

20 世纪以来美国生猪粪肥养分管理变迁研究

周杰灵 严火其

(南京农业大学 中华农业文明研究院, 江苏 南京 210095)

【摘要】20 世纪以来,美国生猪粪肥管理在观念、政策、技术上经历了巨大的变化,并在养分管理和农业面源污染治理方面积累了宝贵的经验。作为传统生猪养殖大国和养殖粪污最多的国家之一,中国应借鉴美国生猪粪肥养分管理发展经验;建立养殖粪肥种植业利用的综合养分管理政策体系;落实综合养分管理技术措施;加强对综合养分管理实践活动的财政支持力度。

【关键词】美国生猪;粪肥;综合养分管理

【中图分类号】S-09;K207 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-4459(2019)01-0035-11

Research on Changes of U.S. Hog Manure Nutrient Management since 20th Century

Zhou Jie-ling Yan Huo-qi

(Institution of Chinese Agricultural Civilization, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract: Since 20th century, U.S. hog manure management has undergone tremendous changes on concept-policy-technology, accumulating treasury experiences of reducing agricultural non-point source pollution along with nutrient management. As a traditional hog raising country with the largest amount of manure to be processed in the world, China needs to draw on the U.S. experiences as follows: Setting up policy systems to promote manure application for crops; Adopting technical measures for comprehensive nutrient management; Strengthening financial support for practices of comprehensive nutrient management.

Key words: U.S. Hog; manure; comprehensive nutrient management

美国是世界上主要的生猪养殖大国,也是集约化养殖污染问题最早显现的国家之一。20 世纪以来,美国生猪粪肥管理在观念、政策、技术上经历了巨大的变化,并在养分管理和农业面源污染治理方面积累了宝贵的经验。本文以 20 世纪以来美国农业部经济研究中心公布的调查数据和国内外相关研究文献为参考,从美国早期生猪粪肥养分管理的历史背景入手,分析 20 世纪以来美国生猪养殖污染产生的原因,整理美国生猪养殖粪污治理的措施,总结美国生猪粪肥养分管理的成效,并探讨了对中国的启示。

【收稿日期】2018-09-16

【基金项目】2016 年度国家社科基金重大项目“生态学范式争论的哲学研究”(16ZDA112)

【作者简介】周杰灵(1991-),女,南京农业大学中华农业文明研究院 2015 级博士研究生,研究方向为科技史;

严火其(1963-),男,南京农业大学中华农业文明研究院教授、博士生导师,主要从事农业历史和科学思想史研究。

一、美国生猪粪肥养分污染的产生及其早期治理

(一)美国早期生猪粪肥养分管理状况

美国养猪业主要分布在美国东玉米带(Eastern Corn Belt),西玉米带(Western Corn Belt),大西洋沿岸中部(Mid-Atlantic),以及南部(South)、西部(West)共 22 个州的养殖区域(见图 1)。由于美国玉米带生产了美国 70%以上的玉米,为养猪生产提供了充足、廉价的饲料玉米,所以 80%美国生猪生产分布在玉米种植地带^①。

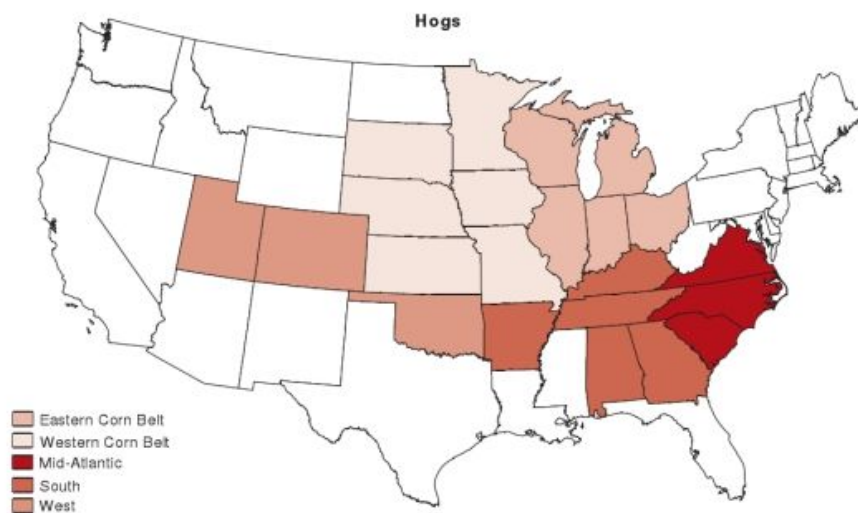


图 1 美国生猪养殖农场分布图

图表来源:USDA/Economic Research Service

资料来源:USDA, Agricultural Economic Report 824. Manure Management for Water Quality: Costs to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrients to Land. June 19, 2003, p.14.

