以落实“碳达峰,碳中和”目标为导向,提出具象的优化肉牛养殖全产业链排放环节,实现绿色生态高效转型的策略。

1 肉牛养殖产业发展现状

1.1 畜牧业低碳发展理念

畜牧业低碳发展理念是在生态保护全局与“双碳”目标下,针对畜牧业生产全过程形成的绿色发展理念。其核心在于保障畜产品供应^[7]的同时通过系统性管控,降低温室气体排放,在提高生产效率与产品质量的同时注重生态保护,以实现资源的循环利用与污染的最小化^[8]。肉牛养殖业通过提供高质量牛肉,满足市场需求,作为国家畜牧业的重要组成部分,应践行低碳发展理念,提升养殖技术,优化养殖模式,推动产业整体向绿色生态高效转型,以实现经济效益与环境效益的双赢,实现人与自然和谐共生。

1.2 肉牛养殖产业现状

肉牛养殖是指专门为了生产牛肉而进行的养殖活动,肉牛通过瘤胃发酵直接释放甲烷,在饲料生产、粪污处理等环节直接或间接产生二氧化碳

和氧化亚氮气体,构成全球温室气体排放的重要来源。现阶段典型的肉牛养殖模式在整体上仍以家庭养殖为主要特点,多为粗放管理,规模化养殖场的发展未完全跟上需求;散养户普遍存在养殖规模小,缺乏统一的标准等问题;传统饲养方式占据主导地位,部分养殖企业追求短期经济利益,忽视生态环境收益,这直接制约了肉牛养殖的低碳发展进度。饲料资源短缺与利用率低下的问题短期内难以缓解,也对养殖效益提升形成制约;先进养殖技术的推广应用受阻;加上养殖户缺乏科学养殖知识、资金周转困难,导致肉牛繁殖周期延长,严重阻碍肉牛养殖业向绿色生态高效模式的转型。

传统养殖模式下产生的污染物可以分为 4 类:第 1 类为生物性污染物。其来源于实际养殖过程中直接产生的大量可能含有多种病原微生物的粪尿这类体内代谢污染物。第 2 类为体外固体废物。如采食后剩余的草料残渣、盛装草料的包装袋和养殖过程中使用的垫草、产生的医疗废弃物等。这些废物如果控制与处理不当不仅会直接污染周围空气、水体和土壤,还易经苍蝇、蚊虫等叮食后传播致病细菌,产生疫病威胁人畜健康。第 3 类为液体污染物。主要包括冲洗牛舍、清洁牛槽的用水与饮用水浪费、舍内降温用水排放产生的部分废水。第 4 类为气态污染物。肉牛通过嗝气行为及肠道发酵排放产生的二氧化碳、甲烷、氨气等废气。这些废气与粪便分解产生的氧化亚氮都是主要的温室气体排放源。需要注意的是,甲烷不仅在大气中的分解速度快于二氧化碳,其短期内温室效应强度也远高于后者,因为在同等状况下甲烷的温室效应潜能值(GWP)约是二氧化碳的 26 倍,对我国气候变暖具有显著作用。同时,肉牛养殖过程中对于饲料的处理、加工阶段以及运输阶段的能源消耗都会造成空气污染。再加上粪污资源未充分利用发出一定的恶臭味,堆积发酵分解也会产生大量温室气体,加剧了空气污染程度。

2 肉牛养殖业低碳发展的制约因素

2.1 养殖户资金不足

充足的资金是促进肉牛养殖业发展的关键^[11]。肉牛养殖转型过程中,源于活牛和牛肉价格波动与成本上升的双重挤压,养殖户面临严重的资金困境。农业农村部监测数据显示,自 2024 年以来,

国内肉牛价格深陷持续下跌的困境,全年牛肉批发市场周均价同比下跌16.2%,半年内跌幅达24%,触及5 a来最低。进入2025年,价格虽在上半年出现小幅度回升1.94%,但整体增长乏力,形势依旧不容乐观,价格的剧烈波动严重压缩了养殖户的利润空间,致使大量养殖户陷入亏损,部分甚至被迫退出市场。

