

刘 坤, 任天志, 吴文良, 等. 英国农业面源污染防治对我国的启示[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(5): 817-823.

LIU Kun, REN Tian-zhi, WU Wen-liang, et al. Prevention and control of agricultural non-point source pollutions in UK and suggestions to China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(5):817-823.

英国农业面源污染防治对我国的启示

刘 坤¹, 任天志², 吴文良¹, 孟凡乔^{1*}, Jessica Bellarby³, Laurence Smith³

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 2. 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191; 3. Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Bailrigg, Lancaster, LA1 4YQ, UK)

摘 要: 当前, 世界范围内正面临着粮食增产与维护 and 改善农业生态环境质量的挑战, 治理面源污染是其中的重要内容。通过对英国面源污染治理的防治技术、技术推广体系和相关政策措施方面的系统整理和分析, 就我国相应工作提出建议和对策。结合我国当前一控两减三基本的农业资源和环境对策, 今后应主要通过源头控制和过程拦截两种手段, 注重化肥的减量优化以及有机无机配合使用, 强调土地利用管理、农业结构调整以及种养结合, 开发和实施符合各地实际情况的面源污染防治技术和措施。发挥非政府形式技术服务体系在面源污染防治中的重要作用, 利用政府补贴、生态补偿等经济手段鼓励农户和农业企业主动防控氮磷物质的损失和对水土系统的污染。相关技术文件和规定应更加具体、明确、具有更好的操作性, 依托现代信息手段等进行面源污染数据的收集、传输和分析, 并在政策制定过程中统筹考虑。将面源污染纳入国家经济和社会发展的总体规划, 与产业优化、经济发展指标完善等宏观政策统一, 逐步提升生态文明建设质量, 促进我国社会和经济的可持续发展。

关键词: 英国; 面源污染; 农业; 肥料; 政策

中图分类号: X592 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2016)05-0817-07 doi:10.11654/jaes.2016.05.001

Prevention and control of agricultural non-point source pollutions in UK and suggestions to China

LIU Kun¹, REN Tian-zhi², WU Wen-liang¹, MENG Fan-qiao^{1*}, Jessica Bellarby³, Laurence Smith³

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Institute of Agro-Environmental Protection, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China; 3. Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Bailrigg, Lancaster, LA1 4YQ, UK)

Abstract: Currently, the world is facing challenges of maintaining food production growth while improving agricultural ecological environmental quality. The prevention and control of agricultural non-point source pollution, a key component of these challenges, is a systematic program which integrates many factors such as technology and its extension, relevant regulation and policies. In the project of UK-China Sustainable Agriculture Innovation Network, we undertook a comprehensive analysis of the prevention and control technology, technology extension systems and related policy measures of agricultural non-point source pollution in UK. We then proposed the promotion of prevention and control of agricultural non-point source pollution in China. Considering the current agricultural resources and environment countermeasures of “one control” (control over the total quantity of the agricultural water and agricultural water environment pollution), “two reduction” (reduction in quantities of fertilizers and pesticides), and “three basic countermeasures” (resource utilization, recycling, and disharm treatment of livestock and poultry wastes, agricultural plastic films and crop straws), we suggested that in the near future source control and process prevention should be technical priorities. Optimization and reduction of chemical fertilizer, combined use of chemical and organic fertilizers, land utilization management, agricultural sector adjustment and integration of crop production with animal husbandry

收稿日期: 2015-11-14

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD15B01); 农业部 948 项目(2011-G30); 中英可持续集约化农业养分管理和水资源保护项目
作者简介: 刘 坤(1985—), 男, 博士研究生, 主要从事污染生态与面源污染研究。E-mail: lk911368@126.com

* 通信作者: 孟凡乔 E-mail: mengfq@cau.edu.cn

should be the key technologies. The role of non-governmental technical service should be promoted. Government subsidies, ecological compensations and other forms of economic means could be used to encourage farmers actively participate in the prevention and control of nitrogen and phosphorus losses and pollution in soil and water systems. Related technical documents and regulations should be more specific, clear, and practical. Collection, transmission and analysis of non-point source pollution data relying on modern information approaches should also be incorporated in the non-point source control projects. The prevention and control of non-point source pollution from agriculture should be integrated into the overall national economic and social development planning, and be unified with the industry optimization and economic development indicators to improve the quality of ecological civilization construction, aiming at the sustainable economic and social development in China.