说明:图中所示美国东玉米带(Eastern Corn Belt)包括:伊利诺斯、印第安纳、密歇根、俄亥俄、威斯康星五个州;西玉米带(Western Corn Belt)包括:爱荷华、堪萨斯、明尼苏达、密苏里、内布拉斯加、南达科他六个州;大西洋沿岸中部(Mid-Atlantic)包括:北卡罗来纳、南卡罗来纳、弗吉尼亚三个州;南部养殖区(South)包括:阿拉巴马、阿肯色、乔治亚、肯塔基、田纳西五个州;西部养殖区(West)包括:科罗拉多、俄克拉荷马、犹他三个州。

20 世纪以前,动植物养分平衡与作物收成之间的关系一直是困扰美国农业的一大难题。虽然许多农户都深谙土壤养分被作物带走的道理,但很少有人知道如何以最佳方式将养分归还土地,几乎没有人真正懂得土壤肥力恢复的内在机理^②。20 世纪初,美国一些资深植物学家、土壤专家、以及基督教北浸礼会传教士开始从中国大量引进优良大豆和谷物品种^③,并从中国保持地力千年不衰的农业实践中获得了如何利用豆科类作物以及粪肥养分来恢复农田肥力的启示^④。大豆原产中国,优良大豆作物含有高质量的蛋白质,是动物饲料蛋白的主要来源;大豆根瘤菌有强固氮作用,可补充土壤中被玉米

① 朱增勇、刘现朝:《美国畜牧业历史及其现状》,《世界农业》2010 年第 7 期。

② Steven Stoll. Larding the Lean Earth, A Division of Farrar, Straus and Giroux, New York, 2003, p.14.

③ 刘琨、李群:《美国引种中国粮食作物活动研究(1908-1924)》,《中国农史》2015 年第 6 期。

④ F.H.King. Farmers of Forty Centuries or Permanent Agriculture in China, Korea and Japan. Rodale Press,1911.

生长所带走的氮素养分;而大豆作为生猪饲料,则可增加生猪粪肥的氮素养分,提高生猪粪肥的肥效。因此,大豆种植在美国生猪养殖的玉米带中得到广泛推广。至 20 世纪 40 年代,仅伊利诺斯、爱荷华、印第安纳、俄亥俄和密苏里州等玉米带的大豆种植面积就已占全美大豆种植面积的 70%^①。

二战之前,美国玉米带的生猪饲养以小规模家庭农场为主。猪舍紧挨农田而建,并可随作物种植地块的变动进行移动,被称为“移动的猪舍(movable hog houses)”。农户在玉米和大豆成熟时,通常会直接将猪放养在田间进食来取代对饲料作物的收割,这样不仅可以在农忙时节里节省大量的人力费用,而且还可通过猪粪尿的还田利用,使土壤肥力得到有效恢复。这种养猪方式需要在农田四周设置栅栏以防猪跑脱,虽然修建猪栅栏需要额外投入一些人力和物力,但相关费用与雇佣人力进行作物收割的费用相比还是要节省很多,更何况养猪场可以在农闲时就将猪栅栏修建好,并且从土壤肥力恢复中得到补偿^②。有经验的养殖农户会在猪舍旁挖一粪坑,将收集到的猪粪尿连同烂菜帮叶、树皮等有机废弃物一同倒入粪坑中,有时也会掺入一些泥土进行搅拌,通过发酵、腐熟后施用于玉米和大豆轮作的农田里。在这样的小规模家庭养猪农场里,农田中有机质和微生物含量丰富,生猪粪肥中最易流失的尿素成分在微生物作用下会以缓释方式向作物提供氮素养分^③。土壤—作物—猪粪尿之间形成密闭的养分循环,可有效防止粪肥养分的流失和环境污染问题。

(二)美国生猪粪肥养分污染产生的原因及其危害

二战之后,原本在战争期间应用哈伯—博施的大批量工业合成氨方法制造炸药的美国化工厂纷纷转向生产农用化肥。由于玉米生长特别需要氮素养分,美国玉米带便成为人工合成氮肥的主要消费基地,种植业生产逐渐变化为主要依靠化肥满足作物对各种养分的需要。人工合成氮肥的广泛应用割裂了养殖业与种植业之间通过动物粪便还田形成的传统养分循环链条,随后出现了种养完全分离的高度专业化、规模化的种植产业以及同样高度集约化发展的动物养殖业。这种现象在美国玉米带农场中表现得尤为突出。种植农户依靠化肥不断提高玉米、大豆的产量;养殖农户则通过购买价格低廉的大豆、玉米饲料来满足集约化养殖业生产需求。由于玉米、大豆这类条播作物的生长周期仅为数月,每年从土壤中带走的氮素养分不足氮肥施用量的 50%,大约一半以上的氮肥养分通过农田径流或氨挥发成为农业面污染源^④。

1950—1972 年间,由于大量施用化肥农药,美国已出现耕地板结,土壤有机质丧失,微生物活性减弱等一系列问题。水污染问题也十分严重。全美 47 条主要河流湖泊中,有 22 条污染面积占总面积的 40%以上^⑤。养殖粪污的养分流失更是加剧了美国的水体污染。相比牛粪和羊粪等反刍动物的粪便,猪粪和鸡粪在淹水条件下的铵态氮释放量要大很多^⑥,由猪粪池泄漏导致的水污染问题更显突出。

1991 年,以弗吉尼亚作为生猪屠宰生产基地的史密斯菲尔德食品公司(Smithfield Food Inc.)由于已无法在当地找到符合该州环保法律规范的生猪粪污排放场所,转而在经济相对落后且环保环境相对宽松的北卡罗莱纳州布莱登县(Bladen County)建立了世界最大的生猪屠宰场,每天生猪屠宰数量达 2.4 万头,年生猪屠宰数量高达 876 万头。此后,北卡罗莱纳成为美国生猪养殖发展最快的一个州。1995 年夏季,北卡罗莱纳州沿海区域七家大规模生猪养殖场的露天粪污池发生泄漏,超过 4000 万加

① 贺锡苹:《美国大豆生产》,《世界农业》1980 年第 4 期。

② H.C.M. Case, Robert C. Ross. The Place of Hog Production in Corn-Belt Farming, University of Illinois Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 301, 1927, p.163.

