

农业面源污染防治的难点、问题及对策

杨滨键, 尚杰, 于法稳

引用本文:

杨滨键, 尚杰, 于法稳. 农业面源污染防治的难点、问题及对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(2): 236–245.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.180807>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

科技部“十三五”农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发重点专项“长江下游农业面源和重金属污染防控技术示范”项目正式启动

中国生态农业学报. 2016, 24(11): 1583–1584 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.160896>

科技部“十三五”农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发重点专项“农业面源和重金属污染监测技术与监管平台研发”项目正式启动

中国生态农业学报. 2016, 24(11): 1579–1580 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.160894>

科技部“十三五”农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发重点专项“京津冀设施农业面源和重金属污染防控技术示范”简介

中国生态农业学报. 2016, 24(11): 1581–1582 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.160895>

西南喀斯特生态脆弱区实行轮作休耕问题探讨——以贵州省为例

A discussion on land fallow rotation problems in ecologically fragile areas of the southwest karst area: A case study of Guizhou Province

中国生态农业学报. 2018, 26(8): 1117–1124 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.171151>

农业生态效率研究进展分析

Review of methodology and application of agricultural eco-efficiency

中国生态农业学报. 2017, 25(9): 1371–1380 <https://doi.org/10.13930/j.cnki.cjea.170163>

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.180807

杨滨键, 尚杰, 于法稳. 农业面源污染防治的难点、问题及对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(2): 236-245
YANG B J, SHANG J, YU F W. Difficulty, problems and countermeasures of agricultural non-point sources pollution control in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(2): 236-245

农业面源污染防治的难点、问题及对策*

杨滨键^{1,2}, 尚杰^{1**}, 于法稳³

(1. 东北林业大学经济管理学院 哈尔滨 150040; 2. 贵州民族大学商学院 贵阳 550025; 3. 中国社会科学院农村发展研究所 北京 100732)

摘要: 实现农业绿色发展, 提升农产品品质是破解新时代社会主要矛盾在农业领域表现的重要途径, 其前提是对农业面源污染进行有效防治, 以提升农业生产系统环境质量。本文在系统梳理农业面源污染领域研究文献的基础上, 剖析了农业面源污染防治的难点及问题, 一是化肥施用总量(折纯量)大与施用强度高并存; 使用效率低与流失严重同在; 二是农药使用量的增加以及包装物带来的面源污染呈现加重态势; 三是农用薄膜造成的“白色污染”短期内难以从根本上解决; 四是畜禽废弃物产生量大, 污染严重; 同时, 兽用抗生素的环境影响不容忽视。在农业面源污染防治中, 存在着防治对象具有多源性、防治主体多元性以及防治技术有效性不足、机制缺失等问题。为此, 应以绿色发展理念为指导, 提升全社会对农业面源污染防治重要性的认识; 强化农业面源污染防治行动计划的实施监督, 并注重实施效果的监测与评价; 实施多维创新, 保障农业生产系统的健康, 以更好地推进农业面源污染防治。

关键词: 农业面源污染; 农业绿色发展; 难点和对策

中图分类号: F323.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-6237(2019)02-0236-10

Difficulty, problems and countermeasures of agricultural non-point sources pollution control in China*

YANG Binjian^{1,2}, SHANG Jie^{1**}, YU Fawen³

(1. College of Economics and Management, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Business School of Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China; 3. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: Green development of agriculture and agricultural products quality improvement are essential approaches to solve the major contradictions in agriculture in the new era. It is the prerequisite to control agricultural non-point sources pollution for environmental improvement of agricultural production system. The paper analyzed situation, difficulties and problems of control of agricultural non-point pollution based on the systematic literature research on related studies. The non-point pollution in China had become a common problem during 40 years since the Rural Reform and changed following a tendency of “increase-decrease”. It also showed obvious regional difference, with higher pollutant emission in the east and middle than in the west. The factors influencing agricultural non-point pollution in China were growth-pursuing development concept, dual eco-social structure of urban and rural, pollution negative externality, high control cost and various production behaviors of farmers, as well as agricultural technology, land system and policy, market, etc. The difficulties in agricultural non-point pollution control were that, firstly,

* 国家自然科学基金项目(71573036)和国家社会科学基金重点项目(17AZD012)资助

** 通信作者: 尚杰, 研究领域为农业经济学、资源环境经济学。E-mail: shangjie2005@126.com

杨滨键, 研究领域为农业经济学、资源环境经济学。E-mail: yangbj919@163.com

收稿日期: 2018-08-29 接受日期: 2018-12-12

* This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (71573036) and the National Social Science Foundation of China (17AZD012).

** Corresponding author, E-mail: shangjie2005@126.com

Received Aug. 29, 2018; accepted Dec. 12, 2018

the fertilizers were overused regarding total amount and intensity leading to inefficient utilization and nutrients loss. Secondly, the increased input of pesticides plus wrappings had aggravated pollution. Thirdly, the “white pollution” caused by agricultural film utilization was difficult to be eradicated in a short time. Fourthly, there was also the serious pollution coming from the huge amount of livestock and poultry wastes. The problems existing in control of agricultural non-point source pollution were multi-source of control objects, diversity of control subjects, non-effectiveness of control technology and lack of mechanism. Therefore, it was necessary to raise overall awareness on importance of agricultural non-point source pollution control with guideline of green development concept, and to supervise implementation of agricultural non-point source pollution action plan, especially, to pay attention on evaluation of control effects. Meantime, multiple innovations was essential for establishment of a healthy agricultural production system which was favor of control of agricultural non-point sources pollution.

Keywords: Agricultural non-point source pollution; Green development of agriculture; Difficulty and countermeasure

“三农”问题是关系国计民生的根本性问题,也始终是全党工作重中之重。农村改革 40 年来,我国农业农村发展取得了举世瞩目的成就,与此同时,也付出了巨大的资源环境代价,实现农业绿色发展所面临的资源环境形势更加严峻。既有源自工业企业的点源污染,又有源自农业自身的面源污染,这些污染直接影响了耕地土壤和水体质量,进而对农产品质量安全构成威胁。加强农业面源污染防治是实现农业绿色发展,确保农产品品质安全的有效途径与根本措施,是关系到中华民族自身健康延续下去的重大战略问题^[1]。农业面源污染防治是学术界研究的焦点及热点问题之一,不同学者从不同的视角,对农业面源污染防治的相关问题进行了研究。本文对已有研究文献进行系统梳理,以期对农业面源污染防治领域的研究现状有一个尽可能全面的理解,在此基础上力求本研究能有所新意。

