

李 奇, 喻 言, 缪侃滢, 等. 生猪规模化养殖对环境影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(16): 31–37.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.16.006

# 生猪规模化养殖对环境影响的研究进展

李 奇<sup>1</sup>, 喻 言<sup>1</sup>, 缪侃滢<sup>2</sup>, 彭 铸<sup>1</sup>, 周俊言<sup>3</sup>

(1. 湖南农业大学经济学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙, 410128;

3. 湖南农业大学生物科学技术学院, 湖南长沙 410128)

**摘要:**规模化养殖是目前国内最主要的生猪饲养方式, 其具有高产量、低成本、方便管理等优势, 且适合大型生产设备的使用, 但废弃物大量排放, 由此带来的环保问题日益严重。基于前人研究, 从生猪清洁生产行为机制分析、规模化养殖的外部性研究、规模化养殖带来的环境污染及环境友好型措施建议 4 个方面, 梳理了生猪规模化养殖对于环境的影响, 并对研究发展进行展望。

**关键词:**生猪产业; 规模化养殖; 环境污染; 环境友好型措施; 研究进展

**中图分类号:**X322; S811.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)16-0031-07

作为世界上最大的猪肉消费及生产国, 中国自古以来就有“猪粮安天下”的说法。2017 年中国生猪饲养产值近 1.3 万亿, 占国内畜禽饲养总产值的 56.6%, 猪肉产量为 5 451.8 万 t。据《中国畜牧兽医年鉴》统计, 2017 年末中国生猪存栏量为 44 158.9 万头, 能繁母猪存栏量为 4 471.5 万头, 而规模养猪场户(年出栏猪超过 100 头)的数量达到 104.52 万户, 俨然成为生猪养殖产业的“领头羊”。

收稿日期: 2020-06-03

基金项目: 湖南省大学生创新训练项目(编号: s202010537046); 湖南省社会科学基金(编号: 18YBA223); 湖南省乡村振兴战略研究所智库项目。

作者简介: 李 奇(1998—), 男, 广东广州人, 研究方向为农林经济管理。E-mail: 402936745@qq.com。

通信作者: 喻 言, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为农林经济管理。E-mail: yuyanwuh@aliyun.com。

由此, 养殖规模的扩大、集约程度的深化加之消费需求的变革给日益严峻的环境污染不断施压。根据《全国猪肉生产发展规划(2016—2020)》, 目前生猪粪便产生超过 6 亿 t, 约占畜牧业粪便总量的 1/3, 综合利用率不足 1/2。解决规模化生猪养殖与环境污染两难问题成为焦点, 一方面生猪需求大的市场背景难以调整; 另一方面环境污染严重亟待解决, 对养殖户来说, 生产效率低, 环境成本高, 缺乏有效提高途径, 对广大市民来说, 生猪养殖外部生活环境遭到破坏。

为防治规模化生猪养殖带来的污染, 1996 年联合国环境署从 3 个方面定义了“清洁生产”的概念, 第一要求生产过程中减少废弃物剩余, 第二要求从原料到成品都做到环境友好, 第三要求服务上加入对环境的考量。也就是从源头到最后的售后, 整个产品都采用清洁生产的方式, 这不仅仅是在某一环

[26] 陈红琳, 刘定辉, 陈代全, 等. 甘孜州半农牧区麦后复种饲用油菜引种比较试验[J]. 南方农业学报, 2012, 43(8): 1106–1109.

[27] 朱洪龙. 白腐真菌生物降解油菜秸秆及饲料化研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008: 37.

[28] 张俊英, 赵志伟, 张应礼. 饲用油菜与枯黄玉米秸秆复合青贮饲喂山羊试验[J]. 中国草食动物, 2006, 26(3): 61.

[29] 文 健, 刘桂琼, 姜勋平, 等. 饲用油菜生物量与营养成分测定及其发酵全混合日粮饲喂湖羊效果[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(2): 71–75.

[30] 柴君秀, 李颖康, 马小明, 等. 高产饲料油菜喂羊效果试验[J]. 畜牧与饲料科学, 2011, 32(11): 19–20.

[31] 乔永浩. 氮化和微贮油菜秸秆营养变化及其饲喂母山羊效果研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.

[32] 董小英, 唐胜球, 马元元, 等. 日粮中添加饲料油菜养殖肉兔的效果研究[J]. 中国饲料, 2015(11): 12–15.

[33] 才 旦, 刘志林. 油菜秸秆生物发酵喂猪试验初报[J]. 四川畜牧兽医, 2006, 33(8): 33.

[34] 阿依古丽·达嘎尔别克, 古丽米拉·拜看, 古丽努尔·阿曼别克, 等. 日粮中添加油菜秸秆对生长期马饲喂效果的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(4): 115–118.

[35] 兰贵生, 王芳彬, 张智安, 等. 利用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系与聚类分析技术评价油菜秸秆营养价值[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1877–1886.

[36] 董春晓, 吕佳颖, 张智安, 等. 饲料来源对育肥湖羊生产性能、养分消化及瘤胃微生物组成的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(4): 106–115.