Keywords: United Kingdom; non-point source pollution; agriculture; fertilizer; policy

农业生产活动中的氮、磷等物质已成为全球众多地表水体富营养化的主要驱动因子^[1-3]。与点源污染(Point source pollution)相比,由于面源污染或非点源污染(Non-point source pollution, 或 Diffuse water pollution)具有分散、隐蔽、随机、不易监测、难以定量的特征,导致治理难度多样而复杂^[4]。削减与控制因农用化学品、畜禽粪便投入导致的面源污染,实现农业或流域生态系统持续、健康运行是现代农业发展进程中面临的巨大挑战^[5-6]。党的“十八大”将生态文明建设与经济、政治、社会、文化建设摆在了同等重要位置,对治理农业面源污染高度重视,要求打好农业面源污染防治攻坚战。面源污染防治长期而又复杂,治理涉及的技术手段、推广体系和政策法规因自然和社会条件影响有所差异^[7]。这决定了农业面源污染防治不单纯是一个技术问题,更是一个耦合政策、经济、社会等多因素的系统工程。本文结合十二五期间中英可持续农业创新协作网项目“中英可持续集约化农业养分管理和水资源保护”,对英国农业面源污染防治体系进行了全面和深入的调研,对其面源污染防治工作形成了较为系统和全面的认识,结合当前我国农业面源污染防治工作的特点,提出相应的对策和建议,为我国构建符合国情和有效的面源污染防治模式提供科学和技术支持。本文仅就氮、磷引起的面源污染进行阐述。

1 英国农业发展与面源污染现状及治理情况

英国国土面积 24.4 万 km²,其中耕地面积为 608 万 hm²(人均 0.1 hm²),永久性牧场 1105 万 hm²^[8]。英国政府根据各地特点配置农林牧生产,将全国划分为四个农业区^[9]。20 世纪 40 年代以来,粮食需求的日益增长,推动英国农业机械化和集约化水平不断提升以及永久草地的开垦,但随之而来的是一系列农业生态环境问题,包括水体污染、农业生物多样性降低等,对英国农业生态系统产生了诸多不利影响^[10-11]。据估算,英国水体中 60%的硝酸盐污染物和 25%的

含磷物质来自农业活动^[12],且这种污染有滞后效应。对泰晤士河地区的研究表明,考虑到地下渗漏通过地下蓄水层的延迟,流域尺度的面源污染反应时间可以长达数十年^[13]。因此,面源污染对于英国饮用水供应也提出了挑战^[14]。

经过 20 多年的努力,英国地表和地下水硝酸盐浓度逐步下降,这与施肥量持续稳定下降以及包括硝酸盐脆弱区计划在内的一系列环境措施密切相关。1999—2004 年的调查表明,英格兰 66%的地表水采样点硝酸盐浓度表现为下降趋势,77%的地下水采样点硝酸盐含量达到良好状态(低于 30 mg·L⁻¹)。此外,与 1990 年 43%的河水采样点达到良好水质相比,2004 年 62%的英国河流采样点水质达到了良好状态^[15]。

2 英国农业面源污染的主要防控技术

英国针对面源污染的防控技术措施见表 1,主要归纳为两大类型^[16]。

一是对污染源的源头控制。从农业土地利用方式、禽畜以及农用化学品投入(化肥)的管理出发,将面源污染物的排放控制在最低限度,如将耕地转变为永久性的不放牧或少量载畜率的牧场,以实现肥料的零投入或少投入。在禽畜管理方面,通过减少禽畜养殖牧场的载畜率、草场定期轮牧、调整畜禽进食结构(减少氮磷摄入量)等措施,减少残余饲料和畜禽粪便量对环境的污染^[10]。在化肥管理方面,利用耕地施肥推荐系统开展合理施肥、利用替代性肥料或施用添加剂(硝化抑制剂和脲酶抑制剂)、高环境风险时期不施化肥等减少由于肥料损失而带来的面源污染^[5]。据估计,英国常规 1、2 级土壤会造成每年 50 kg N·hm⁻²的淋洗,而对于灌溉良好的高肥力土壤,甚至超过 100 kg N·hm⁻²^[10]。对于硝酸盐敏感区(Nitrate Vulnerable Zone, NVZ, 英国国土面积的 70%都属于硝酸盐敏感带^[17]),施肥数量不能超过作物需求,并对肥料使用数量保留至少 5 年的记录。农民氮肥的使用要遵守:(1)