低迷的价格与成本的上升形成了尖锐矛盾:活牛及牛肉价格下行的同时,养殖场设备维护、饲草料、疫病防控及人工等成本持续上升,加之肉牛养殖周期又长,长达2~3 a才能出栏,持续的亏损极大消耗了养殖户的资金储备,资金回笼困难使其又陷入资金周转困境。这种局面极大地削弱了养殖户对绿色生态养殖技术的投入意愿与能力。技术转型通常前期投入较大,例如,购买环保养殖设施、安装粪污处理设施、替换有机饲料及学习先进疫病防控技术等,基础环节如优化牛群结构、提升饲料转化率等均需要资金支持。而在这种持续的价格低迷、收益微薄的情况下,养殖户首先考虑的是降低成本维持生计,产业转型步伐受到阻碍。此外,肉牛价格不稳定不利于养殖户长远规划,新型养殖模式的构建需要稳定的市场预期作支撑,以保障长期投入能获得相应回报,但短期内价格的大幅波动对养殖户而言,未来收益难以预估,改良牛种、建设生态牧场等长期投资实属背水一战,进一步阻碍了我国肉牛养殖向绿色生态高效模式的转变。

2.2 养殖技术制约

据农业农村部统计数据显示,肉牛规模化养殖率约为34.8%,产业集中度偏低,行业仍以农户散养为主,养殖数量多在1~14头不等,专业化水平普遍不高^[12]。小规模分散经营为主的养殖模式下,养殖户依赖传统的养殖经验而非科学方法,缺乏现代化养殖技术和设备的应用,发酵床养殖技术等新型生态养殖技术难以落实、动物健康管理体系建设滞后,直接导致生产效率低,疫病防控能力弱,产品质量难以保证,行业规模化水平亟待提升^[13]。

2.2.1 良种普及度低 我国肉牛育种体系尚未成型,现有品种多而不强,良种支撑能力不足,难以满足产业高质量发展。具体来看,当前规模化养殖企业的育种与选种机制不够成熟,国内部分良种的培育工作严重依赖于国外进口核心种源,局面十分不利^[14]。低质品种会直接影响产业的发展

壮大。在实际养殖生产中,养殖场若引入活体配种公牛,需承担较高的跨区域运输成本,其更倾向于使用人工授精技术。部分操作人员未能严格遵循操作流程,对母牛发情周期判断不准确,难以掌握正确输精时间;部分公牛冻精产品质量不佳,活力不足或纯度不高^[15]。2个方面的因素共同导致母牛受精成功率低,能繁母牛难受孕,不仅额外增加养殖成本,也不利于优质牛品种的扩繁扩育。

2.2.2 饲料资源短缺且利用率低 传统肉牛养殖模式饲料配方缺乏科学性,以粗饲料为主,品类较为单一,难以满足肉牛生长过程中对营养全面性与均衡性的需求。受季节、气候变化以及草场退化等外部因素作用,饲料的产量和品质也不固定,并且我国在饲料资源开发与利用方面的技术水平相对滞后,使得饲料生产所需成本偏高。饲料在存储与运输过程中出现例如受潮或温度过高发生霉变,产生黄曲霉素等有害物质,会直接影响肉牛健康。部分养殖户盲目提高蛋白质添加量,不仅增加成本,还导致牛群代谢疾病发生率上升。在此基础上,2023年起主要饲料原料如玉米、豆粕等价格持续上涨,使得养殖户利润空间受到严重挤压。

2.2.3 粪污污染严重 最不能忽略且制约效果最为直接的就是粪污问题,不仅包括前述粪尿作为体内代谢物直接对空气、水体和土壤的污染,还包括其作为可再生资源在处理过程中存在的问题。多数个体经营的肉牛养殖户忽视环境保护,因缺乏专业知识与专业的处理技术,不能从思想观念乃至实际行动方面真正意义上落实粪污资源化处理工作^[16]。部分养殖场因经营利润微薄,存在技术利用与设施建设不到位的情况。一些地区的“禁养区”政策执行“一刀切”,导致养殖用地紧张与粪污消纳空间不足的矛盾加剧^[17],堆肥技术作为最常见的粪污资源化利用方式,其堆放与管理过程中也会产生温室气体^[18]。能源产品自身的利用难度大,这一问题会直接导致整个相关技术体系的利用难度增加。