1 农业面源污染的研究进展

1.1 农业面源污染状况及其特征的研究

相关研究表明,经济发展会诱发农产品需求结构、农业生产结构的变动,而后者影响农业面源污染产生的环境因子,进而导致农业面源污染产生量的差异^[2]。农村改革 40 年来,随着农业的快速发展,农业面源污染从无到有、从点到面、从区域到全国,污染程度从轻到重,污染源从单一到多元,日益演变成为一个共性问题。在时间维度上,农业面源污染总体表现为“下降-上升-下降”的波动变化趋势,但在一定时段内则呈现出线性增长的态势^[3-4];在空间维度上,由于农业生产结构、生产规模的不同,农业面源污染表现出明显的地域差异性,特别是农业大省和经济发达地区,农业面源污染较为严重。从排放强度来看,东部和中部地区较西部地区明显偏高^[4]。从类型来看,农业面源污染可以划分为农业生产资料污染区、畜禽污染区和水土流失型污染区 3 类^[2],而且具有明显的集聚

特征,极化现象较为严重^[5]。

从行政区域来看,无论是农业面源污染的排放量,还是污染类型或者污染物,不但省际之间具有明显的差异性,而且省域内不同区域也具有明显的差异性。有关研究表明,地处西部地区的宁夏,经济相对欠发达,农业面源污染最主要污染源为畜禽养殖,其等标污染负荷比为 30.38%,最主要污染物为总氮,其等标污染负荷比为 61.67%^[6]。与此相反,地处东部地区的广东省,经济较为发达,其畜禽粪尿排放量较小,但化肥、农药的使用量却呈现出逐年增加的态势,而且省域内表现出明显的地域差异性,化肥施用强度超过 400 kg·hm⁻²、农药投入强度超过 30 kg·hm⁻²的县(市)明显增加^[7]。海南省也表现出类似特征,即化肥和农药施用量不但逐年增加,而且化肥施用强度、农药施用强度也明显上升;同时,省域内也呈现出明显的空间分异特征^[8]。重庆市农业面源污染的主要污染物为总磷、总氮,主要污染源则是畜禽养殖和化肥施用^[9]。

农业面源污染会直接导致水体污染,由此引起了一些学者对重点水域农业面源污染问题的关注,并开展了系列研究工作,如苏南太湖水系等^[10]、巢湖^[11]、南四湖^[12]、三峡库区^[13]、洞庭湖^[14]、干热河谷^[15]、江苏里下河地区^[16]、海河流域^[17]等。

在农业发展过程中,农业面源污染是否会持续增加下去?还是农业发展到一定阶段出现拐点?对此,一些学者开展了相关研究。结果表明,在农业面源污染中也存在着环境库兹涅茨曲线规律。如四川省源自化肥、农用薄膜和农药的面源污染与农业生产总值之间的关系符合 EKC 曲线的拟合结果,并于 2011—2012 年间达到拐点,但仍未形成面源污染与农业发展的脱钩关系^[18]。江苏省农业面源污染的环境库兹涅茨曲线规律也在一定程度上得到验证^[19]。就单一污染物而言,也存在这种关系,如人均过剩氮排放量和经济增长之间也存在显著的“倒 U 型”曲线关系^[20]。

1.2 农业面源污染影响因素的研究

农业面源污染的影响因素是多方面的,涵盖了经济、社会、自然等各领域。总体上,影响农业面源污染的因素包括:“追求增长”的发展观、“城乡二元经济社会结构”、农业面源污染的负外部性、治理成本高及多元化的农户生产行为^[21]、农业生产技术、土地制度、相关政策、市场因素以及农户的认知^[22-23]、社会环境变迁^[24]等。

有关农业面源污染影响因素的定量研究表明,农业经济增长是农业面源污染的 Granger 原因,农村水环境政策的实施在一定程度上抑制了经济增长导致的农业面源污染恶化^[25]。随着农户家庭经营收入的不断增加和家庭常住人口的不断减少,家庭劳动力的非农转移,会导致农业面源污染的进一步加重^[26-27]。此外,源于不同类型的面源污染,还与家庭种植结构、市场因素等有一定的关系,有研究表明,化肥污染和秸秆污染与劳动力文化素质、粮食商品化率、肉猪商品化率呈正相关,与粮经作物种植比例呈负相关;而畜禽废弃物污染则与肉猪商品化率呈正相关,与家庭经营耕地面积、参加农业专业培训呈负相关;农用薄膜污染与非农劳动力就业比例、粮经作物种植比例、耕地面积以及参加农业专业培训均呈负相关^[27-28]。

1.3 农业面源污染监测及治理技术的研究

对农业面源污染状况进行实时监测,可以为农业面源污染治理提供科学的信息支撑。为此,可以借助遥感与 GIS 一体化的方法,建立面向农业面源污染风险评估的空间分析模型,以及农业面源污染动态监测信息系统,获得多尺度农业面源污染风险程度分布图,实现区域农业面源污染动态监测,为地方政府相关部门决策提供决策依据,为农业面源污染控制提供工作目标区,是一种可行的污染监测新途径^[29-30]。

从农业面源污染治理的技术原理来看,需要从源头减量、传输过程的阻断与拦截、养分的回收利用以及水体的生态修复等 4 个环节协调完成,每个环节都应采取相关技术实现^[31]。从产业发展模式来看,可以通过重构旨在将种植业与养殖业之间物质循环链条连接起来的产业链技术体系来控制农业面源污染,即以源头无害化、过程资源化、末端生态化和控制规模化为原则,进行控制农田养分流失的生态种植、低污染零排放的生态养殖、无公害的生态饲料生产、以发酵垫料为主要原料的生物腐殖酸肥料加工和生态农业产业园区规划与建设等^[32]。

1.4 农业面源污染防治中农户行为的研究

化肥、农药减量化以及有机肥替代化肥等,是

农业面源污染防治的重要途径。但在现实中,农户是否会减少化肥施用量,是否会选择有机肥,是否会选择环境友好型农药,是否科学合理进行化肥、农药的使用等,换句话说,农民是否有支付农业面源污染防治的意愿,对农业面源污染防治效果产生很大的影响。有学者基于水稻种植户的调研数据,研究了稻农对农业面源污染防治的支付意愿,结果表明,稻农的防控支付水平普遍较低,每季度平均最高支付金额为 92.55 元·hm⁻²^[33];这种意愿也与种植品种有很大的关系,新疆棉农对农业面源污染防治的支付意愿相对较高,每年支付金额达 113.96 元,实际上,这种支付意愿具有一定的附加条件,即与自身利益不相冲突,一旦冲突出现,农民毫不犹豫地选择牺牲环境来保障自身利益^[34]。