表1 英国面源污染防控措施^[26-27]Table 1 Measures for prevention and control of non-point source pollution in UK^[26-27]

管理对象	主要技术措施
土地利用方式	退耕还牧; 退耕还草; 永久性退耕/永久性牧场
土壤	发展冬闲田绿肥; 保护性耕作制度; 秸秆还田; 维持和提高土壤有机质含量; 增施有机肥; 沿等高线种植
禽畜	减少牧场载畜率和禽畜野外放养时间; 草地定期轮牧; 调整进食结构(减少氮摄入量); 饲喂专用饲料,分组、分生长阶段喂食; 增加清理禽畜棚舍粪尿次数; 定期清理旧秸秆、添加新秸秆; 安装机械通风设备
化肥	耕地施肥推荐系统; 化肥、有机肥配施; 高磷土壤不施磷肥; 高环境风险地区不施化肥; 避免高风险时期施用化肥(对于草场和作物,分别在9月15日到次年1月15日和9月1日到次年1月1日不能使用化学合成肥料等 ^[17]); 利用替代性肥料或施用添加剂(硝化抑制剂和脲酶抑制剂)
有机肥	固体有机肥堆肥处理、干湿分离,将液态粪尿转化为固体有机肥; 焚烧畜禽垃圾; 有机肥翻入土壤,与土充分混合; 分批次存储液态粪尿和固体有机肥; 远离河道和田间排水沟堆放固体有机肥; 将有机肥输送到附近农田施用; 提升养殖场粪尿存储能力,减少污水产生量; 在混凝土地面堆放固体有机肥便于收集污水; 禁止在高环境风险地区或时期施用有机肥
农田基础设施	畜禽养殖场与河流隔开; 为畜禽建便桥过河; 人工湿地技术; 重新选址,远离高风险地区、划分和确立农业生产新边界; 建立缓冲区(如河流植被缓冲带)

特定作物最高氮肥使用量;(2)每年任何田地有机肥氮供应量不能超过 $250 \text{ kg N} \cdot \text{hm}^{-2}$;(3)氮肥使用时间的规定^[18]。具体操作过程中,专门制订了管理手册,指导农民将农场按照颜色划分为红色、白色、橘黄色、黄色和绿色区域,分别表示不能使用、限制使用以及可以使用畜禽粪便等区域^[19]。

二是对污染物扩散途径的控制。从土壤、有机肥、农田基本建设三个维度,实现改变或阻断污染物的传播途径,减少污染物进入水体的数量。在土壤管理方面,在冬季不种作物的耕地上选择在秋季时种植填闲作物,采用少耕、免耕、地表微地形改造技术等综合配套措施形成保护性耕作制度^[20]。在有机肥管理方面,

提升养殖场粪尿存储能力、减少养殖场污水产生量、将液态粪尿转化为固体有机肥、远离河道和田间排水沟堆放固体有机肥等措施,尽量减少污染物进入肥料储存地的清洁水中,将有机肥循环使用且深翻入土壤,与土壤充分混合,实现有机肥的“资源化、减量化、有效处理”等^[19]。在农田基础设施管理方面,主要技术手段有选择将畜禽养殖场与河流隔开、重新选址远离高风险地区,如英国规定,距离地表水 10 m 以上,距离水井、泉和坑 50 m 以上,才能使用有机肥,距离地表水 2 m 内不能使用化学合成肥料^[17]。划分和确立农业生产新边界等措施,减少进入水环境的扩散污染物。建立人工湿地以截留和处理来自道路、院落的污水,采用生物过滤、缓冲区^[21]等末端污水处理方式以减少废水中细菌的含量。英国环境食品和农村事务部(DEFRA)请专门机构开发了高效和环保养分使用软件,该软件实际上是基于英国《农业和园艺作物推荐施肥系统》以及 MANNER 软件^[22]。

