



国家重点研发计划农业面源专项服务绿色发展的主要成效与机制探索

徐长春, 熊炜, 刘婕

引用本文:

徐长春,熊炜,刘婕. 国家重点研发计划农业面源专项服务绿色发展的主要成效与机制探索[J]. *农业资源与环境学报*, 2023, 40(3): 699-704.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0733>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[我国农业绿色发展研究热点分析及展望](#)

张钰婧, 叶飞

农业资源与环境学报. 2023, 40(1): 196-205 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0778>

[生态环境视角下有机农业发展助推环境保护与绿色发展\(1994—2019\)](#)

张弛, 席运官, 孔源, 田伟, 肖兴基, 赵克强

农业资源与环境学报. 2019, 36(6): 703-710 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0307>

[切实加强农业资源环境工作不断提升农业绿色发展水平——在全国农业资源环境与能源生态工作会暨 2016中国现代农业发展论坛上的讲话](#)

张桃林

农业资源与环境学报. 2017, 34(2): 95-101 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0025>

[乡村环境保护和管理的景观途径](#)

张鑫, 李朋瑶, 宇振荣

农业资源与环境学报. 2015(2): 132-138 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0051>

[规模化经营推动中国农业绿色发展](#)

谷保静, 段佳莹, 任琛琛, 汪思彤, 王琛

农业资源与环境学报. 2021, 38(5): 709-715 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0377>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

徐长春, 熊炜, 刘婕. 国家重点研发计划农业面源专项服务绿色发展的主要成效与机制探索[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(3): 699–704.

XU C C, XIONG W, LIU J. Research projects promoting green development within China's agricultural sector: Insights from the National Key R&D Program of China for prevention and control of agricultural non-point source pollution and heavy metal contaminated croplands[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2023, 40(3): 699–704.

国家重点研发计划农业面源专项 服务绿色发展的主要成效与机制探索

徐长春¹, 熊炜^{1*}, 刘婕²

(1. 农业农村部科技发展中心, 北京 100176; 2. 华南农业大学植物保护学院, 广州 510642)

摘要:国家重点研发计划“农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发”专项聚焦农业绿色发展目标, 围绕产业链部署创新链, 在基础研究、关键技术研发、集成示范应用3个环节取得了一批面向产业的研发成果, 在典型区域开展集中示范应用, 为我国农业面源和重金属污染防治工作提供了有力的技术支撑。本文结合专项组织管理工作, 系统梳理了专项服务农业发展的主要成效, 总结专项实施管理过程中形成的项目成果进园区、“四方对接”模式、协同服务机制等经验做法, 以为科技支撑农业绿色发展提供参考。

关键词:农业面源污染; 农业绿色发展; 国家重点研发计划

中图分类号: X52; X71

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2023)03-0699-06

doi: 10.13254/j.jare.2022.0733

Research projects promoting green development within China's agricultural sector: Insights from the National Key R&D Program of China for prevention and control of agricultural non-point source pollution and heavy metal contaminated croplands

XU Changchun¹, XIONG Wei^{1*}, LIU Jie²

(1. Science and Technology Development Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100176, China; 2. College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Aiming to enhance green development within the agricultural sector, the National Key R&D Program of China entitled “Research and Development of Comprehensive Prevention and Remediation Technology for Farmland Contaminated by Agricultural Non-point Source Pollutants and Heavy Metals” deployed an industry-centered innovation incentive program that funded a total of 35 projects spanning basic research, technical research and development, and technique application and demonstration. By 2022, all 35 projects had passed comprehensive performance appraisal, produced an abundance of research and development achievements, and carried out extensive technique applications and demonstrations. Hence these projects have provided considerable technical support for prevention and control of agricultural non-point source pollution and heavy metal contamination in China. Based on project management experience, the authors identified the main techniques, their effects, and summarized the particular mechanisms by which the projects promote industrial innovation. We aim to provide this information to guide green development within the agricultural sector supported by scientific and technological innovation.