由于农业面源污染防治的艰巨性、长期性、复杂性以及广泛性,再加上政府监管治理机制的无效性,需要从侧重于政府监管转变为教育培训、引导,实现防治主体由政府转向农民。从理论上讲,农民对国家推行农业面源污染治理相关政策的响应,具有明显的阶段性特征。首先需要解决的是通过培训,提升农民的认知,逐渐培养出参与意愿,最终将意愿付诸于实际。在不同阶段,农户个人禀赋、种植特征、社会资本及治理机制反应等变量具有显著影响;特别是培训机会的可获得性在每个阶段都具有正向的显著影响^[35],通过培训,使得他们对农业面源污染的相关知识有所了解,有所认知,有所感悟,进而逐渐诱导出相应的行为。如农户了解有机肥、过量施用化肥和农业面源污染状况,参与农业面源污染调控措施的意愿就较为强烈^[36]。在实际运作中,要想诱导出农户的参与意愿,需要有生态补偿机制等相关机制,以提高耕地面源污染治理的成效。因为农户对耕地面源污染防治的受偿意愿不仅影响补偿政策的可持续性,更决定污染防治的效果^[37]。

1.5 农业面源污染治理措施及政策的研究

政策层面上,农业面源污染治理需要有效的政策作保障。从长期看,防治农业面源污染要做好打持久战的预期和行动准备,为此,应强化已有政策的落实,着重投入端的减量化、产后端的资源化;同时,政策应以疏堵结合,以疏为主的原则,提供适宜的技术手段,以及相应的财政投入^[38]。2014 年以来,国家出台了一系列促进畜禽粪便资源化利用的政策,但在政策执行过程中,存在着主要责任部门的目标与国家目标的不一致性、政策约束性管控措施偏离政策目标、激励措施落实不到位等问题^[39]。

组织层面上, 农业面源污染治理应建立区域农户合作组织, 形成政府适当引导下农户有组织参与的市场化运作的污染源排污权交易制度^[40]; 与此同时, 应实现由政府担责向市场分责推进, 由控制污染物排放向确保环境质量转变, 实施农村环境质量供给侧改革, 强化环保、农业、科技等部门的环境友好技术创新责任^[41]。

法规层面上, 应将农业面源污染治理纳入法制轨道, 为此, 必须立法先行, 合理界定中央与地方的事权范围, 更加注重财政补贴手段的高效运用, 以及加强对农户的生态教育^[42], 进而诱发农户生产行为的改变, 以利于农业面源污染治理工作的开展。

机制层面上, 有效的农业污染环境规制能够规制利益相关者行为, 但当前实施的一些规制具有明显的被动性特征, 而且相关内容分散, 有效性相对较差; 与此同时, 农业面源污染治理中普遍存在着利益协调机制和农民参与机制缺乏、基础数据库建设缺位等问题, 为此, 应强化关键制度和机制建设^[43]。此外, 农业面源污染治理需要各级政府的联动, 准确确定治理的范围, 并建立相应的维持机制^[44], 为此, 应基于循环经济的视角, 探讨政府、市场、农户及涉农企业多元主体协调配合的农业面源污染治理机制^[45]。

农业面源污染治理一方面源于政府农业公共服务供给的不足, 另一方面由于政府缺少正向的经济激励, 农民采取环境友好型农业技术积极性受挫。为此, 农业面源污染治理应引导微观层面的农户自觉调整自身的生产行为^[46]。

以上文献为本研究提供了借鉴, 与此同时, 这些文献也存在着一些可以进一步改善的地方, 如提出的对策建议, 一则是区域性较强, 二则是原则性较强, 难以落地。为此, 本文拟对农业面源污染治理

难点及问题进行分析, 并据此提出针对性相对较强的对策建议, 强化农业面源污染的治理。

2 农业面源污染防治的难点

新时代, 我国农业资源环境遭受着外源性污染和内源性污染的双重压力, 农业已超过工业成为我国最大的面源污染产业。特别是由于化肥、农药长期不合理、过量使用, 畜禽粪便资源化利用程度低、废弃农用薄膜未能有效回收等问题, 导致了日益严重的农业面源污染。农业面源污染的多源性、广泛性, 均成为农业面源污染防治的难点所在。

2.1 化肥施用量、施用强度及其变化

化肥对提高农作物产量, 提升农业生产能力发挥着巨大作用。农村改革 40 年来, 化肥施用量急剧攀升, 相对于农作物生长的生理需要, 出现了明显的过量使用, 再加上化肥的低效利用, 导致了一系列生态环境问题。当前, 化肥施用方面的突出特点是化肥施用总量(折纯量)大与施用强度高并存, 使用效率低与流失严重同在。

2.1.1 农用化肥施用量增加趋势显著

农村改革 40 年来, 农用化肥施用量急剧增加, 从 1978 年的 88.4 亿 kg 增加到 2016 年的 598.4 亿 kg, 增加了 510.0 亿 kg, 增长 5.77 倍(图 1)。其中, 2016 年与 1980 年相比, 农用氮肥施用量从 93.4 亿 kg 增加到 231.0 亿 kg, 增加了 1.47 倍; 农用磷肥施用量从 27.3 亿 kg 增加到 83.0 亿 kg, 增加了 2.04 倍; 农用钾肥施用量从 3.5 亿 kg 增加到 63.7 亿 kg, 增加了 17.41 倍; 农用复合肥料施用量从 2.7 亿 kg 增加到 221.0 亿 kg, 增加了 80.14 倍。

从化肥施用量的区域分布来看, 2016 年东部地区化肥施用量占全国施用量的 30.23%, 中部地区占 39.47%, 西部地区占 30.30%。

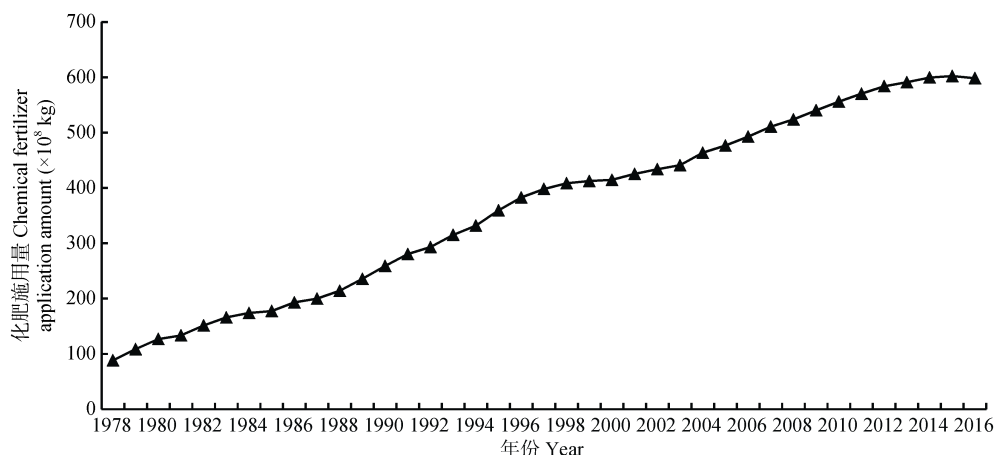


图 1 中国农村改革以来化肥施用折纯量变化情况

Fig. 1 Application amount of effective components of chemical fertilizer since Rural Reform of China