目前,英国农业面源污染防控的主要技术文件包括:(1)《保护我们的水土气:良好农业操作规范》。从 20 世纪 90 年代开始,该文件主要是由 DEFRA 制订,包括自愿性和强制性的规定。(2)《防治农业面源污染方法清单:使用手册》。该文件是 DEFRA 聘请技术专家,就土地利用、土壤、畜禽、肥料、粪便和农场管理等 6 个方面,总结和整理的 44 个面源污染防控方法清单。(3)《肥料手册》。该文件是 DEFRA 制订的、有关作物施肥的最全面和最具指导作用的文件,目的是指导农牧民进行土壤取样、化验、计算土壤和肥料养分供应量、如何施肥等,涉及英国所有主要的农作物和草场,文件甚至详细到单位换算公式、记录表格的样本等。经过长期大面积的减少肥料特别是氮肥使用,英国东北部斯陶尔河河水长期监测表明,河水硝酸盐含量从 20 世纪 80 年代开始已出现下降^[23]。(4)《硝酸盐脆弱带农民操作指南》。该文件详细规定了农民进行施肥计划的步骤、表格。在 NVZ 区内进行施肥,原理是基于所生产的目标作物,根据土壤肥力、准备使用的有机肥,来判定化肥使用的类型、数量以及使用时期。(5)《畜禽粪便管理指南》。该文件是畜禽粪便使用的具体操作性指南。(6)《农用城市污泥使用指南》。(7)《敏感流域农业操作指南:降低农业活动的水污染》。该项目是英国政府环境署(EA)和 DEFRA 联合实施的旨在保护水体的项目。项目由有经验的、受过专业培训的专家组成,针对各个农场开展咨询活动,位于敏感流域内的农民,可以申请免费参加该项目组

织的培训、咨询、参观和交流活动。此外,英国相关部门定期发布小册子,分析和预测未来一段时间的天气状况,针对性的提出肥料使用建议和措施,这些措施具体、可操作。除了政府制订的文件,商业公司也会制订文件,为农民施肥等提供具体帮助,比如英国主要肥料和作物协会共同制订了以问答形式的《养分管理计划》。

环境监测是面源污染防治的重要内容。欧盟对于地表水规定了优良、良好、中等、差、极差五个质量等级,对于地下水则规定了好、差两个质量等级。到2006年,欧盟成员国已经建立起良好的水检测体系,包括54 000个地表水以及51 000个地下水监测点。欧盟的水检测体系除了包括常规化学和物理指标外,还包括浮游生物、大型水生植物以及底栖无脊椎动物和鱼类等。这些检测数据通过欧盟水体数据系统(WISE)汇集和发布^[24]。欧盟和各个成员国成立专门标准化组织负责水环境监测方法的标准化^[25],保证各成员国间环境监测数据的一致性和可比性。

英国大部分地区地貌为缓坡丘陵,土壤侵蚀引起的氮、磷流失是面源污染的重要来源,近年来以流域为单元的污染防治成为英国开展该项工作的主要思路。英国政府于2010年专门启动了以流域治理为主要模式的“流域治理示范”(Demonstration test catchment)项目,分别位于坎布里亚郡的Eden流域、诺福克郡的Wesum流域以及汉普郡的Avon流域,探讨各类农业措施对于降低面源污染的有效性。每个项目区的核心实验区面积至少10 km²,每个核心区分别设置小实验区,以试验不同技术的有效性^[28]。每个技术试验区分为对照和项目试验区,在试验区内对水文、气象、水质、农业生产等进行综合检测。该项目开展5年来,英国政府和科学家基本上对三个流域内农业各类措施治理面源污染的效果有了较全面和准确的认识,为今后大范围推广和示范各类技术和措施提供了极为有效的技术支持。

3 英国农业面源污染防治的技术推广体系

英国推行土地的私有经营,目前推行的是非政府形式为主导的农技推广体系^[29],包括面源污染防治在内的农业技术推广体系,主要依靠市场/私营体系,政府的主要作用是制订规则(如面源污染的标准和规定等)。英国农业技术推广参与主体主要有三方面。其一是农业技术的研发机构,主要参与者有:国家农业研究机构,如国家农业研究委员会、农业科研教育单位、

大学;还有私人出资办的农业研究机构,如农业研究所、农业企业等。其二是农业技术的推广平台机构,包括DEFRA农业发展咨询局及其下设的区域性总推广机构和农业技术推广训练中心、农业专业技术协会、农业企业等,其中农业发展咨询局属国家级推广机构,负责全国农业技术推广的规划、经费预算、组织协调、成果管理等,农业技术推广训练中心是最基层的推广组织,主要负责培训农技推广人员^[30]。农业技术推广人员成立协会,负责技术推广人员的注册、培训和管理,以确保农业技术推广服务的质量。如“敏感流域农业操作指南:降低农业活动的水污染”项目。其三是农业技术的使用者,主要有地方政府、农场主、农业企业,其中农业企业既是农业技术的推广者,也是技术的使用者。英国的农技推广体系主体具有多元化特点,农业技术的利益相关者(农业技术拥有者、推广者、生产者)存在一定程度的双向信息交流^[30]。