③ Steven Stoll. Larding the Lean Earth, A Division of Farrar, Straus and Giroux, New York, 2003, p.7.

④ George Boody, Brain DeVore. Redesigning Agriculture. BioScience. 2006, Vol.56 No.10, p.9-45.

⑤ 刘北桦等:《美国农业环境治理及对我国的启示》,《中国农业资源与区划》2015 年第 4 期。

⑥ 沈其荣等:《有机肥氮素的矿化特征及与其化学组成的关系》,《南京农业大学学报》1992 年第 1 期。

仑的猪场粪污泻入北卡罗莱纳州东部海域,引起大面积毒费氏甲藻暴发,造成约 1500 万尾鱼的死亡^①。

有毒费氏藻的形成主要是由于大规模养殖场产生的猪粪和鸡粪养分进入水体所致^②。美国生猪养殖量最大的爱荷华州在 20 世纪末的十年中一共发生粪污池外溢事件 329 起,其中猪粪污染就占 74%^③。大量畜禽粪便的氮、磷养分进入水体后造成水质富营养化,刺激毒费氏藻生长并造成大量鱼类及贝壳类水生动物的死亡。

除畜禽粪便储存泄漏或直接排入水体的动物粪尿引发的水污染问题外,长期存放的猪粪尿污染问题也不断显现。虽然这些猪粪尿大多在露天氧化塘经腐熟分解后被施用到农田之中,但由于养猪场农田有限,过剩的粪肥养分还是通过农田径流、淋溶,或氨挥发不断污染水体和空气。

(三)美国生猪粪肥养分污染的早期治理及缺陷

早在 1948 年,美国就启动了《联邦水污染控制法案》,建立了国家污染物减排系统(NPDES),将集约化畜禽养殖定义为点源污染的一种,首次提出了用“养分管理”方法来控制水污染^④。但该法案所提到的“养分管理”只是针对日常生活、公共休闲、以及水产养殖等不同水源的养分状况确定污染物质的最大日容量(Total Maximum Daily Load),并授权联邦卫生部实施管理与监督,并未触及集约化畜禽养殖粪便的养分污染治理问题。

20 世纪 70 年代初,美国每年从工厂、城市居民、和畜禽养殖场排出的大量污水造成河流湖泊的严重污染。由于当时大部分污水来自于工厂和城市居民的污水排放,美国政府便将工厂、城市居民的污水连同畜禽养殖场的粪污一道按照点源污染进行政策规范和治理。自 1972 年实施《清洁水法》之后,美国联邦政府每年拨款 20 余亿美元用于新建和改建污水处理厂,力求控制排污点源对水体的污染^⑤。《清洁水法》要求畜禽养殖场必须获得国家污染物减排系统许可证后方可从事粪污排放,许可证由环境保护署或 44 个州的授权机构予以签发。

1974 年,美国环境保护署对纳入国家污染物减排系统管理范围的养殖场和集约化养殖场进行了定义。将任意 12 个月内在无种植物或饲料作物生长地封闭饲养动物 45 天以上的农场定义为养殖场。养殖场规模在 1000 个动物单位以上^⑥;或养殖量在 301~1000 个动物单位之间,且直接通过人工水沟、粪污冲洗系统等人工设施将粪污排入水体;以及直接向美国天然河道或水体排放粪污的所有养殖场认定为集约化养殖场^⑦。集约化养殖场采用家禽干粪处理系统的不在国家污染物减排系统控制范围之内。

至 20 世纪 80 年代,尽管美国废水排污点源得到了有效控制,但水体的质量并未发生重大改善,非点源污染代替了点源污染成为美国水体污染的主要来源。在受非点源污染的 16.5 万英里河流中,农业污染占 64%;在受非点源污染的 8 百多万英亩湖泊中,农业污染占 57%^⑧。农业污染包括化肥和农药的过量应用以及养殖粪污通过农田径流或淋溶形成的污染。由此可见,美国早期污染治理效果并

① Michelle. Nowlin, Point, Journal of Soil and Water Conservation, 1997, Vol.52, p.5.

② Carol. J. Hodne, Concentration on Clean Water: The Challenge of Concentrated Animal Feeding Operations, A report for The Iowa Policy Project, 2005, p.10.

③ U.S. Environmental Integrity Project, 2014, p.14.

④ 向玥皎、马林、张福锁等:《美国养分管理政策法规对中国的启示》,《世界农业》2011 年第 3 期。

⑤ 张永吉:《美国水体的非点源污染概论》,《环境科学动态》1988 年第 4 期。

⑥ 一个动物单位相当于 2.5 头重量超过 25 公斤的猪。

⑦ USDA, Agricultural Economic Report 824: Manure Management for Water Quality: Costs to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrients to Land, June 19, 2003, p.8.