2.1.2 化肥施用强度持续递增

与农用化肥施用量变化相比,同期农作物播种面积仅增加 11.02%,由此导致了化肥施用强度的急剧增加,已远远高于国际公认的安全上限。从 1978 年的 $58.89 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增加到 2016 年的 $359.08 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增加了 $300.19 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增长 5.10 倍。2016 年的化肥施用强度是国际公认的安全上限($225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)的 1.60 倍。

不同时期各区域的化肥施用强度表现出如下特点:一是全国平均、中部地区、西部地区的施肥强度都呈现出持续增加的态势,东部地区的化肥施用强度从“十一五”时期开始在高位上实现递减;二是同一时期化肥施用强度自东向西依次递减;三是每个时期,东部地区化肥施用强度都高于全国平均水平,而中、西部地区化肥施用强度则低于全国平均水平^[47]。

2.1.3 化肥利用率偏低,流失严重

由于农业生产中,农民对化肥种类的选择依据一般来自两个方面:一是农业生产资料零售商的推荐,二是周边邻居购买情况。此外,还根据自己以往购置化肥的种类。在化肥的施用方面,施用方式及施用量也多凭借多年的传统经验来确定,底肥主要在耕地翻耕或者旋耕前撒施,追肥则在农作物灌溉时撒施在田表。严格来讲,施肥方式、施用量都没有考虑到作物的生长规律,以及土壤已有营养元素状况,缺乏科学性,极易导致化肥过量施用。再加上我国化肥使用效率相对较低,由此导致大量氮、磷随地表径流进入土壤和地下水体,对耕地土壤和地下水体造成污染。根据《第一次全国污染源普查公报》^[48],种植业总氮流失量 15.98 亿 kg,其中地表径流流失量 3.20 亿 kg,地下淋溶流失量 2.07 亿 kg,基础流失量 10.70 亿 kg;总磷流失量 1.09 亿 kg。

2.2 农药使用及其变化情况

农药在农作物生长中发挥着积极作用,但与此同时也带来了一系列的问题,如农产品中农药残留超标,对耕地土壤污染等。出现这些问题的根本原因并不在农药本身,而在于没有科学地使用农药,农民多以传统经验、空闲时间等确定喷洒时间、剂量、次数等,而没有按照农药包装说明科学实施。

2.2.1 农药使用量持续增加

有关统计数据表明,1991 年到 2015 年,我国农药使用量(实物量)从 7.65 亿 kg 增加到 17.83 亿 kg,增加了 10.18 亿 kg,增长 1.33 倍。2010 年至 2015 年期间,农药使用量(有效成分)平均为 3.15 亿 kg,

占世界总用量的 1/7。从目前来看,农药真正有效的用量不到 40%,60%~70%的农药通过径流进入土壤或水体,造成污染。农药过量和不规范使用,不仅增加了农业生产成本,而且造成农产品中农药残留的增加,影响了农产品质量安全,进而对消费者身体健康造成危害;与此同时,也影响我国农产品的国际市场竞争力。根据原农村部公布的《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》,到 2020 年力争实现农药使用总量零增长。事实上,农药使用量到 2015 年已经到了拐点,提前实现了农药使用总量零增长的目标。

2.2.2 农药包装物污染日益严重

近年来,农药包装物导致的二次污染日益严重。调研发现,全国各地都存在农药包装物遍布田间地头现象。尽管各级政府认识到农药包装物污染及其危害性,在一些地方开展了农药包装物回收试点。但由于没有在整个链条上建立有效机制,特别是没有考虑到农药包装物回收之后如何实现资源化利用的“最后一公里”问题,因此,未能从根本上解决包装物污染问题。如果按照每瓶 0.5 kg 的包装标准匡算,2015 年将产生 35.7 亿个农药包装物!基层调研发现,当前农业生产资料市场上,无论是液体农药还是粉状农药,其包装规格大多是 0.250 kg 或者 0.125 kg,甚至更小,由此产生的农药包装物将会翻倍、甚至更多。正如前面所提到的,由于缺失有效的回收机制及资源化利用途径,农民没有回收的积极性,而是习惯将包装物随手丢弃在田间地头,或者水体之中,对土壤或者水体造成二次污染。

2.3 塑料农膜使用及其变化情况

塑料农膜在农业生产中发挥了积极作用,特别是在干旱缺水地区,推动了农业生产方式的革命性变革,由此带来的“白色污染”也日益严重。

2.3.1 农用薄膜使用量持续增加

农用薄膜因具有增温保墒、抗旱节水、提高肥力、抑制杂草等作用,已成为我国农业增产的重要支撑,使用量也呈现出明显的增加态势,从 1991 年的 6.42 亿 kg 增加到 2015 年的 26.04 亿 kg,增加了 19.61 亿 kg,增长 3.05 倍。从农业生产的现实需求来看,农用薄膜使用量在一定时期内依然会有所增加,一些地方可能会大幅度增加。

2.3.2 农用薄膜导致的白色污染依然严重

与农药包装物一样,废弃农用薄膜导致的“白色污染”日益成为农业面源污染的重要组成部分。由于缺乏废弃农用薄膜回收的有效机制,实现其资源

化利用的市场在短期内还难以形成;同时,现实中也缺乏废弃农用薄膜田间捡拾机械,再加上农用薄膜自身的特点,难以实现有效的回收,进而导致残留在土壤的薄膜越来越多,而这些薄膜短期内又难以降解,白色污染日益严重,成为农业绿色发展的一大隐患。

2.4 畜禽养殖废弃物排放及抗生素使用情况

在农业发展过程中,农业生产结构及生产方式的变化不是内源性因素导致的,而是外源性因素带来的。如化肥工业的发展,诱发了种植业与养殖业之间的生态关联链条隔断的行为,从而一方面导致了化肥施用量的急剧增加,导致土壤板结及地下水体的污染;另一方面则是畜禽养殖业废弃物因得不到资源化利用,而成为农业面源污染的又一大来源。

2.4.1 畜禽粪尿产生量大、处理率低

近年来,我国畜禽养殖总量不断上升,由此导致的废弃物产生量也日益增加。2016 年大牲畜年底存栏头数为 11 906.41 万头,产生大约 30 000 亿 kg 的畜禽粪污。由于养殖场空间分布较为分散,特别是一些规模以下养殖场,缺乏必要的环保设施,废弃物的有效处理率不到 50%,畜禽粪尿资源化利用的有效途径欠缺。