4 英国农业面源污染防治的政策法规体系

根据政府干预程度的强弱,包括面源污染防治在内的农业环境政策分为:(1)命令控制型,如行政许可、排放标准、限期治理等;(2)市场经济刺激型,包括可交易的排污许可证制度、环境税费、生态补偿等;(3)综合发展型,如政府支持、信息公开、公众参与等三类^[31](表2)。

英国于1973年加入欧盟,其农业环境政策以欧盟的共同农业政策(Common agricultural policy)为基础。欧盟共同农业政策从20世纪60年代至今,经历了三大阶段,其主要政策目标由鼓励农业生产转变为控制生产。进入21世纪后,欧盟国家日益强调农业的多功能性和可持续性,目标进而上升为农业的可持续发展,相继制定和实施了《水体硝酸盐指令》(The nitrate directive)以及2000年的《水框架指令》(The water framework directive)等降低面源污染、改善水质的法规。英国政府同时制订了本国推行繁荣农业经济与环境保护结合的农业政策。根据改革后的共同农业政策,对英国农业的支持包括基本补贴计划(Basic payment plan)和农村发展计划(RDPE)^[32],并从2015年开始,基本补贴计划取代单一补贴计划。虽然基本补贴计划增加了更多的农业生产性补贴,但要获得该项补贴,政府也要求农业生产有一定的作物多样性(比如10~30 hm²耕地的农户,耕种至少2种作物,每种作物不能超过75%的面积),生态保护区域(>15 hm²的农户,必须有生态保护区域)以及保持永久性草地

表2 英国与面源污染相关的农业环境保护政策^[36-38]Table 2 Agricultural environment protection policies associated with non-point source pollution in UK^[36-38]

政策型式	年份	主要计划	主要内容	政策目标或效益
命令控制型	1986	环境敏感区计划	确定 43 个环境敏感区,覆盖 14% 的英国农业用地,与环境敏感区(干草草地、湿润草地、低洼地、丘陵地及高沼地)农户签订合同,通过补偿方式改变不利环境的农业措施	增强和扩大自然保育价值,防止损失;保护野生动物、生态景观和乡村遗迹;改善水质;提升休闲娱乐功能;增加农村就业机会
	1991	乡村管理计划	英国第一个国家农业环境计划,主要保护环境敏感区以外的低洼地、石灰岩草地等栖息地或景观	提高和改善野生动物栖息地;提升生态景观的美丽和乡村休闲娱乐功能;保护乡村遗迹
	1991	硝酸盐敏感区计划、硝酸盐脆弱区计划	在欧盟指令(1991/1976)指导下英国全境划定了 32 个硝酸盐敏感区和 68 个脆弱区,要求农民减少流入河流的肥料硝酸盐含量	降低用水中硝酸盐含量及减轻水体富营养化;保障人类健康;保护动物栖息地和乡村景观
		有机食品计划	与农民签订 5 年期协议合同,将常规农业转变为有机农业,以转变农田管理措施	减少农用化学品(农药和化肥)投入,生产更健康的食品;保护野生动物栖息地和生态景观;改善水质
	1994	栖息地计划	通过转变耕地为非耕地扩大野生动物栖息地面积	扩大野生动物栖息地面积;保护野生动物栖息地、生态景观和乡村遗迹;改善水质
	1994	乡村小路计划	在有美丽景观、野生动物栖息地、乡村遗迹的地方开辟小路	增加乡村小路数量以提升乡村休闲娱乐功能
		荒地计划(英格兰和威尔士)、帚石楠荒地计划(苏格兰)	与农民签订 5 年期协议合同,限制英格兰和威尔士地区沼泽地放牧以及苏格兰地区帚石楠沼泽地造成农田	保护野生动物及其栖息地;保护乡村景观和乡村遗迹
	1998	耕地管理计划	对剑桥郡和西米德兰兹郡的农民提供补偿,以减少除草剂使用,推广冬季作物留茬和耕地休闲	减少除草剂使用;推广冬季作物留茬和耕地休闲;保护野生动物;减少农田径流
	2000	水框架指令	水用户对享受的水服务全额支付费用,对水资源管理中进行经济分析,决策中评估费用和效益	利用价格和经济手段,鼓励高效率用水
	2010—2015	2010—2015 政府水质政策	通过流域管理、减少农业污染、控制城市污染等措施实现更好的水质	改善和提高水质(河流、湖泊、地下水等);保障与良好水质有关的就业和商业;为野生动物提供更好的自然栖息地
市场型		政府补贴	与生产挂钩的补贴 非与生产挂钩的补贴	促进农业生产;激励农业生产者的环境治理行为(如实行有利于环境的生产方式和技术)