2.3 法律制度制约

法律法规提供基础法治保障,为肉牛养殖低碳发展保驾护航^[19],实践中由于缺乏具体的实施细则与量化标准,对产业转型的实质性影响有限^[20]。生态畜牧业法律体系的构建虽然在不断完善。区别于2013年通过了《畜禽规模养殖污染防治条例》

(国务院令 643 号)、2017 年第四次修订了《饲料和饲料添加剂管理条例》、并于 2021 年修订《动物防疫法》、2022 年修订《畜牧法》。但整体来看,相关法律的制定较为迟缓,且内容存在不足之处。从饲料处理、畜禽养殖、疫病防控、屠宰品加工、粪污处理再到草业保护、兽药管理等,涵盖范围广泛,相关人员众多,需要完备的法律制度体系来实施规范性约束^[21]。仅仅依靠 2 部法律确立的原则性规定,无法满足细致的规制作用。除此之外,法律的层级同样对畜牧业的发展产生影响,国务院及其相关部门为规范行业生产而出台的法律文件,虽然在一定程度上推动了畜牧业的健康发展,但部门条例或规章与法律法规的效力存在天然差别,尤其是在促进畜牧业生态建设方面,约束力明显不足,急需制定专项法律法规增强支撑力。

肉牛养殖业绿色生态高效转型以实现低碳发展过程整体处于无法可依的状态。国家“双碳”目标在肉牛养殖业实践中缺乏落地载体,行业低碳发展路径被严重制约。宏观领域仅存在部分原则性的规定,例如《畜牧法》在整体上提出发展绿色畜牧业;《大气污染防治法》第 75 条对畜禽养殖主体提出的“及时处理污染物”的要求;《环境保护法》对于畜禽养殖污染的防治,也只聚焦于大气、水、土壤等常态化污染,未将碳排放纳入法定监管范畴;《温室气体自愿减排交易管理办法》第 10 条规定,申请登记的自愿减排项目必须属于生态环境部发布的项目方法学支持领域,农业活动不在此范围内,明确将农业活动排除在减排项目备案范围之外,肉牛养殖的减排量无法通过碳交易转化为经济效益,既削弱了养殖主体的减排动力,也使行业碳排放缺乏市场机制的约束与引导。微观领域也未出台专门且细化的法律依据如低碳养殖技术的应用规范、碳氮排放的监测与控制等这些涉及低碳发展的行为,只能由行业内部的不成文规定或者生产主体自行摸索^[22]。得益于农业农村部一系列加速产业绿色转型政策的实施,我国畜牧业碳减排实践初见成效,但远未达预期。部分省市响应国家号召,出台政策积极推动肉牛养殖行业的发展,但其中也未有针对性的肉牛养殖专项碳排放管理条款。在空间上,我国畜牧业碳排放呈现出地区不均衡的特征,不同牧区间畜牧业碳减排工作的起点不同步、推进节奏不一致、碳减排政策强度也存在明显差异^[23]。

3 肉牛养殖低碳发展策略与实现路径

3.1 优化资金扶持强度

创建多样化财政补贴方式,减轻养殖户的经济负担,对于养殖户来说,拿到手的资金和实物补偿是关键,这是养殖户愿意作出改变的现实条件。不同的补贴方式之间存在着不同程度的替代与补充效果,以养殖户利益为出发点应当是重中之重。无论是肉牛散养户还是规模化养殖场,都存在一次性投入大、投资回收慢的突出特点。政府部门要根据不同地区肉牛养殖规模、发展潜力、疫病防控压力等因素进行综合考量,建立严格的资金管理制度,保证资金使用落到实处。在加大财政金融这类政策支持保障力度的同时合理分配资金投入,扶持对象除包括养殖主体外还应覆盖低碳技术研发、技术应用、技术推广各方,已经出台的各类补贴需尽快落实到位,如良种补贴、保费补贴等;对于相应的低碳养殖补贴、低碳技术推广资金补贴也应尽快搭建配套政策支持体系。因地制宜为养殖户创造更多的融资条件,简化养殖户贷款审批手续,延长贷款期限,基于肉牛养殖生产周期特征和经营模式特点将流动资金贷款调整为项目资金贷款^[24],解决当下资金困境,以稳定肉牛养殖产业持续健康发展。