⑧ 张永吉:《美国水体的非点源污染概论》,《环境科学动态》1988 年第 4 期。

不理想。究其原因,主要存在如下几方面的问题:

(1)认识上存在误区。长期以来,人类中心论、资源无限论、以及经济利益至上论等西方哲学与经济理论几乎成为美国社会的文化根基^①。农民为了追求经济利益最大化,总是尽可能地去消耗资源,尽可能地扩大生产规模,而对农业规模化运作过程中的养分流失问题则很少有人问津。

(2)政策调节的片面性。由于早期清洁水法未将农业面源污染纳入控制范围,一些大规模养殖农场为规避点源污染的处罚,就把大量的粪肥施用到较小的土地上,或将养殖粪污放置在露天粪污池中任其腐熟分解,使得粪肥中的养分经农田径流和氨挥发又形成更加严重的污染问题。

(3)监督管理缺位。动植物养分流失是农业面源污染的主要原因之一,而动植物养分管理涉及众多农业管理部门,单靠卫生或环境保护部门很难从专业角度实施有效监管,更不用说从农业养分管理的源头上进行监督和指导了。

(4)农民治理污染的动力不足。早期污染治理强调结果控制而缺乏对过程的控制和奖惩机制。一些大规模养殖农场从自身经济利益考虑,不愿在粪肥养分管理过程中增加人力和物力的投入。

1982-1997年间,美国大规模生猪养殖农场中只有25%左右的饲料养分转化为动物产品,另外约75%的饲料养分存在于生猪粪污中。这些粪肥被施用在养殖场内部有限的农田后,大约有51%的氮素养分和64%的磷素养分超出其农田需用量,成为农业面源污染的主要来源^②。

二、美国生猪粪肥综合养分管理的理念与实践

(一)综合养分管理概念的提出

自古希腊罗马人的农业开始,西方农业就是以赢利为目的并始终追求一种商业精神^③。20世纪初,经济学家维弗雷多·帕累托在亚当·斯密经济学说^④的基础上提出了帕累托最优理论(The Theory of Pareto Optimality):即以利己为行为动机的完全竞争的市场经济将会导致社会资源配置的(帕累托)持续改进并最终达到最优状态。帕累托最优理论曾长期主导美国社会经济政策的走向,并对美国农业环境污染防治的政策导向起着至关重要的作用。由于现实经济条件根本无法满足完全竞争经济要求,美国一些农业环境污染防治政策非但没有达到理想的效果,一些地方甚至还出现了污染恶化的情况。

1956年,经济学家李普西(R. G. Lipsey)和美国数理经济学家兰卡斯特(K. Lancaster)在分析最优理论缺陷的基础上创立了次优理论,主张在现实经济条件根本无法满足完全竞争经济要求的情况下,认清客观存在的扭曲因素,并将这些扭曲因素作为约束条件进行综合分析后,再求最优解。次优理论阐释了这样一种观点,即只对单一的市场扭曲进行纠正但不同时纠正其他市场失灵的偏差将会导致资源分配的“帕累托持续恶化”^⑤。这一理论应用在政策领域则预示了只针对单一污染源的治理政策可能加剧其他污染问题的发生,从而导致整个社会福利水平的降低^⑥。

① Carl D. Esbjornson. Onece and Future Farming: Some Meditations on the Historical and Cultural Roots of Sustainable Agriculture in the United States, Agriculture and Human Values, June 1992, Volume 9, Issue 3.

② USDA, Economic Research Service, Confined Animal and Manure Data System, 2002a, <http://www.ers.usda.gov/data/manure/>

③ 严火其:《中国传统农业的特点及其现代价值》,《中国农史》2015年第4期。

④ Adam Smith, The Wealth of Nations. Strahan and T. Cadell, London, 1776.

⑤ Lipsey, R.G., and K. Lancaster, The General Theory of Second Best. Rev. Econ. Stud. 24 (1956), p.11-32.

⑥ Nigel D. Key and Jonathan D. Kaplan, Multiple Environmental Externalities and Manure Management Policy, Journal of Agricultural and Resource Economics; April, 2007, p.115-134.

1962年,蕾切尔·卡逊《寂静的春天》一书发表后,由于揭露了美国农业、商业为追逐利润而滥用农药,污染食品的事实,在美国社会引发了一场旷日持久的辩论。这场辩论推动了美国现代环保运动的发展,并使美国民众的环保意识得到普遍加强。

20世纪90年代以后,畜牧业和作物生产中废弃物养分流失对水体和空气的污染再度引起美国社会的广泛关注,人们从次优理论的角度开始重新审视以往的环境保护政策和措施,并对农业面源污染的产生和危害有了进一步的认识。农业环境污染不再被简单地划分为养殖污染和化肥农药污染,而是被当作动植物综合养分管理问题。这种对农业环境污染认识的提高也在美国政府的污染治理政策中得到体现。1998年美国推出清洁水行动计划(Clean Water Action Plan),要求将农业面源污染作为水污染的主要源头进行治理。1999年美国农业部和环境保护署联合发布畜禽养殖粪污治理统一国家战略,并推出畜禽粪便综合养分管理计划(CNMP),要求规模化养殖场将粪污作为养分还田的管理对象,以减少养殖粪污通过农田径流和氨挥发形成的农业面源污染^①。