等三类生态保护措施。欧盟以及英国政府对于农业的要求,逐渐从过去的单一生产型向生态服务功能转换。欧盟农民只有符合相关要求,才能得到农村发展计划补贴(Cross compliance)。2014年,英国环境、食品和农村事务部根据英国情况,完善了新共同农业政策框架下英国的农村发展计划(2014—2020),并得到欧盟委员会的批准。根据最新的 RDPE,到 2020 年英国将投资 35 亿英镑,实施乡村管理项目(减量施肥、气候变化、景观生态等)等在内的各类环保性政策^[32]。

利用市场或经济机制进行环境管理被认为是目前最有效的环境政策,欧盟各国普遍采用征收肥料税的措施来减少农业活动中化肥的施用量。农业补贴政策方面,英国在欧盟共同政策框架内(CAP)对国内农业大力度地实行补贴和保护政策,主要分两个方面:一是与生产挂钩的补贴,主要有作物、动物、奶业、税收减免,随着共同农业政策改革的推进,与生产挂钩的补贴项目逐步减少;二是与非生产挂钩的补贴,主要包括单一支付计划、农业环境计划、脆弱地区支持

计划、动物疾病补偿、粗放式放养补贴、农村发展补贴、休耕补贴等^[33]。根据符合性补贴措施(SMRs)的规定,农民要获得政府的直接补贴,可以从事:(1)良好使用城市污泥(SMR 3),DEFRA 专门制订了污泥使用指南,英国每年有 9600 万 t 有机废弃物(粪肥、污泥等)用于农田土壤;(2)在硝酸盐敏感带内(SMR 4),施肥数量不能超过作物需求,并对肥料使用数量保留至少 5 年的记录^[34]。

环境管理过程中,鼓励公众参与是常用的方法。英国在欧盟《奥尔胡斯协定》和《关于公众获得环境信息的指导方针》两份文件指导下,明确了公众参与的机制,通过参与咨询、评议政府政策等调动了公众的积极性^[35]。针对硝酸盐指令的实施,英国环境、食品与农村事务部在 2012 年开展了包括农民、水体管理者、农民代表等在内的公众咨询,咨询其对该指令实施的相关规定包括农业活动和相关措施的意见。

5 英国面源污染防控工作对我国的启示

我国在基本解决温饱、粮食实现 11 年连增后,也

面临农业转型问题,在确保粮食高产和实现可持续发展方面可借鉴英国的面源污染防治经验。在明确全国不同区域特点、功能定位与制定指导性的面源污染防治策略基础上,源头控制即肥料使用数量、时间和方式的优化是降低氮、磷排放的主要措施。当前我国大部分地区肥料还存在使用过量(特别是蔬菜和果树等过量超标)、使用时机和作物生长契合、使用方式不合理(表施或者容易被水淋溶)等问题,需要把土地流转和适度规模经营、作物种植结构优化、推荐和平衡施肥技术推广落实到千家万户。其次,作为面源污染的重要贡献者,畜禽粪便的储存、处理、排放、使用(数量、方式、时间、地点等)是面源污染防治的重点,这方面我国还存在较大差距,特别是畜禽粪便和种植业脱节,造成氮、磷资源的浪费和对水环境的污染。应加强种养结合、畜禽粪便资源化利用、循环农业等技术的推广力度。第三,面源污染防治相关的技术推广中,英国实行了非政府形式为主导的农技推广体系,充分发挥了农民协会、商业技术公司等第三方组织的作用。考虑到我国自然和社会条件各异,应逐步引入非政府技术推广服务,以政府和农户购买服务的方式,提升技术推广服务的质量和农民参与面源污染控制的主动性。第四,在制订政策、法规和实施方面,应采取行业政策配合环境立法的形式、法律要求和农民主动承担相结合、生态补偿与面源污染防治奖励相结合等多种手段,鼓励农业生产者进行面源污染治理。第五,要制订系统的环境保护法律和规范,逐步重视对农业资源与生态环境的保护,并实施以“黄箱”范畴补贴为主,“绿箱”范畴补贴为辅的农业补贴政策。从国家层面的食品安全战略考虑,适度加大农产品进口力度,降低我国农业集约化程度和化肥使用强度,对于减缓农业面源污染也具有重要意义。