节,而是在整个过程中<sup>[1]</sup>。生猪规模养殖清洁生产行为主要包括环保意识的增强、全过程管理的思维、环境友好作为最终目的、动态形成的过程及利益最大化的激励<sup>[2]</sup>。具体来说,养殖户的环保意识主要来自于对环境风险的感知,由风险感知在环境规制的刺激下表现为环境行为,其中养殖户的水源、土壤污染和因猪场污染被罚款均有显著影响<sup>[3]</sup>。生猪规模化养殖存在“倒 U”形环境库茨内茨,中型规模的清洁生产效果是最佳的,生产集约程度越小,科技设备拥有量就越低,特别是在散养下的纯技术效率是最低的<sup>[4]</sup>。所以,要基于生态保护适度性的要求,以合理的规模化带动标准化尤其利用大型龙头企业为引领,结合农、牧、工三产,做好资源的循环利用,一体化流程减少资源消耗和污染物排放<sup>[5]</sup>。以美国为例,玉米带附近的小规模家庭农场主们在二战以前通常采用“土壤-作物-猪粪”三者之间环形密闭养分循环的模式,以解决猪粪利用和环境污染问题,二战后,他们发现玉米生长对氮素具有依赖性,将其转变为“种养分离”的集约化种植产业,自此猪粪与玉米之间的循环链条被切割。最后,对外贸易的活跃和营养食物的追求,促使大规模养殖场成为趋势,高度集约的养殖农场不断增多,传统型的养殖农场被取代,复式畜棚及大型化粪池增加,生猪清洁养殖的意识也开始深入人心,出现了农场数量与生猪存栏数量双向增长<sup>[6]</sup>。

因此,明晰生猪清洁生产的必要、厘清规模养殖与环境污染关系和施行环境友好型生产对完善相关政策空白具有重要的现实意义。本文基于前人研究,综述了生猪清洁生产行为机制分析、生猪规模化养殖的影响、生猪规模化养殖带来的环境污染及环境友好型生产建议 4 个方面,有利于推进生猪规模化养殖政策的调整与完善。

## 1 生猪清洁生产行为机制分析

### 1.1 清洁生产机制建立基础

建立有效的清洁生产机制需要从政府、市场、企业及生产户等方面入手,且只有在这几大主体之间建立良好的相互关系,才能构建良好的机制。赵玉明等认为,基本的机制框架应该由 2 个方面、四个作用构成,强制机制、激励机制、支持机制及压力机制<sup>[7]</sup>。白艳英等以《清洁生产促进法》当中的环境信息公开强制性为依托,提出在强制机制当中应该

加强政府和企业之间的共同责任,合理划分范围,同时明确和完善企业应负的法律责任,提高监管效率,最后再填补在涉毒物质处理方面的空白<sup>[8]</sup>。在激励机制方面,任丙强认为环境激励机制可细分为政策激励、晋升激励及财政激励三部分,政策激励有利于引导企业生产排污的合理性,具有范围广、受众面大的特点<sup>[9]</sup>;晋升激励重在管理人员和监察部门的督促,晋升考核对于环境污染治理效果具有正向调节作用<sup>[10]</sup>;财政激励在现实执行当中却受到地方政府行为的强影响,尤其以项目制为代表的生态转移支付常常因为当地政府收入而形成冲突<sup>[11]</sup>。在支持机制上,王德凡提出以建立“生态补偿基金”的地方政府与地方政府之间的转移支付体系,这样的“横向均衡”可以极大弥补由于纵向体系带来效率低的问题,同时有利于缓解财政压力<sup>[12]</sup>。对于在污染企业附近的农户来说,以苏皖 2 省 336 户农户为例,有 66.37% 农户持有环保支付意愿,其中深层根源因素为亲友的态度、教育水平及污染源的距离,均有显著影响<sup>[13]</sup>。在压力机制上,主要是来自于各个群体的联合影响,包括公众、媒体、相关企业、地方及中央政府,体现为排污成本和清洁技术的压力,其中社会群体的特殊作用不仅能促进企业清洁生产效率的提高,还有利于引导大众共同施压,加深清洁生产的意识<sup>[14]</sup>。

### 1.2 生猪清洁生产机制

在生猪养殖上,国内多使用强制机制和支持机制,主要是因为规模养殖场在地域上呈现出分散的状态,缺乏集中性,且多数企业仍存在“僵尸企业”的现象,保持着不成熟、不完全的“大型散户养殖”<sup>[15]</sup>。对于这种现象,只能因地制宜,采取不同的复合模式进行生猪清洁生产。吴成建等根据猪排泄物中的 TN(总氮)和 TP(总磷)含量选取合适的茶园进行种养结合,不仅解决粪便的处理问题和污染问题,还节约茶园的肥料成本,符合生态可行性,结果显示,在福建丘陵等地,以生猪、猪粪、茶园为循环连接的模式更能获得生态和经济上的优势<sup>[16]</sup>。而对于山区旱地的养殖户来说,可以利用玉米秸秆结合猪粪形成猪粪、沼气、秸秆为循环连接的模式,一来可以有效利用秸秆,减少秸秆燃烧带来的污染,这在西南山区尤为普遍,二来可以通过猪粪反哺土壤养分,减少土壤细菌数量比、平衡菌群<sup>[17]</sup>。为模拟个体决策过程与环境影响评价之间的异质性和相互作用,Zheng 等建立了基于个体的养分释