3.2 提升牛种培育水平

品种改良与良种繁育是控制养殖全过程碳排放量的关键举措。成年肉牛尤其是育肥后期的大型肉牛整体碳排放量相对更高,育肥后期肉牛为满足快速增肌需求,饲料中精饲料占比提升,虽饲料转化率提高,但高能量摄入导致肠道甲烷排放强度仍处于较高水平;妊娠、泌乳期母牛同样也是阶段性高排放群体。对此,首先应引进西门塔尔、夏洛莱等具有育肥速度快、体质量较大、饲料转化率高等特点的国际知名优质肉牛,其较短的育肥周期可降低累计碳排放总量。同时通过杂交选育进行品种改良还能实现杂交后代的碳减排效应。其次,通过全基因组关联分析(GWAS)识别与瘤胃微生物组成、采食效率相关的基因标记(如 SNP 点),再结合甲烷排放量表型测定开展遗传评估,筛选出低甲烷排放育种值高的个体^[25],将优良基因传递给后代,逐步提高整个种群的遗传水平^[26]。各个牧区综合评估养殖条件,选择最适合当地养殖的品种,将其选为育肥品种后以合理比例进行配种,

在提升当地肉用性能的同时丰富当地肉牛种类、降低养殖成本。

3.3 强化科学喂养力度

肉牛养殖低碳发展也离不开对饲料资源高效利用进行规制。肉牛养殖以粗饲料为基础,按生长阶段动态调整精粗比,保证肉牛获得充足营养的同时提高饲料利用率,减少浪费。首先,需掌握肉牛对维生素、蛋白质、矿物质等营养物质的需求,保证饲料中营养物质均衡;其次,密切观察肉牛的生长与发育,调整饲料投喂量的同时严格把控添加剂,例如瘤胃素、酵母培养物等合法促生长类添加剂^[27]或者改善消化功能的特定的饲料添加剂^[28];借助于制粒技术将饲料制成颗粒饲料,在提高采食量的同时也能避免饲料浪费^[29]。依托技术手段计算饲料的可消化率与利用率,通过精准匹配蛋白质类型与需求量来控制粪尿的氮排放量;最后,关注饲料的来源、品质与贮存情况。

3.4 深化粪污治理举措

粪污处置是肉牛养殖低碳转型的必答题。肉牛养殖场需构建系统化的粪污收集和处理体系,对粪污从产生、收集、处理到资源化利用的全过程进行闭环管控,确保粪污得到及时有效处理,从源头规避环境污染风险。政府应提供资金与技术指导双重保障,完善基础设施建设。协助规模养殖场根据地域特点^[30]与养殖量选择适宜的粪污处理工艺如堆肥、厌氧发酵、多级沉淀等,进而建设完整的满足环保要求的粪污收集、贮存、处理系统,实现粪污资源化利用^[31]。具体而言,可以设立专项补贴,重点支持肉牛养殖场建设密封式储粪池、沼气池等储存设施,并且采购固液分离设备、生化处理装置等^[32]。同时,政府还应加强粪污处理设施的规范化运行管理,做好粪污处理台账,确保粪污达标排放或综合利用,定期开展技术交流与培训,确保粪污处理设施稳定高效运行。还需要加强对养殖场周边水体、土壤等敏感区域进行环境质量检测,优化养殖场选址方案,避开饮用水源保护区、自然资源保护区等生态敏感区。此外,政府还可以鼓励养殖场间开展粪污资源共享,通过集中处理加工生产有机肥以实现循环利用,最终实现粪污从产生到资源化的全过程管控,既降低环境污染,又助力养殖产业低碳转型。