2.4.2 畜禽废弃物污染严重

正是由于畜禽养殖废弃物处理率较低,大部分废弃物直接进入环境,对环境造成立体化污染。《第一次全国污染源普查公报》中的数据表明,我国畜禽养殖业主要水污染物排放量中,化学需氧量(COD)126.83 亿 kg,总氮 10.25 亿 kg,总磷 1.60 亿 kg。一些研究表明,农业源 COD 排放量中,来自畜禽养殖业的 COD 排放量占 95.23%;农业源氨氮排放量中,来自畜禽养殖业的排放量占 77.90%^[48]。由此表明,畜禽养殖废弃物成为农业面源污染的重要来源。

2.4.3 兽用抗生素使用量大,环境影响范围广、程度深

统计数据表明,2013 年国内抗生素使用量为 1.62 亿 kg,其中,兽用抗生素占 52%。特别是养殖业较为发达的地区,抗生素使用量、排放量较大,排放强度高,对环境造成很大的影响。养殖业所用抗生素通过富集作用,随着肉、蛋、奶等畜禽产品的消费,转移到人体之内。研究表明,无论是人体,还是畜禽个体摄入抗生素之后,70%~80%都会通过尿液及粪便排泄进入环境,导致环境的污染。

3 农业面源污染防治中存在的问题剖析

近些年来,国家采取了一系列措施推动农业面源污染防治,但为什么一直没有诱导出生产主体减

少化肥、农药、除草剂及杀虫剂的行为,相反使得农业面源污染日益严重?从而导致农产品质量的日益下降,难以满足人民日益增长的美好生活需要。为此,需要政界、学界的反思,全面剖析农业面源污染治理中存在的问题。

3.1 农业面源污染防治对象的多源性

上述分析表明,农业面源污染具有明显的多源性特征。客观来讲,化肥的使用对农业生产发挥了巨大作用。有关研究表明,化肥施用对农业生产的贡献率达 50%;农药、杀虫剂、除草剂等化学品的使用,对作物病虫害防治、杂草控制等都起到了很好的作用,有效地保障了农作物生长。农用塑料薄膜有效地推动了农业生产方式的改变,提高了农产品产量及供应能力,特别是在水资源缺乏的广大西北地区,发挥了更大的作用。然后,由于使用过程中缺乏科学性,导致了使用量、使用方式的不当,再加上低效利用,导致了农业面源污染的产生。在畜禽养殖过程中,由于没有必要的粪污处理设施,导致的水体、空气污染日益严重。

3.2 农业面源污染防治主体的多元性

农业面源污染防治成为新时代的主旋律,同时也是实施乡村振兴战略,全面建成小康社会的重要内容。农业面源污染防治需要政府及其管理部门、农业生产资料生产企业、农业生产主体的共同参与,表现出明显的主体多元性特征。但不同的主体,其目标定位具有明显的差异性。对政府而言,所追求的是生态目标,保障农产品的质量安全;地方政府所追求的是经济发展目标,关注的是农业对地方经济的贡献;农业生产资料生产者追求的是通过增加生产、销售量,来增加自身的利润;农业生产主体追求的则是通过增加农业生产资料投入,提高农业作物产量,实现经营性收入。由此可见,农业面源污染防治主体的多元性,决定了目标取向的不一致,从而增加了农业面源污染防治的艰巨性。

3.3 农业面源污染防治技术有效性不足

农业面源污染防治需要技术支撑,但基层调研发现,农业面源污染防治中技术层面存在 4 个明显的问题:从技术供给侧来讲,一方面是相关技术研发不够,特别是适宜于一些特定区域,如高寒地区的实用技术偏少。另一方面则是技术推广不足,一些成熟的技术得不到有效地推广使用,造成相关技术的闲置,无法发挥相应的作用。此外,农村基层农业技术推广体系名义上存在,而实质上缺失,无法将相关技术及时进行推广。当前,基层农业生产资料零售商成为相关技

术的推广主体,基于自身利益的考虑,难以将有效的农业生产资料产品及技术进行推广。从技术需求侧来讲,环境友好型的农业生产资料需求,以及农业面源污染防治对适用技术需求越来越多,但正是由于供给与需求之间的错位,导致了农民得不到测土配方施肥和科学施药等方面的必要培训。

3.4 农业面源污染防治的机制缺失

当前,农业面源污染防治已经达成了共识,但依然缺乏有效的机制,严格地说,缺乏从产前农业生产资料生产、到产中农业生产资料使用、产后农业生产资料包装物资源化利用整个链条有效运转的机制,难以激励不同利益群体的参与性;此外,在单一节点或者某个环节建立机制,不但无法解决农业面源污染问题,反而会导致严重的点源污染。以农药包装物资源化为例,调研发现,一些地方政府采取激励机制,鼓励农民将农药包装物收集起来,进行集中放置,但收集之后的“出口”没有解决,长期堆集的大量农药包装物,如果露天放置,一旦遇到降雨,将会造成严重的污染。

4 强化农业面源污染防治的对策建议

保护耕地土壤与灌溉用水的质量是实现农业绿色发展,确保农产品质量安全的两大核心。其前提就是要强化农业面源污染防治,保障农业生产环境系统健康。根据上述农业面源污染防治的难点分析,以及防治过程中存在的问题,特提出如下相应的对策建议。

4.1 以绿色发展理念为指导,全面推进农业面源污染防治

绿色发展成为时代的主旋律,也是农业发展的理论指南。要实现乡村生态振兴,助力乡村产业振兴,农业面源污染防治是重要的内容之一。而农业面源污染问题是农村改革以来积淀下来的,存量非常大。为此,对各级政府而言,应清醒地认识到农业面源防治对实现农业绿色发展,确保农产品品质,满足人们日益增长的美好生活需要的重要性;同时,也要清晰地认识到农业面源防治的紧迫性和艰巨性,并开展有效的宣传工作,提高广大农民对农业面源污染防治的认知、参与水平,提升广大农民科学使用化学投入品的能力。

4.2 强化农业面源污染防治行动计划的实施监督,并注重实施效果的监测与评价

针对农业面源污染防治,国家出台了一系列的政策措施,并推行了相应的行动计划,取得了一定

的成效。进一步推动农业面源污染防治,应对国家相关政策、行动计划的效果实施监测及评估。为此,在全国范围内选择典型区域,对农业面源污染防治行动的实施效果进行监测及评价,在分析行动有效推行的基础上,客观分析行动的实施效果,以及实施过程中存在的问题,提出进一步完善的政策建议。此外,评价过程中,应对政府、企业、农民等不同群体进行广泛调研,分析他们对实施这些行动的态度及意愿。与此同时,充分利用 GIS 信息技术,对农业面源污染实施监测,及时公布监测结果,为有效开展农业面源污染“靶向治理”提供依据。