(一) 政策实践

畜禽粪便综合养分管理计划的实施对美国养殖农户的影响很大,许多生猪养殖户在20世纪末已意识到有效的养殖实践必须与持续改善的粪肥管理实践相结合才能获得最大的经济利益。在此背景下,联邦政府与各州地方政府不断通过立法手段来减少养殖粪污对环境(尤其是对水质和空气)的负面影响。

美国环境保护署于2003年和2008年两度修订了清洁水法案相关集约化养殖粪污排放与申领国家污染物减排系统(NPDES)许可证的规定,以控制大规模养殖粪肥的养分通过农田径流污染水体。具体修订内容包括:取消25年/24小时暴风雨免责条款;取消家禽干粪处理系统免责条款;所有大规模养殖农场(CAFO)均须申领国家污染物减排系统(NPDES)许可证,并提交养分管理计划,制订具体的粪污处理方案以保证粪肥养分的有效还田利用;新设立的集约化养猪场、养牛场和养鸡场必需符合“零废物”排放标准;露天粪污池必须设置深度标记线^②。按照修改后的法律规定,集约化养殖场的养分管理计划必须基于农田对粪肥和化肥的最大养分需求限定进行编制,这一要求将清洁水法案的适用范围从养殖设施扩展到消纳养殖粪污的农田。当农田中的磷含量偏低时,养分管理计划须按氮养分限量进行编制;如果农田中的磷含量偏高时,养分管理计划就须按照磷养分限量进行编制。新的养分管理标准使大多数农田的施肥量得到限定,但由于消纳粪肥土地的需求增加,养殖农场实施养分管理计划的成本也会随之增加。这种状况在按照磷养分限量实施养分管理计划时更加明显。与氮养分相比,作物对磷养分的需求相对较少,因此养殖粪肥中的磷养分含量更容易过剩,使得以磷养分为基准实施养分管理计划时,需要更多消纳粪肥的土地^③。另外,新的法规对过去已申明绝不会通过农田雨水径流排放粪便而免申领国家污染物减排系统(NPDES)许可证的集约化养殖场,也要求其必须实施养分管理计划来最大限度地减少农田径流污染。一旦集约化养殖农场未严格执行养分管理计划,养殖粪污通过农田径流污染了河道或水体,将被视为违反《清洁水法》而受到罚款或关停的处罚^④。

随着联邦政府新修法规的颁布,各州地方政府也都相应修订了地方法规,而且通常还会严于国家要求。如爱荷华州就要求养殖规模在500动物单位以上的养殖场必须持有粪肥施用证方可施用粪肥,

① USDA, Agricultural Economic Report 824: Manure Management for Water Quality: Cost to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrient to Land. June 19, 2003, p.1.

② USDA, Agricultural Economic Report 824: Manure Management for Water Quality: Costs to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrients to Land. June 19, 2003, p.9.

③ Mallin, M.A. Impacts of Industrial Animal Production on Rivers and Estuaries, American Scientist, 2000(88): p. 26-37.

④ Economic Research Service, USDA. Trends and Developments in Hog Manure Management: 1998-2009/EIB-81, 2011, p.8.

施用粪肥时须根据气候、土质情况、地形坡度等条件选用规定的施肥方式。禁止在有大雨预报的情况下进行施肥;禁止在冰雪覆盖的农田上进行施肥;禁止在斜率大于 5% 的坡地上采用喷洒方式施肥,除非喷洒时能立即将粪肥翻入土中。俄克拉荷马州还规定了对猪场经营者和猪场员工实行综合养分管理 9 小时课程强制教育以及每年 3 小时的回顾学习^①。

除对《清洁水法》进行修订外,21 世纪初美国环境保护署还在《清洁空气法》的框架内启动了一项旨在减少 PM2.5 的法规修订计划。修订后的清洁空气法案要求各州、县的行政管理机构按照清洁空气法规定的 PM2.5 标准划分出未达标区域。凡存在 PM2.5 未达标区域的各州均须提交改进计划,计划须明确在 2010 年前实现达标的具体措施。由于家畜饲养和粪污储藏地所释放的氨气是 PM2.5 颗粒的主要来源,控制家畜的氨气排放就成为高度集约化养殖区域实现空气质量达标的头等要务^②。2006 年美国环境保护署还批准了一项鼓励家畜养殖户参与氨气排放监督的行动计划,该计划通过合约方式,让自愿参与监控行动的养殖专业户能抵消其过去存在的空气污染违法处罚^③。2010 年后,美国环境保护署(EPA)制定了新的温室气体报告制度,要求年排放温室气体在 25000 吨以上的养殖户,无论是粪污处理设施的所有者还是使用者,都必须要根据美国环境保护署定义的计算方法出具温室气体排放报告^④。