放模型,此模型加入了在制定环境政策和实施清洁生产过程中最容易被忽略的农民多样性因素,将农场规模、粪便收集技术和粪便处理技术结合,在四川省中江县的养猪场使用过程中有效反映当地畜牧产业生产动态及相关养分的排放,更加方便清洁生产<sup>[18]</sup>。Yan 等基于组织资源在生猪粪便处理技术上的决定作用,重新考虑农场层面的特征,包括个人特征、生产经营特征、政策环境等,通过 243 个规模养猪场的研究发现与工艺知识相关的因素对除去废弃物和降低污染率有显著影响<sup>[19]</sup>。Caracciolo 等从消费者视阈分析了欧洲消费者对于养猪业过程与个人价值观之间的关系,并使用 Logit 模型发现大多数的消费者已经具备了清洁生产的意识,同时表达出“变革开放”的价值观,要求更为清洁的猪肉生产体系<sup>[20]</sup>。

## 2 生猪规模化养殖的影响

### 2.1 环境污染外部性内涵

外部性是指某一主体的行为或者决策会对另一主体造成影响,在非人为主观因素下,其中若为有利影响则称正外部性或外部经济,若为有害影响则称为负外部性或外部不经济<sup>[21]</sup>。规模生猪养殖过程中所产生的水体污染、土壤污染、大气污染、微生物污染等就是由负外部性作用加上资源公共物品的特征所导致的,同时养殖过程中养殖户所代表的私人成本和其他人所代表的公共成本总是相矛盾<sup>[22]</sup>。一是因为养殖户只追求商人的会计成本最小化和生产效益最大化<sup>[23]</sup>,忽略了社会总成本;二是因为缺乏严格的政策管制,所以“搭便车”成本低<sup>[24]</sup>;三是因为排污成本过高<sup>[25]</sup>,我国目前 60% 的养殖是以小规模养殖的方式,尤其生猪养殖以散养居多,高效、完备的排污设备过于高昂且实用性不强<sup>[26]</sup>。

### 2.2 最优环境污染水平的经济学解释

由图 1 可知,横轴代表污染物排放量或经济活动,纵轴代表成本或收益,MEC 表示边际外部成本,因为在  $Q^0$  处存在一定的环境容量,即在大自然自身处理下可以吸收的污染物,且随着污染物排放量的增加,承担的成本也增加,所以 MEC 是一条偏离原点向右上方倾斜的曲线。MNPB 表示边际私人净收益; $E$  表示均衡点,此时的污染物排放量或生产规模为  $Q^*$ ,也是最优排污水平。当养猪场的规模扩大到  $Q^\pi$  时,三角形  $AOQ^\pi$  的面积最大,即养殖户最

大的收益。同样地,外部成本也最大,即为三角形  $BQ^0Q^\pi$  的面积,收益为三角形 的面积<sup>[27]</sup>。

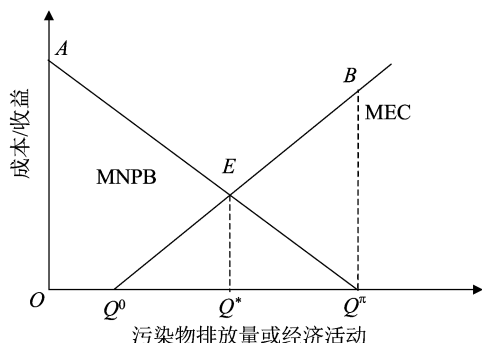


图1 最优环境污染水平

因此,当生猪规模养殖对于对环境带来负外部性时,生产者并没有对此承担相应的后果。在标准化养殖场建设的意愿调查中,大部分的养殖户对清洁生产的了解程度仍然较低,但是激励性环境规制政策对参与意愿具有正向作用且通过外部环境成本整体评价后,外部环境成本对于生猪养殖的全要素生产率影响较为明显<sup>[28-30]</sup>。