4.3 加强农业污染防治技术研究、推广及培训

农业面源污染防治需要有效的技术做支撑,为此,应基于不同区域农业面源污染防治的实际,做好农业面源污染防治的区域性规划,并开展有针对性的技术研究、推广及培训工作。

由于不同区域农业生产结构、生产方式、生产规模等存在差异,农业面源污染状况也各不相同,农业面源污染防治的重点、所需技术等都有明显差异,因此,需要做好农业面源污染防治的区域性规划,对区域农业面源污染防治的重点、难点、路径等进行科学诊断,特别是对所需要的技术提出精准要求,更好地实施精准防治农业面源污染。

为提升技术对农业面源污染防治的支撑服务能力,应在规划框架内,根据新时代农业面源污染防治的特点,充分发挥区域农业大学、科研机构的智力优势,开展新技术的研究工作,围绕新型高效肥料、高效低毒农药、绿色防控技术、畜禽粪污低成本治理技术、秸秆农膜等农业废弃物资源化利用技术进行研究开发。同时,注重高寒等特定气候条件区域农业面源污染防治技术的研究。

不同区域农业面源污染防治所需要的技术,既有共性,更应突出个性。特别是对高寒等特定气候区域,农业面源污染防治技术的个性更为突出。一方面应大力推广应用已经成熟的技术,另一方面对新研发技术应及时加以推广应用。为此,应建立完善的技术推广服务体系,为技术推广应用提供组织保障。同时,应开展相应技术效果的评估,特别是潜在的负面影响评估。如微生物技术应用中,农民担心秸秆腐熟剂等产品对土壤等产生负面应用,不愿意应用,从而成为推广中的一个现实问题。

提高农业生产主体参与农业面源污染防治的积极性,仅是加强农业面源污染防治的一个方面,更重要的是,加强对农业生产者的技术指导和培训,

引导农民科学用药、合理施肥, 以及采用绿色防控技术, 减少农业面源污染。

4.4 实施多维创新, 全面推进农业面源污染防治

良好的农业生产环境是农产品质量安全的前提。为此, 应通过产业模式创新、管理机制与体制创新等, 推动农业面源污染防治, 提升农产品质量。

重构循环型农业产业体系, 实现种植业与养殖业的协调发展。在养殖业发展中, 根据养殖规模确定消纳养殖废弃物的耕地面积, 一方面可以流转农民的耕地, 另一方面可以与农民建立利益共同体, 切实构建种植业与养殖业紧密联系的循环型产业体系。

要求农业生产资料生产中严格根据农业绿色发展的要求, 从源头上杜绝耕地土壤系统、水体系统健康造成污染。严格规范农业生产主体行为, 使其严格按照农产品质量标准体系进行生产, 减少农业生产过程造成的面源污染; 同时, 建立与完善农产品生产的服务体系, 以及农产品质量的安全检测监督。

创新农药包装物、废弃农用塑料薄膜回收机制, 充分发挥政府、企业、农业生产主体的作用, 特别是应建立企业的责任延伸制度, 发挥其生产环节及废弃物资源化环节的关键作用。为此, 政府应采取补贴方式, 鼓励企业在产品销售集中地区, 建立废弃物资源化回收利用站, 对废弃物进行处理利用。或者鼓励相同企业组成产业联盟, 共同建立废弃物资源化回收利用市场, 对废弃物进行处理利用。

推广生态养殖发展模式的同时, 强化兽用抗生素生产与使用过程的监管, 严格执法; 同时, 畜禽养殖业充分利用中草药, 对中草药作为添加剂取代抗生素的技术及产品进行研发。此外, 需要加大农业面源污染防治投入, 在支农资金中划出一定比例用于农业面源污染防治, 选择重点区域、重点项目、重点技术进行扶持, 保障农业面源污染防治工作的有效实施。

参考文献 References

- [1] 于法稳. 新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究[J]. 中国农村经济, 2018, (5): 19-34
YU F W. An analysis of the reasons, core and countermeasures of agricultural green development in the new era[J]. Chinese Rural Economy, 2018, (5): 19-34
- [2] 梁流涛, 冯淑怡, 曲福田. 农业面源污染形成机制: 理论与实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(4): 74-80
LIANG L T, FENG S Y, QU F T. Forming mechanism of agricultural non-point source pollution: A theoretical and empirical study[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(4): 74-80
- [3] 李海鹏, 张俊飏. 中国农业面源污染的区域分异研究[J]. 中国

农业资源与区划, 2009, 30(2): 8-12

LI H P, ZHANG J B. Studies on regional differentiation of non-point source pollution contamination in China agriculture[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2009, 30(2): 8-12

- [4] 丘雯文, 钟涨宝, 原春辉, 等. 中国农业面源污染排放的空间差异及其动态演变[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(1): 152-163
QIU W W, ZHONG Z B, YUAN C H, et al. Spatial differences and dynamic evolution of agricultural non-point source pollution in China[J]. Journal of China Agricultural University, 2018, 23(1): 152-163
- [5] 吴义根, 冯开文, 李谷成. 我国农业面源污染的时空分异与动态演进[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(7): 186-199
WU Y G, FENG K W, LI G C. Spatial-temporal pattern and dynamic evolution of agricultural non-point source pollution in China[J]. Journal of China Agricultural University, 2017, 22(7): 186-199
- [6] 邱小琼, 王德全, 尹娟, 等. 宁夏农业面源污染及其影响因子解析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 190-194
QIU X C, WANG D Q, YIN J, et al. Analysis of agriculture non-point source pollution and its influence factors in Ningxia[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2012, 26(5): 190-194
- [7] 叶延琼, 章家恩, 李逸勉, 等. 基于 GIS 的广东省农业面源污染的时空分异研究[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(2): 369-377
YE Y Q, ZHANG J E, LI Y M, et al. Spatial-temporal variation of agricultural non-point source pollution based on GIS technology in Guangdong Province, China[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2013, 32(2): 369-377
- [8] 陈森, 刘宇欢, 刘贝贝, 等. 近 30 年海南省农业面源潜在污染物时空特征分析[J]. 环境污染与防治, 2018, 40(4): 479-483
CHEN M, LIU Y H, LIU B B, et al. Spatial-temporal variations of potential agricultural non-point source pollutants of Hainan in recent 30 years[J]. Environmental Pollution and Control, 2018, 40(4): 479-483
- [9] 陈玉成, 杨志敏, 陈庆华, 等. 基于“压力-响应”态势的重庆市农业面源污染的源解析[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2362-2369
CHEN Y C, YANG Z M, CHEN Q H, et al. Source apportionment of agricultural non-point source pollution of Chongqing based on pressure-response system[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(8): 2362-2369
- [10] 马立珊, 汪祖强, 张水铭, 等. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(1): 39-47
MA L S, WANG Z Q, ZHANG S M, et al. Pollution from agricultural non-point sources and its control in river system of Taihu Lake, Jiangsu[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 1997, 17(1): 39-47
- [11] 汪洁, 栾敬东, 马友华, 等. 巢湖农业面源污染控制的生态补偿措施和政策思考[J]. 中国农学通报, 2009, 25(2): 295-299
WANG J, LUAN J D, MA Y H, et al. The controlling measures and policies in ecological compensation of agricultural non-point pollution in Chaohu Lake[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(2): 295-299
- [12] 刘静, 路凤, 杨延钊, 等. 南四湖农业面源污染现状及控制措