农户按规定的标准落实综合养分管理计划通常会增加一些费用,为了获得相应的经济补偿,养殖农户可以向美国农业部申请环境质量激励项目(EQIP)的资金支持。环境质量激励项目于 1996 年通过《联邦农业改进和改革法》的发布正式启动,由美国农业部自然资源保护局具体负责实施。当时并没有将集约化养殖农场列入项目援助范围之内。2002 年美国《农田安全和农村投资法》对环境质量激励项目的内容进行了修改,使得集约化养殖农场也能享受环境质量激励项目的资金支持。每个农户或农场可在 6 年的项目期限内申请不超过 45 万美元的资金援助。项目援助资金可用于养分管理计划的编制、动物养殖和粪污处理必备设施的建设、以及动物粪肥按照批准的方式还田所产生的运输耗费等。1996–2000 年,美国每年投入环境质量激励项目(EQIP)的资金达 2 亿美元,2002 年增加至 4 亿美元/年,2007 年后增加到 13 亿美元/年。其中 60% 的资金用于激励养殖农场粪肥养分管理的实践活动。1997–2000 年期间,美国不同区域养猪农场按养分管理农田面积计算的激励资金达到 4.35~11.51 美元/英亩。获得激励资金较高的区域大多集中在大西洋沿岸各州,这里只有 20% 的土地适合粪肥的施用,大量生猪粪肥需要长距离运送到外地农场才能满足养分管理要求。由于运输粪肥的成本较高,所以按粪肥养分管理成本计算的补偿也相对较多^⑤。2004–2009 年期间,美国不同规模养猪场实施综合养分管理计划以及获得环境质量激励项目资金支持的比例均呈上升趋势(见图 2)。

① 梁永红、杨曼、李璇:《借鉴美国综合养分管理计划推进畜禽养殖废弃物处理和综合利用》,《资源环境》2015 年第 5 期。

② U.S Environmental Protection Agency, Air Pollution Regulatory Assessment for Animal Feeding Operations, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 2000a.

③ U.S. Environmental Protection Agency, “EPA Takes Important Step in Controlling Air Pollution from Farm Country Animal Feeding Operations” News release, August 22, 2006.

④ Environmental Protection Agency, Guide for the Agriculture and Livestock Sectors: Proposed Rule: Mandatory Reporting of Greenhouse Gases, EPA-430-F-09-059, Washington, DC, June, 2009b.

⑤ Ribaud, M., A. Cattaneo, and J. Agapoff. “Cost of Meeting Manure Nutrient Application Standards in Hog Production: The Roles of EQIP and Fertilizer Offsets,” Review of Agricultural Economics 26(4) (2004), p.430.

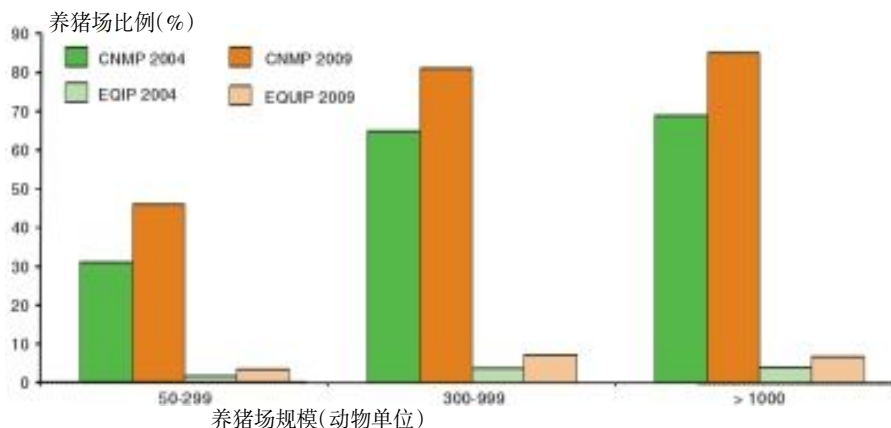


图2 美国养猪农场实施综合养分管理计划(CNMP)与获得环境质量激励项目(EQIP)资助情况变化图(2004-2009)

图表来源:USDA,ERS,1998,2004,and 2009 Agricultural Resource Management Surveys

说明:此图纵轴代表实施综合养分管理计划以及获得环境质量激励项目资助的养猪场比例;横轴代表养猪场规模(按动物单位计算)。

(三)技术措施

农户按照养分管理计划向农田施用粪肥和化肥可减少农田养分通过径流或淋溶污染水体^①。综合养分管理计划是同步实现农业生产和自然资源保护目标的一组规划和实践活动。规划内容包括:养殖场背景信息,养殖废弃物的处理与储存,农场安全防范、农田管理和土壤流失防治计划,氮和磷的流失风险评估,与养分管理保护实践规范条款相一致的养分管理计划以及操作记录等。实践活动包括:对土壤与粪肥养分含量的测定,平衡农场现有养分资源与作物需求,监测养殖农场养分平衡系统的运行状况以及核算农田的氮养分挥发与沉积等。

从全美推行综合养分管理计划的最初十年来看,养猪农场继续向集约化方向发展的态势十分明显。1998年美国有养猪场61971个,到2009年养猪场数目虽减少到24394个,而平均每个养猪场的养殖量却从1998年的2589头增加到了2009年的7930头。伴随养殖农场进一步朝集约化方向发展,其综合养分管理技术也开始出现相应变革。

(1)大规模养猪场的粪肥储存空间由露天粪污氧化塘转向密闭的粪窖池。粪污氧化塘在气温较高时会持续产生厌氧效果,并同时释放大量的氨气,污染空气。而用密闭的粪窖池存放未经稀释和处理的粪尿则可避免空气污染。在对土壤进行施肥时,通常由槽罐施肥车将槽罐中的粪肥通过软管喷射到地面,借助槽罐车尾的犁型犁将肥料施入土中或者由带长软管的拖曳软管施肥机通过与粪池连通的拖曳软管将粪尿注射到地里(见图3)^②。

1998年美国约有80%的集约化养猪场使用粪污氧化塘,仅有20%的集约化养猪场使用封闭粪窖池储粪。而到2009年之后使用封闭粪窖池的集约化养猪场已超过60%,使用粪污氧化塘的集约化养猪场则减少至40%以下。

① Economic Research Service, USDA. Trends and Developments in Hog Manure Management: 1998-2009/EIB-81, 2011, p. 12.