### 2.3 生猪规模化养殖给环境带来的物理影响

韩冬梅等在“南猪北养”的趋势下,研究了养殖格局变化对于环境的影响,发现从环境承载力和人工、饲料等生产成本来看,北方显著优于南方,但要警惕由此带来的污染转移不公平,例如高寒地区冻肥还田难、地下水污染治理难、局部养殖密度过大等问题<sup>[31]</sup>。张英等利用排污系数法等测度方法,探究河南省畜禽养殖的现状,得出河南多市的畜禽粪尿严重超标,水体污染以TN(总氮)和TP(总磷)为主,导致耕地承载超标,环境负荷过大<sup>[32]</sup>。同时,饲料中的重金属也会通过猪粪最后进入土壤,陈秋会等发现猪粪中的重金属含量与饲料中的重金属含量呈正相关,残留的重金属含量一旦超过农田自身的排污承载力,就会积累成重金属土壤污染,尤其是铜和锌2种累计速率高的重金属<sup>[33]</sup>。另外,在生猪养殖过程中,为了保证猪肉的质量和安,通常会使用兽药来预防和治疗病猪,王建华等引入损害控制模型,发现所调查4省的兽药边际生产率接近于0,也就是说施用过量兽药的现象普遍存在,且养殖规模与兽药的投入量之间存在显著的正相关<sup>[34]</sup>。兽药的残留主要体现为游离的形式,在与蛋白结合后相对稳定,受药物污染的微生物多有耐药性,水生动物的免疫行为降低,土壤的呼吸作用明显变弱,最终在环境中转归在动植物中富集<sup>[35]</sup>。

关于规模化生猪养殖带来的环境污染,学者们更多地归结于粪便处理不当这一原因。传统养殖会将动物食用后的残渣、排泄出的废物以肥料的形式再次返回到土地中,而规模化养殖则是将动物在一定的空间内进行饲养。原农业部 2007 年发布的《标准化规模养猪场建设规范》(NY/T 1568—2007)提出,标准化规模养殖需要具有一定规模采用标准化饲养,实现安全、高效、生态、连续均衡的生产<sup>[36]</sup>,动物产生的养殖废料应存放于统一规划的污粪池中,就地使用或将其运输到邻近区域使用,但当因其分量过多时,若对养殖废料不进行处理就排放使用会导致磷、氮及砷超标,对养殖场周围和使用养殖废料周围造成以下污染。

**2.3.1 土壤污染** 养殖过程中,饲料中的营养物质并不会完全被吸收,如猪对氮的消化率仅为 30% ~ 50%,对磷的消化率仅为 20% ~ 50%<sup>[37]</sup>。因此,对废料不进行处理就排放使用会导致氮和磷排放超标,而大部分的含氮化合物会转化成硝酸盐,王开峰等在对稻田重金属含量及其有效的影响具体研究中,发现长期施用中量或高量的猪厩肥之后会明显提高稻田土壤中锌、铜、镉等重金属的生物有效性,其有效态含量分别比对照组增加 87.3%、65.8% 和 41.4%,砷的总量明显提高<sup>[38]</sup>。多种重金属物质会留在表土层,极易被蔬菜吸收和富集,通过食物链进入人体,在人体肠胃中  $\text{NO}_3^-$  可被还原为  $\text{NO}_2^-$ ,而  $\text{NO}_2^-$  可以形成致癌物质亚硝酸胺,危害人畜的生命健康,且铅、镉、无机砷汞等重金属在体内蓄积,对肾脏亲和性强,对其功能有严重影响,因为这类重金属半衰期可达 10 ~ 30 年,能长期影响人的身体,日积月累富集增高含量,引起器官衰竭<sup>[39-40]</sup>。另外,土壤中的溶解盐会增加土壤盐分,影响植物生长<sup>[41]</sup>。除了以上 2 种化合物,中国一级土壤环境质量标准还规定土壤砷含量不能超过 15 mg/kg,但按美国食品和医药管理局计算,1 万头生猪养殖场 5 ~ 8 年就排出 1 t 以上的砷,由此可见,若对废料不加管理,则会对土壤造成严重污染<sup>[42]</sup>。

**2.3.2 水源污染** 随着土壤中的硝酸盐等有害物质的含量增加,当雨水或浇灌水流入时会将硝酸盐带入地下水层或者附近水域,导致水域或者地下水层富营养化,从而使藻类等水生植物生长加快,水中的化学需氧量和生物需氧量增加,水体的生态失去平衡,水生动物窒息死亡,进而影响水质、环境以及周围人的身体健康<sup>[43]</sup>。另一方面,因磷酸根与砷

的竞争吸附机制,大量的磷酸进入土壤置换出砷,部分砷被吸附溶解到地下水当中,使地下水遭到污染<sup>[44]</sup>。20 世纪 60—90 年代,随着孟加拉的农田磷肥使用量逐渐增加,当地农田中使用的磷肥量过大导致地下水砷污染的现象产生<sup>[45]</sup>。畜禽粪便中存在大量的氮、磷、有机悬浮物、重金属、致病菌及寄生虫,且微生物分解过程中会造成水体缺氧,从而释放出大量的氮磷元素,影响水生生物的生存,同时铜、锌的排放主要来源于饲料中过量的微量元素添加剂,绝大部分仍以粪便的形式释放到环境中,降低了水体的自净能力,使水质恶化<sup>[46]</sup>。