Keywords: agricultural non-point source pollution; green development of the agricultural sector; National Key R&D Program of China

收稿日期: 2022-10-20 录用日期: 2022-12-06

作者简介: 徐长春(1989—), 男, 安徽宿州人, 主要从事科技管理与生态经济研究。E-mail: xuchangchun@agri.gov.cn

*通信作者: 熊炜 E-mail: xiongwei@agri.gov.cn

多年来,我国农业绿色发展持续面临着外源性污染与内源性污染的双重压力。农业投入品不合理使用、农业废弃物处置不当、农业发展方式较为粗放等问题不断凸显,造成农业面源污染加剧、耕地质量下降,不仅对资源环境产生显著影响,还严重威胁着农产品质量和人民健康^[1-2]。强化科技支撑是解决农业面源和重金属污染等问题、推动农业绿色发展的重要途径。“十三五”期间,中央财政支持设立了国家重点研发计划“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(简称“农业面源专项”)。专项紧紧围绕农业绿色发展技术需求,经过近五年的组织实施,突破了氮磷、重金属、农业有机废弃物等农田主要污染物的防治与修复关键技术瓶颈,有力提升了我国农业面源防治技术的标准化、产业化水平,为农业绿色发展提供了高质量的技术供给,并为科技支撑农业绿色发展作出了有益的机制探索。

1 农业面源专项设立背景

农业面源和重金属污染多年来一直是制约农业绿色发展的瓶颈问题。2014年,环境保护部、国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》显示,我国耕地土壤污染点位超标率达19.4%,其中无机污染物(重金属)超标点位占全部超标点位的82.8%^[3]。2015年印发的《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》指出,我国化肥、农药利用率不足三分之一,农膜回收率不足三分之二,畜禽粪污有效处理率不到一半。农业面源污染和生态退化的趋势没有得到有效遏制,农业绿色可持续发展面临重大挑战^[4]。

有效治理农业面源和重金属污染,科技创新是关键。中央财政科技计划管理改革前,在863计划、国家科技支撑计划、公益性行业科研专项、国家科技重大专项等资助下,我国在农业面源和重金属污染防治

表1 中央财政科技计划管理改革前农业面源和重金属污染领域部分科研项目

Table 1 Part of research projects funded before national research project reform in area of agricultural non-point source pollution and heavy metal polluted croplands

资助渠道 Funding source	序号 No.	项目(课题)Project
863 计划	1	太湖河网区农村面源污染控制技术
	2	休闲期集约化蔬菜种植区地下水硝酸盐污染控制技术研究
	3	云南滇池城郊面源污水综合控制技术与工程示范
	4	污染土壤修复技术及示范
国家科技支撑计划	5	农业面源污染防治关键技术研究及示范
	6	集约化种植面源污染监测、负荷核算、技术效益评估研究
	7	南方平原稻作农区农业面源污染防治技术集成与示范
	8	城郊环保型高效农业关键技术研究及示范
	9	重金属超标农田安全利用技术研究及示范
公益性行业科研专项	10	主要农区农业面源污染监测预警与氮磷投入阈值研究
	11	化肥面源污染农田综合治理技术方案
	12	典型流域主要农业源污染物入湖负荷及防控技术研究及示范
	13	集约化种植面源污染监测、负荷核算和防治技术集成模式及绩效评估
	14	阻控作物重金属积累的遗传改良技术研究及示范
	15	农产品产地重金属污染安全评估技术与设备开发
	16	重金属污染农田生态水利修复技术研究及示范
国家科技重大专项	17	大规模农村与农田面源污染区域性综合防治技术与规模化示范
	18	太湖流域苕溪农业面源污染河流综合整治技术集成与示范工程
	19	洱海流域农业面源污染综合防控技术体系研究与示范
	20	松干流域粮食主产区农田面源污染全过程控制技术集成及综合示范
	21	流域农业面源污染防控整装技术与农业清洁流域示范
	22	冻融条件下农田面源污染过程和水质目标管理技术研究
	23	重点流域畜禽养殖污染控制区域解决方案产业化示范
	24	沙颍河流域农业面源源头控制与集中治理技术研究及示范
	25	农业源控制管理制度与减排政策示范研究

领域立项实施了一批科研项目(表1),围绕农业面源污染监测与防控、重金属污染土壤修复材料与技术研发等方面开展了一系列前期研究,取得了一批污染防治关键技术、材料、装备等科研成果,建设了多个相关领域的国家级、省部级重点实验室和工程中心,建成了一批实验站、基地及监测网络,资助了不同层级的科研院所、高等院校和环保企业,积累了较为丰富的污染修复工程案例经验。

农业农村部、科技部等部门重视农业面源和重金属污染防治及相关领域科技创新。《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》中将“保护耕地资源,防治耕地重金属污染”“治理环境污染,改善农业农村环境”作为未来一个时期农业可持续发展的重点任务^[4]。2015年农业部印发《关于打好农业面源污染防治攻坚战的实施意见》,提出要围绕农业投入品高效利用、农业面源污染综合防治、农业废弃物循环利用、耕地重金属污染修复等领域关键技术问题,启动实施一批重点科研项目,尽快形成一整套适合我国国情农情的农业清洁生产技术和农业面源污染防治技术模式与体系^[1]。“十三五”期间,按照中央财政科技计划管理改革的统一部署,国家重点研发计划中设立了“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,围绕我国农业面源污染和重金属污染研究领域重大科学问题和技术瓶颈进行全链条设计、一体化实施,有效解决了原先科技计划存在的重复、分散、多头申报等“碎片化”问题,为组织国内优势单位开展农业面源污染和重金属污染防治联合攻关搭建了全国性创新平台。