3.5 完善立法供给机制

从立法层面推动肉牛养殖业低碳发展,需由

政府牵头强化法律法规的系统性构建与针对性优化,实现现有法律体系的完善。具体而言,首先应聚焦于《畜禽规模养殖污染防治条例》的修订,可以在第三章“综合利用与治理”部分,在现有规定基础上补充条款,明确治理范围需涵盖畜禽养殖全过程产生的各类污染物,并增设畜禽规模养殖场的污染排放需满足污染物排放降幅要求与减排量化指标,为污染治理提供标准依据;在第四章“激励措施”部分,可增加资金支持举措相关内容,明确国家鼓励社会资本与财政资金共同投入畜禽养殖污染防治领域,通过多元化资金保障提升治理积极性;在第五章“法律责任”部分,应加大对违法行为的惩处力度,适当提高罚款金额上限,同时新增污染替代性修复责任条款,当违法主体无法原位修复污染时,通过替代性措施履行生态修复义务。与此同时,着手其他专项法律的制定。

此外,还需关注现行标准的适用局限与内容空白。国家环境保护总局于2001年批准实施的《畜禽养殖业污染物排放标准》,其适用范围仅包括集约化、规模化的畜禽养殖场和养殖区,不适用于畜禽散养户。而全国中小肉牛养殖散户占比约为60%,该群体长期处于标准适用盲区,不利于整体污染与碳排管控。此外,该标准仅针对规模化养殖场的水污染物(包括集约化畜禽养殖业水冲工艺最高允许排水量、干清粪工艺最高允许排水量、水污染物最高允许日均排水浓度)与臭气浓度设定限值^[33],未涉及相关温室气体排放核算方法、检测技术及排放阈值等关键内容,与“双碳”目标下的减排需求存在脱节;结合“推进畜禽减排”^[34]的宏观目标,可以制定一部专门的《畜禽养殖业碳减排管理办法》明确畜禽养殖领域碳排放核算标准、不同养殖品类的减排目标,同时细化温室气体检测技术规范与排放阈值,填补当前碳排放立法空白,为肉牛养殖业碳减排工作提供明确的法律指引。

3.6 加强执法监管力度

在执法层面推进肉牛养殖低碳发展工作,需构建精准化、协同化的执法体系。由生态环境、农业农村、市场监督管理等多部门组建联合执法队伍,围绕肉牛养殖从种源培养、饲养管理到产品流通整个上下游产业链,明确执法频次,每年开展定期巡查与联合巡查,同时针对碳排放关键环节(如粪污处理)开展专项整治活动。其中,生态环境部

门重点核查污染物排放是否符合相关标准,查处违法排污、粪污资源化利用不到位等行为;农业农村部门负责种源质量监管、绿色养殖技术推广,督促养殖主体落实防疫检疫与碳减排技术要求;市场监督管理部门则强化对肉牛产品市场流通环节的监管,确保产品质量安全。通过部门协同,形成监管合力,避免执法真空与重复执法。

参考文献:

- [1] TRUONG A H, KIM M T, NGUYEN T T, et al. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions from livestock farming in the red river delta, Vietnam: an inventory and projection for 2000-2030[J]. Sustainability, 2018, 10(10):3826.
- [2] 娜仁花. 不同日粮对奶牛瘤胃甲烷及氮排放的影响研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2010.
NA R H. Effects of diet composition on methane and nitrogen emissions from lactating cattle[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010.
- [3] 黄秀声, 黄勤楼, 翁伯琦, 等. 畜牧业发展与低碳经济[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24):257-263.
HUANG X S, HUANG Q L, WENG B Q, et al. Animal husbandry's development and low-carbon economy[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24):257-263.
- [4] 王世凤. 低碳经济下畜牧业发展中存在的问题及对策[J]. 中国畜禽种业, 2014, 10(5):23-24.
WANG S F. Problems and countermeasures in the development of animal husbandry under low-carbon economy[J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2014, 10(5):23-24.
- [5] 翟郎秋, 张芊芊, 刘芳, 等. 我国畜禽养殖业碳排放研究进展[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2022, 54(3):72-82.
ZHAI Y Q, ZHANG Q Q, LIU F, et al. The progress in the research on carbon emissions from livestock and poultry breeding in China[J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2022, 54(3):72-82.
- [6] 张俊飏, 梁志会. 绿色低碳发展驱动农业强国建设的推进策略与政策保障[J]. 经济纵横, 2024(9):40-47.
ZHANG J B, LIANG Z H. Green and low-carbon development as a driving force for building up China's strength in agriculture: promotion measures and policy guarantee[J]. Economic Review Journal, 2024(9):40-47.
- [7] 王军, 尹双双, 韩虹波, 等. 浅谈发展绿色低碳畜牧业的方法和路径[J]. 养殖与饲料, 2025, 24(5):115-118.
WANG J, YIN S S, HAN H B, et al. Discussion on the methods and paths of developing green and low-carbon animal husbandry[J]. Animals Breeding and Feed, 2025, 24(5):115-118.
- [8] 赵瑗琿, 盛开彦. 绿色生态肉牛高效养殖技术存在的问题及对策分析[J]. 吉林畜牧兽医, 2024, 45(7):1-3.
ZHAO A H, SHENG K Y. Problems and countermeasures of efficient breeding technology of green ecological beef cattle[J]. Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2024, 45(7):1-3.
- [9] 周静, 马友华, 杨书运, 等. 畜牧业温室气体排放影响因素及其减排研究[J]. 农业环境与发展, 2013, 30(4):78-82.
ZHOU J, MA Y H, YANG S Y, et al. Mechanism of greenhouse gases emission from livestock and its reducing measures [J]. Agro-Environment and Development, 2013, 30(4):78-82.
- [10] 赵珂. 基于绿色低碳的肉牛高效养殖技术策略研究[J]. 畜牧业环境, 2023(22):99-100.
ZHAO K. Study on the technical strategy of efficient beef cattle breeding based on green and low carbon[J]. Animal Industry and Environment, 2023(22):99-100.
- [11] 陈光俊, 邓桂潮. 试论肉牛养殖业发展形势及未来趋势[J]. 吉林畜牧兽医, 2022, 43(6):6-7.
CHEN G J, DENG G C. On the development situation and future trend of beef cattle breeding industry[J]. Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2022, 43(6):6-7.
- [12] 李仕荣. 当前肉牛养殖面临的困境与对策建议[J]. 中国畜牧业, 2025(10):27-28.
LI S R. Current predicaments and strategic recommendations for beef cattle breeding[J]. China Animal Industry, 2025(10):27-28.
- [13] 刘秀娟. 中国奶业发展策略研究[D]. 保定:河北农业大学, 2021.
LIU X J. Research on the development strategy of China's dairy industry[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2021.
- [14] 王焕焯, 霍瑜, 潘生亮. “双碳”目标下新疆畜牧业绿色高质量发展现状与路径分析[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(1):265-267.
WANG H H, HUO Y, PAN S L. Current situation and path analysis of green and high-quality development of animal husbandry in Xinjiang under the goal of "double carbon"[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(1):265-267.
- [15] 田玉琴. 牛规模化养殖存在的问题及应对策略[J]. 畜禽业, 2023, 34(8):45-47.
TIAN Y Q. Problems and countermeasures of large-scale cattle breeding[J]. Livestock and Poultry Industry, 2023, 34(8):45-47.
- [16] 马杏娜. 肉牛养殖粪污现状与对策探讨[J]. 农业灾害研究, 2020(9):24-25.
MA X N. Current situation and countermeasures of feces pollution in beef cattle breeding[J]. Journal of Agricultural Catastrophology, 2020(9):24-25.
- [17] 王洪启. 肉牛养殖的现状、问题及对策建议[J]. 畜牧业环境, 2025(7):129-130.
WANG H Q. Present situation, problems and countermeasures of beef cattle breeding[J]. Animal Industry and Environment, 2025(7):129-130.
- [18] 韦翔, 梁琼, 曾俊. 畜禽养殖环境污染问题与粪肥资源化利用[J]. 基层农技推广, 2024, 12(5):136-139.
WEI X, LIANG Q, ZENG J. Environmental pollution of livestock and poultry breeding and resource utilization of manure [J]. Primary Agricultural Technology Extension, 2024, 12(5):136-139.
- [19] 邵光学. 中国式现代化背景下畜牧业绿色发展的时代价值、现实基础与完善路径[J]. 饲料工业, 2024, 45(6):130-133.
SHAO G X. The era value, realistic basis and improvement path of green development of animal husbandry in the context