**2.3.3 空气污染** 生猪养殖中,由于粪便等堆积会产生大量的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{S}$  等气体,含有甲烷、吡啶、粪臭素等有毒、有害气体成分及大量的细菌,徐伟朴等对漏缝地板、机械通风的育肥猪舍颗粒物 and  $\text{NH}_3$  浓度进行了为期 1 年的测定,结果显示,舍内  $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_1$  的年均浓度分别为 0.719、0.039、0.015  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,舍内  $\text{NH}_3$  的平均浓度为 14.2  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,依照我国现  $\text{PM}_{10}$  标准年均浓度 0.04  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,可见畜禽养殖对周围环境的污染程度严重<sup>[47]</sup>。未经处理的污浊气体若排入周围大气中,主要以颗粒物为载体的呼吸性粉尘能够引起支气管炎、过敏性肺炎、职业性哮喘等呼吸类疾病,对人体呼吸道肺部等器官直接产生刺激和致敏作用<sup>[48]</sup>。

**2.3.4 病原微生物污染** 经证实,人畜共患病的病原体约有 150 种可在畜禽养殖产生的养殖废料中存活<sup>[49]</sup>。王小垒等发现,排放的污水中含有大量的大肠杆菌以及活性较高的沙门杆菌、致病虫卵,若未经处理就排放会感染规模化养殖的动物,对养殖场周围环境和人体健康也有一定的影响<sup>[50]</sup>。聂赞彬以 2018 年 8 月在我国确诊的非洲猪瘟为切入点,发现这是一种针对于猪传染性极强的疾病,在饲养过程中会造成生猪之间直接或间接传播,具体的传播方式有排泄物、体液、寄生虫等,并提出对于养殖废料进行统一处理排放能有效控制疫情的传播<sup>[51]</sup>。

## 2.4 环境效率的测度研究

张晓恒等将氮盈余作为污染物,使用面板数据测算我国六大地区的技术效率和环境效率,并区分了养殖小区和规模养殖场 2 种规模养殖方式,证实了我国西南和华北地区的环境效率更高,均高于平均值,相较于养殖小区,规模养殖场的环境效率更低,但呈现逐年上升的趋势,这一现象归结于技术

效率的提高,两者之间存在正相关关系<sup>[52-53]</sup>。同样从不同规模养殖规模出发,王善高等利用污染物的理论最小数量与实际量的比值为环境效率,在考虑劳动力等常规要素投入后,计算出污染物的潜在减少量,发现生猪的饲养周期为核心影响因素,中规模(年出栏 100~1 000 头)养殖场的消减量最少,说明这种规模是相对环境友好的,当环境效率高时,生猪饲养污染物的消减量也相应减少<sup>[54]</sup>。王凡等重新定义了畜禽养殖环境效率,即表现为一定经济产出向环境排放的污染物,将畜禽产出量与向环境排放的污染物之间的比例关系用于说明环境污染与环境效率的矛盾,得出全国 31 省五大类型中水资源丰富的地区环境效率更高,多处于环渤海地区,其次西南地区的环境效率也高于其他区域<sup>[55]</sup>。You 等采用 DEA-Tobit 分析中国 31 个省份集约化生产企业的生态效率,发现只有 6 个省份的总效率完全有效,且规模效率一般低于技术效率<sup>[56]</sup>。在空间分布上,西部地区的技术效率高于东部和中部地区。Zhang 结合了主成分分析和数据包络分析 2 种模型,对四川省环境效率进行测度,发现环境的质量并没有随着经济的发展而得到改善,甚至出现了下降的趋势,环境区域之间差异显著,治理的政策和措施等要因地制宜,具体表现为生态环境投入产出效率较低,这主要是由技术效率低下和规模不合理导致的<sup>[57]</sup>。

### 3 生猪养殖的环境友好型生产研究

绿色技术的发展一直是解决环境问题的首要利器,不仅可以治理污染,还可以弥补现代技术尤其是非环保技术带来的负效应<sup>[58]</sup>。用全球价值链来表示可以发现环境库存涅茨效益,即“倒 U”形,而突破瓶颈实现飞跃的关键在于技术的革新和排放体系的重构<sup>[59]</sup>。闫桂权等利用农业用水的实证分析发现,大多污染具有集聚性,在其他条件不改变的情况下提高农业用水的绿色技术可以显著减少集聚的局面<sup>[60]</sup>;经过环境技术效率的测算后,孟祥海等发现,在畜禽种养结合的方式上,绿色全要素生产率更高,这是由于绿色技术思想运用到了种养布局、排放合理运用等方面<sup>[61]</sup>。为降低猪粪温室气体的排放作用,雷鸣等发现,加入黄土或古土壤对于降低猪粪 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 有显著效果,土壤中的矿物质和金属结合的有机体是吸附的主要物质,但是在水分含量过多的猪粪中,此反应会相应受到削

弱<sup>[62]</sup>。袁橙等通过黑水虻幼虫对 3 种含水量分别为 70%、75%、80% 的清粪进行排污处理,发现 75% 含水量的猪粪效果最好,此方法耗时短、价格低且对环境的污染小<sup>[63]</sup>。柳玲玲等建议采用发酵床养殖技术,将生猪放置于发酵床中饲养,同时以发酵菌剂、稻壳、锯木屑和米糠等作为垫料,垫料中的有益微生物可以降解猪粪,做到无排放、零污染<sup>[64]</sup>。同时,发展猪肉替代品也是一种趋势,如德国卡尔斯鲁厄理工学院(KIT)研究员发明的“人造肉”,即从动物肌肉抽取样本并使其在支架上生长,最后制成肌肉纤维,这种原本是为素食主义者而发明的,但其可大大减少规模化养殖对环境的负面影响<sup>[65]</sup>。