参考文献:

- [1] Carpenter S R. Eutrophication of aquatic ecosystems; Bistability and soil phosphorus[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(29): 10002-10005.
- [2] Moss B. Water pollution by agriculture[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, 363(1491): 659-666.
- [3] Withers P J, Neal C, Jarvie H P, et al. Agriculture and eutrophication: Where do we go from here?[J]. *Sustainability*, 2014, 6(9): 5853-5875.
- [4] 吴永红, 胡正义, 杨林章. 农业面源污染控制工程的“减源-拦截-修复”(3R)理论与实践[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(5): 1-6.
WU Yong-hong, HU Zheng-yi, YANG Lin-zhang. Strategies for controlling agricultural non-point source pollution; Reduce-retain-restoration(3R) theory and its practice[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(5): 1-6.
- [5] Laspidou C S, Samantzi V. Identifying and quantifying nitrogen and phosphorus loadings from agriculture and livestock waste in the Penios River Basin District[J]. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2014 (ahead-of-print): 1-13.
- [6] Yin C, Wang X. Diffuse pollution: A hidden threat to the water environment of the developing world[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2014, 9(26): 1769.
- [7] 魏欣. 中国农业面源污染管控研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
WEI Xin. A novel framework for agricultural non-point source pollution management and control in China[D]. Yangling: North West Agriculture and Forestry University, 2014.
- [8] Goulding K. Nitrate leaching from arable and horticultural land[J]. *Soil Use and Management*, 2000, 16(Suppl1): 145-151.
- [9] 国际交流服务中心. 英国农业概况[EB/OL]. [2015-11-11]. <http://www.caein.com/index.asp?NewsID=3911&xAction=xReadNews>.
International exchange service center. A profile of the British agriculture [EB/OL]. [2015-11-11]. <http://www.caein.com/index.asp?NewsID=3911&xAction=xReadNews>.
- [10] Skinner J, Lewis K, Bardou K, et al. An overview of the environmental impact of agriculture in the UK[J]. *Journal of Environmental Management*, 1997, 50(2): 111-128.
- [11] Neal C, House W, Leeks G, et al. Conclusions to the special issue of *Science of the Total Environment concerning 'The water quality of UK rivers entering the North Sea'*[J]. *Science of the Total Environment*, 2000, 251: 557-573.
- [12] Holden J, Haygarth P M, MacDonald J, et al. Agriculture's impacts on water quality[R]. The UK's Water Research Innovation Partnership, 2015.
- [13] Howden N J, Burt T P, Worrall F, et al. Farming for water quality: Balancing food security and nitrate pollution in UK river basins[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2013, 103(2): 397-407.
- [14] Dolan T, Howsam P, Parsons D J. Diffuse pesticide pollution of drinking water sources: Impact of legislation and UK responses[J]. *Water Policy*, 2012, 14(4): 680-693.
- [15] ADAS. Nitrates in water the current status in England (2006)[EB/OL]. [2015-11-10]. <http://www.defra.gov.uk/environment/water/quality/nitrate/pdf/consultation-supportdocs/d1-nitrateswater.pdf>, 2007.
- [16] Bowes M J, Jarvie H P, Naden P S, et al. Identifying priorities for nutrient mitigation using river concentration-flow relationships: The Thames basin, UK[J]. *Journal of Hydrology*, 2014, 517: 1-12.
- [17] Defra. Guidance for farmers in Nitrate Vulnerable Zones: Planning nitrogen use[M]. London: Environment Agency, Defra, 2009.
- [18] Defra. Fertilizer manual (RB209)[M]. 8th Edition. London: The Stationery Office, 2010.
- [19] Defra. Manure management plan: A step by step guide for farmers[M]. London: Defra, 2003.
- [20] Defra. Guidance on complying with the rules for Nitrate Vulnerable Zones in England for 2013 to 2016[EB/OL]. [2015-11-10]. [https://www.gov.uk/government/publications/nitrate-vulnerable-zones-in-](https://www.gov.uk/government/publications/nitrate-vulnerable-zones-in)