- 施[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(3): 292–295
LIU J, LU F, YANG Y Z, et al. Current status and control measures of agricultural non-point source pollution in Nansi Lake watershed[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(3): 292–295
- [13] 刘涓, 谢谦, 倪九派, 等. 基于农业面源污染分区的三峡库区生态农业园建设研究[J]. 生态学报, 2014, 34(9): 2431–2441
LIU J, XIE Q, NI J P, et al. The construction of the eco-agricultural yards in three gorges reservoir area based on agricultural non-point source pollution zones[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(9): 2431–2441
- [14] 卢少勇, 张萍, 潘成荣, 等. 洞庭湖农业面源污染排放特征及控制对策研究[J]. 中国环境科学, 2017, 37(6): 2278–2286
LU S Y, ZHANG P, PAN C R, et al. Agricultural non-point source pollution discharge characteristic and its control measures of Dongtinghu Lake[J]. China Environmental Science, 2017, 37(6): 2278–2286
- [15] 杨辰, 苏本营, 方广玲, 等. 干热河谷农业面源污染及其防治[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(10): 1848–1856
YANG C, SU B Y, FANG G L, et al. Agricultural non-point source pollution and countermeasures of dry-hot valley: A review[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2016, 35(10): 1848–1856
- [16] 张家宏, 何榕, 王桂良, 等. 江苏里下河地区农业面源污染防治对策研究与示范[J]. 农学学报, 2018, 8(2): 15–19
ZHANG J H, HE R, WANG G L, et al. Agricultural non-point source pollution in Lixiahe area, Jiangsu: The prevention countermeasures[J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(2): 15–19
- [17] 孔佩儒, 陈利顶, 孙然好, 等. 海河流域面源污染风险格局识别与模拟优化[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4445–4453
KONG P R, CHEN L D, SUN R H, et al. Identification and optimized simulation of non-point source pollution risk patterns in the Haihe River basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(12): 4445–4453
- [18] 于骥, 蒲实, 周灵. 四川省农业面源污染与农业增长的实证分析[J]. 农村经济, 2016, (9): 56–60
YU J, PU S, ZHOU L. Empirical analysis of agricultural non-point source pollution and agricultural growth in Sichuan Province[J]. Rural Economy, 2016, (9): 56–60
- [19] 张锋, 胡浩, 张晖. 江苏省农业面源污染与经济增长关系的实证[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(8): 80–85
ZHANG F, HU H, ZHANG H. The positive analysis on the relationship between agriculture non-point source pollution and economic growth of Jiangsu Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(8): 80–85
- [20] 张晖, 胡浩. 农业面源污染的环境库兹涅茨曲线验证——基于江苏省时序数据的分析[J]. 中国农村经济, 2009, (4): 48–53
ZHANG H, HU H. Verification of environmental Kuznets curve for agricultural non-point source pollution based on the analysis of time series data in Jiangsu Province[J]. Chinese Rural Economy, 2009, (4): 48–53
- [21] 饶静, 许翔宇, 纪晓婷. 我国农业面源污染现状、发生机制和对策研究[J]. 农业经济问题, 2011, 32(8): 81–87
RAO J, XU X Y, JI X T. Study on the current situation, mechanism and countermeasures of agricultural non-point source pollution in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2011, 32(8): 81–87
- [22] 葛继红, 周曙东. 农业面源污染的经济影响因素分析——基于 1978–2009 年的江苏省数据[J]. 中国农村经济, 2011, (5): 72–81
GE J H, ZHOU S D. Analysis of the economic factors affecting agricultural non-point source pollution — Based on the data of Jiangsu Province in 1978–2009[J]. Chinese Rural Economy, 2011, (5): 72–81
- [23] 金书秦, 沈贵银. 中国农业面源污染的困境摆脱与绿色转型[J]. 改革, 2013, (5): 79–87
JIN S Q, SHEN G Y. To get rid of the predicament and green transformation of agricultural nonpoint source (NPS) pollution[J]. Reform, 2013, (5): 79–87
- [24] 阎继胜, 孔祥智. 我国农业面源污染问题的研究进展[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2016, (2): 59–66
MIN J S, KONG X Z. Research progress of agricultural non-point source pollution in China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2016, (2): 59–66
- [25] 张可, 聂阳剑. 水环境政策对农业增长与面源污染影响的实证分析[J]. 统计与决策, 2017, (14): 118–121
ZHANG K, NIE Y J. An empirical analysis of the impact of water environment policy on agricultural growth and non-point source pollution[J]. Statistics and Decision, 2017, (14): 118–121
- [26] 李转桐, 张广现. 农业面源污染背后的农户行为——基于山东省昌乐县调查数据的面板分析[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(1): 143–146
LI T T, ZHANG G X. The farm household's behavior behind agricultural non-point source pollution: A panel analysis on Changle County in Shandong Province[J]. Areal Research and Development, 2013, 32(1): 143–146
- [27] 史常亮, 李赞, 朱俊峰. 劳动力转移、化肥过度使用与面源污染[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(5): 169–180
SHI C L, LI Y, ZHU J F. Rural labor transfer, excessive fertilizer use and agricultural non-point source pollution[J]. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(5): 169–180
- [28] 汪厚安, 叶慧, 王雅鹏. 农业面源污染与农户经营行为研究——对湖北农户的实证调查与分析[J]. 生态经济, 2009, (9): 87–91
WANG H A, YE H, WANG Y P. Study on the agricultural non-point source pollution and farm household's management behavior: An empirical study and analysis of farmer households in Hubei Province[J]. Ecological Economy, 2009, (9): 87–91
- [29] 史志华, 张斌, 蔡崇法, 等. 汉江中下游农业面源污染动态监测信息系统的建立与初步应用[J]. 遥感学报, 2002, 6(5): 382–386
SHI Z H, ZHANG B, CAI C F, et al. The establishment and application of agricultural non-point source pollution information system in Hanjiang River watershed[J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(5): 382–386
- [30] 雷能忠, 黄大鹏. 基于 GIS 的农业面源污染风险评估[J]. 中国农学通报, 2007, 23(12): 381–385
LEI N Z, HUANG D P. Research on risk assessment of agricultural non-point source pollution with GIS[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(12): 381–385
- [31] 冯晓娜, 张刚, 王咏. 农业面源污染防治措施进展研究[J]. 环