在政策逻辑上,Bamberg 在 2 个环境相关行为中(新公交车线路和生物商店购物)研究了实施意图对于执行的可能性,发现接受较高的货币激励与形成实施 1 项有相似的行为作用,也就是得到高货币奖励更能让受者选择新的策略或政策<sup>[66]</sup>。林丽梅等通过扎根理论探究了环境友好行为逻辑,发现行为实施成本(经济利益)和环境规制(自愿型、市场激励和命令控制)都对环境友好行为有显著影响,由此提出降低环境行为的成本,建议政府给予相对的补贴机制<sup>[67]</sup>。

除此之外,学者还对养殖户主体引导进行研究,提出建立绩效考核制度,以相关部门的官员考评为抓手,同时鼓励企业绿色生产,提供低息信贷和环保设施购置补贴,同时在各地区之间形成“一对一”的差别化标准,因地制宜相互学习<sup>[68-69]</sup>。

### 4 结论及展望

生猪规模化养殖趋势与环境保护之间的矛盾越来越受到国内外学者们的关注,一方面基于养殖场规模提出清洁生产方法,建立绿色的清洁生产机制,以提高生猪养殖的可持续性;另一方面从经济学的角度将养殖造成的污染纳入负外部性中,以最优环境污染水平作为目标;有学者通过生物科学和环境科学的研究,探索污染的具体表现;还有通过环境友好型模式的实证分析建议以绿色技术、政策逻辑以及绩效考评等方面为抓手,建立有效的规制方法。但从生猪规模养殖现状来看,目前研究还存在以下不足:(1)关于清洁生产机制所造成的成本分析比较少,按照现有研究多是从宏观角度尤其是中央政府角度进行机制建立,所带来的管理成本较高,在现实运用中缺乏可操作性。(2)从经济学角

度的外部性理论来看,现有研究主要局限于庇古和科斯 2 种研究思路,即通过政府强制性财政工具或产权界定解决外部性,但在政策实施过程中,养殖户的参与意愿被忽略,也就是说不同的政策所影响的行为意愿亟待研究。(3)学者多从具体的某一方面进行污染研究,例如规模化养殖造成的水体污染以及生猪粪便处理不当带来的土壤污染等,但少有研究分析污染与污染之间造成的化学致病甚至通过食物链传递传播污染物。(4)关于环境测度方面,目前的研究方法较多但难以形成统一公认的综合评价方法,尤其在污染物目标选取上,具有一定的主观性,加上地区之间的差异难以对整体污染进行认识。

笔者认为,下一步应该在现有的清洁机制建立的研究基础上,对不同地区的物理污染程度和养殖企业生产情况进行因地制宜地分析,为环境友好型模式地选取提供基础,同时确定合理的测度标准,对全国范围内的规模生产进行环境测度,以提供更好的政策支持和理论依据。