- of Chinese modernization[J]. Feed Industry, 2024, 45 (6) : 130-133.
- [20] 李贺,兰梦圆,何泽军,等. 畜牧业低碳发展:研究述评与展望[J]. 黑龙江畜牧兽医,2025(4):142-150.
LI H, LAN M Y, HE Z J, et al. Low-carbon development of animal husbandry: research review and prospect[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2025 (4) : 142-150.
- [21] 苏伟,徐闯,杨学丽,等. 我国生态畜牧业发展对策研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2021(12):16-21.
SU W, XU C, YANG X L, et al. Study on countermeasures of ecological animal husbandry development in China[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2021 (12):16-21.
- [22] 唐承明,余昌花,曹树威,等. 基于绿色低碳的肉牛高效养殖技术发展策略[J]. 中国畜牧杂志,2023,59(7):339-344.
TANG C M, YU C H, CAO S W, et al. Development strategy of efficient beef cattle breeding technology based on green and low carbon[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2023, 59(7):339-344.
- [23] 陈秋红,张园园. 中国畜牧业碳减排政策演进:基于452份政策文本的分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2022(1):10-23.
CHEN Q H, ZHANG Y Y. Evolution of carbon reduction policies for animal husbandry: an analysis based on 452 policies [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2022(1):10-23.
- [24] 杨春,王明利. 当前我国肉牛养殖业发展形势及未来趋势[J]. 农业经济与管理,2013(6):68-74.
YANG C, WANG M L. The development situation and future trends of China's beef cattle breeding industry[J]. Fisheries Economy Research, 2013(6):68-74.
- [25] 刘言,杜再慧,朱龙佼,等. 育种和养殖技术助力牛乳品质改良研究进展[J]. 中国乳品工业,2025,53(3):44-50.
LIU Y, DU Z H, ZHU L J, et al. Research progress on breeding and farming technologies for improving milk quality[J]. China Dairy Industry, 2025, 53(3):44-50.
- [26] 杲明亮. 基于绿色低碳的肉牛高效养殖技术发展策略[J]. 畜牧兽医科技信息,2025(3):121-123.
GAO M L. Development strategy of efficient beef cattle breeding technology based on green and low carbon[J]. Chinese Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2025(3):121-123.
- [27] 国务院第177次常务会议. 饲料和饲料添加剂管理条例[S]. 2011-11-03.
The 177th Executive Meeting of the State Council. Regulations on the administration of feed and feed additives[S]. 2011-11-03.
- [28] 余玉. 绿色养殖技术在肉牛上的应用[J]. 中国畜牧业,2023(14):75-76.
YU Y. Application of green breeding technology in beef cattle [J]. China Animal Industry, 2023(14):75-76.
- [29] 张永超. 现代畜牧业肉牛规模化养殖技术探究[J]. 河北农业,2025(8):122-123.
ZHANG Y C. Study on large-scale breeding technology of beef cattle in modern animal husbandry[J]. Hebei Agriculture, 2025(8):122-123.
- [30] 宋建红,史玉萍,黄文革,等. 肉牛粪污资源化利用现状调查分析与对策[J]. 中国牛业科学,2018,44(4):80-81.
SONG J H, SHI Y P, HUANG W G, et al. Investigation and countermeasures of present situation of resource utilization of beef cattle manure[J]. China Cattle Science, 2018, 44 (4) : 80-81.
- [31] 张荣. 绿色生态高效肉牛养殖关键技术[J]. 北方牧业, 2025(2):15.
ZHANG R. Key techniques of green, ecological and efficient beef cattle breeding[J]. Northern Animal Husbandry, 2025(2):15.
- [32] 张芸. 肉牛养殖中的粪污处理技术研究[J]. 畜牧业环境, 2024(3):28-30.
ZHANG Y. Study on manure treatment technology in beef cattle breeding[J]. Animal Industry and Environment, 2024 (3):28-30.
- [33] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. 畜禽养殖业污染物排放标准[S]. 2001-12-28.
State Environmental Protection Administration, State Administration for Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Pollutant discharge standards for livestock and poultry farming [S]. 2001-12-28.
- [34] 农业农村部,国家发展改革委. 农业农村减排固碳实施方案 [S]. 2022-05-07.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Development and Reform Commission. Implementation plan for agricultural and rural emission reduction and carbon sequestration [S]. 2022-05-07.