- england-guidance-on-complying-with-the-rules-for-2013-to-2016.
- [21] Burt T, Howden N, Worrall F, et al. Nitrate in United Kingdom Rivers: Policy and its outcomes since 1970? [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 45(1): 175-181.
- [22] Defra. Protecting our water, soil and air: A code of good agricultural practice for farmers, growers and land managers[M]. London: The Stationery Office, 2009.
- [23] Burt T P, Howden N J K, Worrall F, et al. Importance of long-term monitoring for detecting environmental change: Lessons from a lowland river in Southeast England[J]. *Biogeosciences*, 2008, 5(6): 1529-1535.
- [24] European Union. Implementing the water framework directive and the floods directive 2015 [EB/OL].[2015-11-09]. <https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp>.
- [25] 张晓岭, 邓力, 孙静, 等. 欧美等发达国家水环境监测方法体系[J]. *四川环境*, 2012, 31(1): 49-54.
ZHANG Xiao-ling, DENG Li, SUN Jing, et al. Aquatic environmental monitoring method system in developed countries[J]. *Sichuan Environment*, 2012, 31(1): 49-54.
- [26] Cuttle S, Macleod C, Chadwick D, et al. An inventory of methods to control diffuse water pollution from agriculture (DWPA)[M]. London: User Manual(DEFRA Project ES0203), UK, 2007: 113.
- [27] 王秀英, 王晓燕. 苏格兰农业非点源污染管理措施评述及启示[J]. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(3): 10-14.
WANG Xiu-ying, WANG Xiao-yan. Comment and implication of agricultural non-point source pollution control practices in Scotland[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2011, 27(3): 10-14.
- [28] Owen G, Perks M, Benskin C M H, et al. Monitoring agricultural diffuse pollution through a dense monitoring network in the River Eden Demonstration Test Catchment, Cumbria, UK[J]. *Area*, 2012, 44(4): 443-453.
- [29] 高奇瑞. 我国与国外农业技术推广体系比较及其发展对策[J]. *农业技术经济*, 1995(1): 48-51.
GAO Qi-ru. Comparison between domestic and foreign agricultural technology extension system and its development countermeasures[J]. *Journal of Agrotechnical*, 1995(1): 48-51.
- [30] McGonigle D, Harris R, McCamphill C, et al. Towards a more strategic approach to research to support catchment-based policy approaches to mitigate agricultural water pollution: A UK case-study[J]. *Environmental Science & Policy*, 2012, 24: 4-14.
- [31] 张宏艳. 发达国家应对农业面源污染的经济管理措施[J]. *世界农业*, 2006(5): 38-40.
ZHANG Hong-yan. Economic management measures to deal with agricultural non-point source pollution in developed countries[J]. *World Agriculture*, 2006(5): 38-40.
- [32] Defra. The new common agricultural policy schemes in England 2015 [EB/OL].[2015-11-10]. <https://www.gov.uk/government/collections/common-agricultural-policy-reform>.
- [33] 毕洁颖, 聂凤英. 英国农业补贴政策研究[J]. *世界农业*, 2010(5): 29-32.
BI Jie-ying, NIE Feng-ying. Agricultural subsidy policy in British[J]. *World Agriculture*, 2010(5): 29-32.
- [34] Defra. Common agricultural policy (CAP) reform London 2015[EB/OL].[2015-11-10]. <https://www.gov.uk/government/collections/common-agricultural-policy-reform>.
- [35] 向佐群. 西方国家环境保护中的公众参与[J]. *林业经济问题*, 2006, 26(1): 60-63.
XIANG Zuo-qun. On public's participation of environmental protection of western countries[J]. *Problems of Forestry Economics*, 2006, 26(1): 60-63.
- [36] Hanley N, Whitby M, Simpson I. Assessing the success of agri-environmental policy in the UK[J]. *Land Use Policy*, 1999, 16(2): 67-80.
- [37] Dobbs T L, Pretty J. Case study of agri-environmental payments: The United Kingdom[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 765-775.
- [38] Defra. 2010 to 2015 government policy: Water quality [EB/OL].[2015-11-10]. <https://www.gov.uk/government/publications/2010-to-2015-government-policy-water-quality>.