#### 参考文献:

- [1] Kjaerheim G. Cleaner production and sustainability[J]. Journal of Cleaner Production, 2005, 13(4): 329–339.
- [2] 张园园, 周开锋, 于超, 等. 规模养猪场户的清洁生产行为及作用机制分析[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(10): 146–151.
- [3] 张郁, 江易华. 环境规制政策情境下环境风险感知对养猪户环境行为影响——基于湖北省 280 户规模养殖户的调查[J]. 农业技术经济, 2016, 9(11): 76–86.
- [4] 贾肖月, 孙金生, 崔元培, 等. 河北省不同规模的生猪生产效率研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018, 2(4): 5–9.
- [5] 许荣, 李立清. 生猪规模化养殖与生态保护适度性研究[J]. 家畜生态学报, 2013, 34(7): 6–9.
- [6] 周杰灵, 严火其. 集约化养猪环境正义: 美国北卡州经验及启示[J]. 自然辩证法研究, 2019, 35(2): 71–77.
- [7] 赵玉明, 徐雨芳, 毕琴, 等. 重点企业清洁生产促进机制研究[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(9): 90–95.
- [8] 白艳英, 郭亚静, 宋丹娜. 强制性清洁生产审核制度实施与企业环境信息强制公开的创新[J]. 环境保护, 2014, 42(22): 50–53.
- [9] 任丙强. 地方政府环境政策执行的激励机制研究: 基于中央与地方关系的视角[J]. 中国行政管理, 2018, 11(6): 129–135.
- [10] 冯志华, 余明桂. 环境保护、地方官员政绩考核与企业投资研究[J]. 经济体制改革, 2019, 3(4): 136–144.
- [11] 孔德帅, 李铭硕, 靳乐山. 国家重点生态功能区转移支付的考核激励机制研究[J]. 经济问题探索, 2017, 14(7): 81–87.
- [12] 王德凡. 基于区域生态补偿机制的横向转移支付制度理论与对策研究[J]. 华东经济管理, 2018, 32(1): 62–68.
- [13] 葛继红, 徐慧君, 杨森, 等. 基于 Logit–ISM 模型的污染企业周边农户环保支付意愿发生机制分析——以苏皖两省为例[J]. 中国农村观察, 2017(2): 93–106.
- [14] 仇伟光. 污染物排放总量控制和排污权交易对清洁生产的促进作用[J]. 环境保护科学, 2004, 30(6): 65–67.
- [15] 李丹阳, 孙少泽, 马若男, 等. 山西省畜禽粪污产生量估算及环境效应[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(4): 480–486.
- [16] 吴成建, 苏峰, 方成刚, 等. 畜禽养殖废弃物资源化利用及生态茶园种养复合模式研究[J]. 西南农业学报, 2020, 33(1): 161–167.
- [17] 徐燕, 彭方明, 霍仕平, 等. 山区旱地猪—沼—粮(玉米)循环模式的研究与效益评价[J]. 中国土壤与肥料, 2018(4): 159–165.
- [18] Zheng C H, Liu Y, Bluemling B, et al. Modeling the environmental behavior and performance of livestock farmers in China: An ABM approach[J]. Agricultural Systems, 2013, 11(122): 60–72.
- [19] Yan Z Y, Wang C, Xu J P, et al. Examining the effect of absorptive capacity on waste processing method adoption: A case study on Chinese pig farms[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 4(215): 978–984.
- [20] Caracciolo F, Cicia G, Giudice T D, et al. Lombardi[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 20(112): 121–130.
- [21] 李冠杰. 开放经济下环境规制强度对环境污染的外部性影响研究[J]. 统计与决策, 2018, 34(8): 105–108.
- [22] Ayres R U, Kneese A V. Production, consumption, and externalities[J]. The American Economic Review, 1969, 59(3): 282–297.
- [23] 沈洪涛, 黄楠. 政府、企业与公众: 环境共治的经济学分析与机制构建研究[J]. 暨南大学学报(哲学社会科学版), 2018, 40(1): 18–26.
- [24] 李晓萍, 张亿军, 江飞涛. 绿色产业政策: 理论演进与中国实践[J]. 财经研究, 2019, 45(8): 4–27.
- [25] 冯梅, 闫雅芬, 吴迪. 基于负外部性视角下中国工业环境责任评价体系研究[J]. 宏观经济研究, 2019(4): 63–72, 152.
- [26] 周月书, 笕钰婕, 于莹. “互联网+农业产业链”金融创新模式运行分析——以大北农生猪产业链为例[J]. 农业经济问题, 2020, 41(1): 94–103.
- [27] 左玉辉. 环境经济学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 40–71.
- [28] 王欢, 乔娟, 李秉龙. 养殖户参与标准化养殖场建设的意愿及其影响因素——基于四省(市)生猪养殖户的调查数据[J]. 中国农村观察, 2019(4): 111–127.
- [29] 于婷, 于法稳. 环境规制政策情境下畜禽养殖废弃物资源化利用认知对养殖户参与意愿的影响分析[J]. 中国农村经济, 2019(8): 91–108.
- [30] 陈晓亮, 魏晓博, 罗妍霞. 基于资源价值流成本核算下生猪养殖生产效率的比较分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(16): 40–44.
- [31] 韩冬梅, 金书秦, 胡钰, 等. 生猪养殖格局变化中的环境风险与防范[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(6): 951–958.
- [32] 张英, 武淑霞, 刘宏斌, 等. 基于种养平衡的河南省畜禽养殖分析及其环境污染风险研究[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4):