- 境科学与管理, 2017, 42(8): 89-93
FENG X N, ZHANG G, WANG Y. Agricultural non-point source pollution prevention measures[J]. Environmental Science and Management, 2017, 42(8): 89-93
- [32] 李红娜, 叶婧, 刘雪, 等. 利用生态农业产业链技术控制农业面源污染[J]. 水资源保护, 2015, 31(5): 24-29
LI H N, YE J, LIU X, et al. Control agricultural non-point pollution with technology of eco-agricultural industrial chain[J]. Water Resources Protection, 2015, 31(5): 24-29
- [33] 席利卿, 王厚俊, 彭可茂. 水稻种植户农业面源污染防治支付行为分析——以广东省为例[J]. 农业技术经济, 2015, (7): 79-92
XI L Q, WANG H J, PENG K M. Analysis on payment behavior of rice growers for agricultural non-point source pollution prevention and control — Taking Guangdong Province as an example[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (7): 79-92
- [34] 马瑛, 王保力, 张芳, 等. 新疆棉农对农业面源污染防治的态度和支付意愿研究[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 150-156
MA Y, WANG B L, ZHANG F, et al. Study on Xinjiang cotton farmers' attitude and willingness-to-pay for agricultural non-point source pollution control[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(7): 150-156
- [35] 华春林, 张灿强. 农户响应农业面源污染治理教育引导机制的行为研究——以测土配方施肥项目为例[J]. 生态经济, 2016, 32(10): 193-197
HUA C L, ZHANG C Q. Research on the farmers' response behavior to education and training program for controlling agricultural non-point source pollution: Soil test and formulation fertilizer program[J]. Ecological Economy, 2016, 32(10): 193-197
- [36] 梁增芳, 肖新成, 倪九派. 农业面源污染认知与调控意愿关系的实证分析——以三峡库区南沱镇为例[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2015, 37(3): 125-131
LIANG Z F, XIAO X C, NI J P. An empirical analysis of the relation between the farmers' awareness of agricultural nonpoint pollution and their willingness to participate in its control — A case study of Nantuo Town in Three Gorges Reservoir area[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2015, 37(3): 125-131
- [37] 李晓平, 谢先雄, 赵敏娟. 资本禀赋对农户耕地面源污染治理受偿意愿的影响分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(7): 93-101
LI X P, XIE X X, ZHAO M J. Analysis about the influence of capital on the willingness to accept for controlling the nonpoint pollution of cultivated land[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(7): 93-101
- [38] 金书秦, 邢晓旭. 农业面源污染的趋势研判、政策评述和对策建议[J]. 中国农业科学, 2018, 51(3): 593-600
JIN S Q, XING X X. Trend analysis, policy evaluation, and recommendations of agricultural non-point source pollution[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(3): 593-600
- [39] 金书秦, 韩冬梅, 吴娜伟. 中国畜禽养殖污染防治政策评估[J]. 农业经济问题, 2018, (3): 119-126
JIN S Q, HAN D M, WU N W. Evaluation on prevention policies for livestock and poultry pollution in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2018, (3): 119-126
- [40] 秦敏, 朱建春, 刘小童. 农业面源污染排污权交易制度的设计与创新[J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2017, 17(1): 155-160
QIN M, ZHU J C, LIU X T. Design and innovation of agricultural non-point source pollution emission trading system[J]. Journal of Northwest A & F University: Social Science Edition, 2017, 17(1): 155-160
- [41] 刘勇. 农村面源污染治理主体及其责任优化思路研究——基于对太湖流域水环境综合治理的分析[J]. 福建论坛: 人文社会科学版, 2016, (9): 5-14
LIU Y. Optimization of rural non-point source pollution remediation subjects and their responsibilities — Analysis of comprehensive treatment of water environment in Taihu basin[J]. Fujian Tribune: Humanities & Social Sciences Bimonthly, 2016, (9): 5-14
- [42] 李一花, 李曼丽. 农业面源污染控制的财政政策研究[J]. 财贸经济, 2009, (9): 89-94
LI Y H, LI M L. Fiscal policy of controlling the agricultural non-point source pollution[J]. Finance & Trade Economics, 2009, (9): 89-94
- [43] 袁平, 朱立志. 中国农业污染防治: 环境规制缺陷与利益相关者的逆向选择[J]. 农业经济问题, 2015, 36(11): 73-80
YUAN P, ZHU L Z. Agricultural pollution prevention and control in China: Deficiencies of environmental regulation and the stake holder's adverse selection[J]. Issues in Agricultural Economy, 2015, 36(11): 73-80
- [44] 陈红. 治理农村面源污染地方政府联动的行为博弈[J]. 学术交流, 2010, (2): 78-84
CHEN H. Gaming of local government's interaction conducts during rural diffused pollution control[J]. Academic Exchange, 2010, (2): 78-84
- [45] 李富田, 卢黎霞, 华春林. 循环经济视角下的农业面源污染治理机制建构[J]. 农村经济, 2016, (11): 100-103
LI F T, LU L X, HUA C L. Construction of agricultural non-point source pollution control mechanism from the perspective of circular economy[J]. Rural Economy, 2016, (11): 100-103
- [46] 饶静, 纪晓婷. 微观视角下的我国农业面源污染治理困境分析[J]. 农业技术经济, 2011, (12): 11-16
RAO J, JI X T. Analysis on the dilemma of agricultural non-point source pollution control in China from the micro perspective[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2011, (12): 11-16
- [47] 于法稳. 基于健康视角的乡村振兴战略相关问题研究[J]. 重庆社会科学, 2018, (4): 6-15
YU F W. Research on the issues related to rural vitalization strategy based on health perspective[J]. Chongqing Social Sciences, 2018, (4): 6-15
- [48] 中华人民共和国环境保护部, 中华人民共和国国家统计局, 中华人民共和国农业部. 第一次全国污染源普查公报[EB/OL]. (2010-02-11). http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/201002/t20100211_30641.html
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, National Bureau of Statistics of the People's Republic of China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Bulletin of the first national census on pollution resources[EB/OL]. (2010-02-11). http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/201002/t20100211_30641.html