② U.S Environmental Protection Agency, National Emission Inventory-Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations. Draft Report, January 30, 2004a.



图 3 左:槽罐施肥车(适合浅土层施肥) 右:拖曳软管施肥机(适合深土层施肥)

图表来源:USDA/Agricultural Research Service

(2)粪肥施用方式和场所发生重大改变。1998 年以前,农民在田间施用猪粪尿主要采用喷洒或灌溉方式。由于喷洒粪肥会产生空气异味,释放出氨气和硫化氢,还会产生甲烷、氧化亚氮等温室气体,故在实施综合养分管理计划的十年里已大部分被淘汰。1998 年有 61%的农户采用固体粉末或液体喷洒方式施用猪粪尿,到 2009 年这一比例已下降为 26%。而软管注射施肥的比例则从 30%提高到了 34%,成为仅次于灌溉的第二大施肥方式^①。

由于大规模养猪场消纳粪污土地面积有限,一些大规模养猪场通常也会向邻近的种植农场提供粪肥。他们要么制成农家肥对外出售,要么承担运费将粪肥运到外地的种植农场,或者干脆免费供应邻近的种植农场。1998 年美国养猪农场中仅有 23%的粪肥供农场外施用,2009 年这一比例已提高到 34%。

(3)粪肥养分测试普遍化。对养殖动物粪肥进行养分测试是美国许多州在审定养分管理计划时要求集约化养殖户必须履行的义务。由于猪粪中含磷量较高,养殖户通常会在猪饲料中添加适量植物磷酸酶以减少猪粪中的磷含量。据美国农业部的一项调查报告证实:在猪饲料中加入植物磷酸酶可减少猪粪中的磷富集,可使基于磷素标准进行养分管理的大规模养猪场成本降低 20%^②。1998 年美国仅有 12%的养猪场在猪饲料中添加植物磷酸酶,2009 年在猪饲料中添加植物磷酸酶的养猪场已增加至 39%(见表 1)。

表 1 美国养猪农场粪肥养分管理实践情况表

| 粪肥养分管理内容 | 1998(%) | 2004(%) | 2009(%) |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| 基于全部养猪农场 (按动物单位计算) | | | |
| 实施粪肥氮素养分测试的农场 | 51 | 73 | 86 |
| 实施粪肥磷素养分测试的农场 | 50 | 72 | 84 |
| 混合测试粪肥与化肥养分的农场 | 48 | 39 | 44 |
| 实施综合养分管理计划的养猪农场 | 无 | 62 | 82 |
| 猪饲料中添加植物磷酸酶的农场 | 12 | 30 | 39 |

数据来源:USDA, ERS, 1998, 2004, and 2009 Agricultural Resource Management Surveys

③ Economic Research Service, USDA. Trends and Developments in Hog Manure Management: 1998–2009/EIB–81, 2011, p. 14.

② USDA, Agricultural Economic Report 824: Manure Management for Water Quality: Costs to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrients to Land, June 19, 2003.

三、美国生猪粪肥综合养分管理的成效及启示

(一)美国生猪粪肥综合养分管理的成效

第一,综合养分管理计划得到普遍推广。从单纯的粪肥养分管理到化肥与粪肥的综合养分管理是美国生猪粪污养分管理取得的重大突破。1999年,美国农业部和环境保护署发布联合国家战略,目标就是所有养殖农场,无论规模大小,都应自觉采用综合养分管理计划来管理化肥和粪肥的养分资源。尽管这个目标尚未完全实现,但82%以上的生猪养殖农场(按动物单位计算)已在2009年后实行了综合养分管理计划。

第二,养殖农场粪肥养分测试比例不断增加。农户按氮、磷养分标准分别制定合理施用量使农田养分需要量与肥料施用量得到最佳匹配,从而最大限度地减少了养分流失,为实现种植业的“化肥零增长”目标提供了技术保障。2014年,美国平均每公顷农田施用的氮、磷、钾肥量分别只占同期中国的18.47%、16.5%、和41.67%^①。尽管化肥仍然是美国农田的主要肥料来源,但化肥与粪肥的综合养分管理对控制化肥使用量起到了明显的效果。

第三,养殖粪肥的还田技术得到不断改进。固体粪肥与液体粪肥喷洒方式在不断减少,取而代之的是密闭良好的液体粪尿通过灌溉或软管注射方式施用到庄稼地里,从而减少粪肥养分通过挥发和径流污染空气和水体。2014年美国农林和其他土地使用(AFOLU)中的温室气体净排放(Net GHG emissions)比同期中国要少602MtCO₂;2014年美国家庭与公共生活用水、地下水、雨水池等综合清洁水源达标量为99.2%,远高于88.7%的世界平均水平^②。