- 24-30, 52.
- [33] 陈秋会, 席运官, 张弛, 等. 有机与常规养殖生猪粪便重金属污染特征与农用风险评价[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(3): 351-356.
- [34] 王建华, 邓远远, 朱淀. 生猪养殖中兽药投入效率测度——基于损害控制模型的分析[J]. 中国农村经济, 2018(1): 63-77.
- [35] 陈杖榴, 杨桂香, 孙永学, 等. 兽药残留的毒性与生态毒理研究进展[J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(1): 88-91.
- [36] 耿言虎. 农村规模化养殖业污染及其治理困境——基于巢湖流域贝镇生猪养殖的田野调查[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2017, 19(1): 50-59.
- [37] 许稳, 刘学军, 孟令敏, 等. 不同养殖阶段猪舍氨气和颗粒物污染特征及其动态[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(6): 1248-1254.
- [38] 王开峰, 彭娜, 王凯荣, 等. 长期施用有机肥对稻田土壤重金属含量及其有效性的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 105-108.
- [39] 许文志, 朱永群, 王谢, 等. 四川省畜禽粪肥料化利用环境影响评估[J]. 西南农业学报, 2019, 32(5): 1104-1113.
- [40] 罗海军, 吴益春, 宋洪强, 等. 菲律宾蛤仔中铅、镉、汞、无机砷的含量分析及食用安全性评价[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 189-192.
- [41] Xiao Y H, Huang Q H, Chen L, et al. Growth and photosynthesis responses of *Phaeodactylum tricornutum* to dissolved organic matter from salt marsh plant and sediment[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(8): 1239-1245.
- [42] 乔海云. 规模养殖污染与生态畜牧业[J]. 中国畜禽种业, 2008, 4(14): 61-62.
- [43] 刘晓东, 王珏. 地表水污染源识别方法研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 31(2): 302-311.
- [44] 刘杰, 李红卫, 吕谋, 等. 黄河水体对北郊水源地砷污染的影响研究[J]. 中国给水排水, 2016, 32(9): 77-80.
- [45] 石元亮, 王玲莉, 刘世彬, 等. 中国化学肥料发展及其对农业的作用[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 852-864.
- [46] 吴浩玮, 孙小淇, 梁博文, 等. 我国畜禽粪便污染现状及处理与资源化利用分析[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(6): 1168-1176.
- [47] 徐伟朴, 陈同斌, 刘俊良, 等. 规模化畜禽养殖对环境德污染及防治策略[J]. 环境科学, 2004, 25(增刊1): 105-108.
- [48] 刘雪洋, 支晨曦, 潘宏伟, 等. 某煤矿接尘工人下呼吸道疾病的患病现状调查[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 11(7): 78-88.
- [49] 朱宏儒, 刘璐, 杨国静. 我国新发人畜共患寄生虫病的流行现状[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2013, 25(4): 417-421.
- [50] 王小垒, 何家乐, 刘言, 等. 污水河道污泥中大肠杆菌抗生素抗性 with 金属耐受性的耦合分析[J]. 环境科学学报, 2020, 40(5): 1734-1744.
- [51] 聂赞彬, 乔娟. 非洲猪瘟发生对我国生猪产业发展的影响[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(1): 11-17.
- [52] 张晓恒, 周应恒, 张蓬. 中国生猪养殖的环境效率估算——以粪便中氮盈余为例[J]. 农业技术经济, 2015(5): 92-102.
- [53] Zhou Y H, Zhang X H, Tian X, et al. Technical and environmental efficiency of hog production in China: a stochastic frontier production function analysis[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(6): 1069-1080.
- [54] 王善高, 周应恒, 张晓恒. 畜禽养殖环境效率及其污染物减排——以不同规模生猪养殖为例[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(9): 232-247.
- [55] 王凡, 朱哲敏, 刘春燕. 中国畜禽养殖环境效率省区特征研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2018, 36(3): 7-14.
- [56] You H Y, Zhang X L, Govindan K. Ecoefficiency of intensive agricultural production and its influencing factors in China: An application of DEA-Tobit analysis[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2016(1): 14-21.
- [57] Zhang Y C. Study on evaluation of rural ecological environment and its influencing factors in Sichuan Province[J]. Journal of Agricultural Science, 2012, 4(1): 23-30.
- [58] 孙颖, 杨红娟. 现代科技生态负效应的表现、成因及应对[J]. 生态经济, 2020, 36(4): 219-223.
- [59] 徐博, 杨来科, 钱志权. 全球价值链分工地位对于碳排放水平的影响[J]. 资源科学, 2020, 42(3): 527-535.
- [60] 闫桂权, 何玉成, 张晓恒. 绿色技术进步、农业经济增长与污染空间溢出——来自中国农业水资源利用的证据[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2921-2935.
- [61] 孟祥海, 周海川, 杜丽永, 等. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长变迁——基于种养结合视角的再考察[J]. 农业经济问题, 2019, 40(6): 9-22.
- [62] 雷鸣, 程于真, 陈竹君, 等. 添加黄土或古土壤降低猪粪温室气体综合排放效应[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(7): 1624-1632.
- [63] 袁橙, 魏冬霞, 解慧梅, 等. 黑水虻幼虫处理规模化猪场粪污的试验研究[J]. 畜牧与兽医, 2019, 51(11): 49-53.
- [64] 柳玲玲, 范成五, 陈量, 等. 贵州生猪养殖的环境污染风险与治理对策[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(2): 165-168.
- [65] 赵鑫锐, 王志新, 邓宇, 等. 人造肉生产技术相关专利分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(5): 299-305.
- [66] Bamberg S. How does environmental concern influence specific environmentally related behaviors? A new answer to an old question[J]. Journal of Environmental Psychology, 2003, 23(1): 21-32.
- [67] 林丽梅, 韩雅清. 规模化生猪养殖户环境友好行为的影响因素及规制策略: 基于扎根理论的探索性研究[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(10): 1259-1267.
- [68] 郭华云, 刘玉, 张华彬, 等. 依法防治污污推进畜禽养殖污染防治——以盐城市农村畜禽养殖工作为例[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(8): 260-264.
- [69] 魏晓博, 彭珏. 环境规制、环境规制竞争与地区生猪养殖产值增长——基于空间杜宾面板模型的实证研究[J]. 农村经济, 2017(11): 43-50.