第四,养殖粪肥还田渠道从农场内部扩大到农场外部,缓解了集约化养殖农场养殖粪肥增加与消纳粪肥土地不足之间的矛盾。在实行综合养分管理的十多年里,美国养猪农场施用生猪粪肥的农田面积平均增加了60%^③,越来越多的养猪农场兼营种植业务,为解决集约化养殖农场粪肥养分剩余以及农田超量施肥问题提供了有效途径。不仅如此,美国生猪养殖业还通过对饲料养分的管理,如采用在养猪饲料中添加植物磷酸酶等技术手段,从源头上控制了养殖粪肥的养分过剩态势,为解决农业面源污染问题创造了有利的条件。

(二)美国生猪粪肥综合养分管理的启示

第一,建立种养间的综合养分管理政策体系。中国生猪养殖粪污量大面广,由于缺乏与种植业间的养分循环渠道而成为农业面源污染的一项主要来源。对此,可充分借鉴美国的经验和教训,把养殖业和种植业作为整体约束条件,建立和完善种养间的综合养分管理法规与政策体系,将养殖粪肥的养分还田管理作为养殖粪污治理的关键予以政策规范。虽然推行综合养分管理政策会增加农户的经济负担和国家财政支出,从短期效益来看并非利益最大,但从农业种养循环发展的角度,以及农业生产与环境保护协调发展的长远利益来看无疑能产生更大的经济、生态、和社会综合效益。

第二,落实综合养分管理技术保障措施。美国生猪粪污综合养分管理的技术实践标准大多由各州的大学(如威斯康星州立大学、田纳西州立大学)负责完成,养殖户在向所在州一级政府申请建设一定规模的养猪场,需派人到州政府委托的大学培训相关技术,经培训合格后才能获得建场许可。我国目前尚未在大专院校广泛开展综合养分管理技术实践标准的研究和示范工作。建议尽快在有条件的大

① 2015年联合国粮农组织统计手册(FAO Statistical Pocketbook 2015)。

② 2015年联合国粮农组织统计手册(FAO Statistical Pocketbook 2015)。

③ Economic Research Service, USDA. Trend and Developments in Hog Manure Management: 1998–2009/EIB–81,2011, p.15.

中专院校中设置综合养分管理的专业或课程,加快综合养分管理实践标准的制定步伐,并由农业部和各地农管部门牵头,大力培育县级以下的综合养分管理技术援助队伍。

第三,加强对综合养分管理实践活动的财政支持力度。中国政府目前对生猪粪污治理的补贴资金主要集中在养殖粪污设施建设上,而相应设施的运营成本却得不到补偿。一些大规模养殖场虽有治污设施,但为节约开支而很少运行,使粪污治理流于形式。因此,可借鉴美国环境质量激励项目的做法。首先,将财政补贴与综合养分管理实践活动挂钩,对粪污治理设施的运行成本给予一定的补贴,形成多处理多补贴的补偿机制。其次,鼓励生猪养殖大户与种植农户的联合养分管理,按照粪肥养分还田达标面积分别对种植户和养殖户给予资金奖励。最后,要建立完善的综合养分管理评价与考核体系,对生猪养殖大户的养殖环境、养分管理措施、以及养分管理效果做出客观、公正的评价,在此基础上兑现相应的奖励或援助资金。

[参 考 文 献]

- [1] 张永吉. 美国水体的非点源污染概论[J]. 环境科学动态, 1988, (4).
- [2] 朱增勇, 刘现朝. 美国畜牧业历史及其现状[J]. 世界农业, 2010, (7).
- [3] 向玥皎, 马林, 张福锁, 等. 美国养分管理政策法规对中国的启示[J]. 世界农业, 2011, (3).
- [4] 刘北桦, 等. 美国农业环境治理及对我国的启示[J]. 中国农业资源与区划, 2015, (4).
- [5] 梁永红, 杨曼, 李璇. 借鉴美国综合养分管理计划推进畜禽养殖废弃物处理和综合利用[J]. 资源环境, 2015, (5).

《中国地理标志品牌发展报告(2018)》出版

南京农业大学中国地标文化研究中心编撰完成的《中国地理标志品牌发展研究报告(2018)》日前由社会科学文献出版社出版。

蓝皮书共分五部分。第一部分是总报告, 2018 中国地理标志品牌发展状况及预测、中国地理标志品牌竞争力评价; 第二部分是分报告, 知识产权保护视角下地理标志制度、中国地理标志品牌历史文化内涵挖掘; 第三部分是专题篇, 分别从历史文化视角、区域品牌视角、发展趋势等专题研究地理标志品牌发展; 第四部分是案例篇, 分别研究分析中国强竞争力地理标志品牌、中国地理标志品牌先进地区、中国地理标志品牌“走出去”先进企业; 第五部分是大事记, 总结回顾了中国地理标志品牌从 1980 年 6 月起至 2017 年 12 月期间的探索发展历程。

本书在研究国内外地理标志品牌发展动态的前提下, 以国家质量监督检验检疫总局、国家工商行政管理总局、中国农业部审批的近万个地理标志商标、品牌为基础, 紧紧围绕国家品牌战略, 梳理地理标志品牌资源, 彰显地理标志优势特色, 促进中国地理标志品牌的发展。