2 农业面源专项的总体部署与服务绿色发展目标

围绕我国农业绿色发展重大战略需求,专项设立了“235”的总体目标。(1)突破2项基础理论:在农田氮磷和重金属迁移转化机制、污染负荷与区域环境质量、农产品质量关系等理论方面取得突破,揭示农田面源污染物、土壤重金属污染的作用过程、农业有机废弃物生物转化与降解等污染防控机制。(2)提升3个能力:强化基础理论研究,提升我国农田氮磷、农药、重金属、农业有机废弃物污染防治关键技术标准化、产业化能力;加强关键核心技术和产品装备研发应用,提升农业面源和重金属污染综合防治与修复技术装备与产品化水平,接近国际先进水平;制定相对完善的农业面源和重金属污染综合防治与修复标准

草案,提升农业面源和重金属污染综合防治与修复管理水平。(3)依据区域特点,建设5个技术集成示范基地,其中核心区、示范区、辐射区面积不少于12万 hm^2 ,区域内氮磷和农药污染负荷降低20%~50%,农药残留率降低30%~50%,污染农田重金属有效性降低50%以上,农产品质量符合国家食品卫生标准,农业有机废弃物无害化消纳利用率达到95%^[5]。在目标设置上,特别突出了理论研究与技术研究的产业导向、应用导向。

“十三五”期间,农业面源专项面向我国农业绿色发展重大技术需求,基于国内外农业面源和重金属污染防治研究现状与趋势,以理论机制研究为基础,在技术与装备的产业化、规模化应用方面取得了显著成效。专项以粮食、蔬菜、瓜果、主要经济作物种植区为对象,以农田面源污染物、重金属、农业有机废弃物等污染物的防控为重点,全链条设计、一体化实施,共资助立项35个,其中基础研究类7个、关键技术研发类15个、集成示范应用类13个,各项目于2016、2017、2018年分3批先后启动实施。在专项组织实施过程中,专业机构积极落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》中提出的“在农业投入品减量高效利用、废弃物资源化利用、产地环境修复等领域尽快取得一批突破性科研成果,加快成熟适用绿色技术、绿色品种的示范、推广和应用”的要求^[6],组织项目单位强化技术装备研发与示范应用。截至2022年上半年,已完成对所有项目的综合绩效评价工作,各项目顺利验收结题,取得了一批面向农业绿色发展需求的成果。

3 农业面源专项服务绿色发展的主要成效

专项启动实施以来,专业机构坚持产业需求和问题导向,积极组织项目承担单位围绕农业面源污染治理、耕地重金属污染防治、农业废弃物资源化利用等方向开展协同攻关,在基础理论、关键技术产品、集成示范应用等方面取得了显著进展,在长江中下游平原、黄淮海平原、东北西北、华南西南、京津冀等五大类农业主产区开展技术示范应用,建立污染治理示范区109个、废弃物处理示范工程110个,累计示范面积达到29.6万 hm^2 ,区域内氮磷和农药污染负荷降低20%~50%,农药残留率降低30%~50%,污染农田重金属有效性降低50%以上,农业有机废弃物无害化消纳利用率达到95%,有力支撑了“一控两减三基本”“果菜茶有机肥替代化肥行动”等农业绿色发展重大

产业需求。

3.1 构建农田氮磷流失综合防控技术体系,改善区域水体环境

专项面向南方稻区农田氮磷地表径流面源污染问题,突破以农田为单元开展农业面源污染防治的局限,构建了小流域农业面源污染智能监测评估与综合阻控技术模式;针对北方小麦、玉米粮食主产区氮素淋溶面源污染问题,组装集成了缓控释肥、精准灌溉、专用机械配套等技术一体化配套的区域农业面源污染综合阻控技术模式;针对集约化菜地氮磷投入量偏大、土壤残留高等突出问题,研发了减源、替代、利用相结合的控源减排综合阻控技术产品与技术模式;在长江中下游、三峡库区、黄淮海平原等重点流域(区域)开展了10万hm²以上的集成示范,农田氮磷面源污染负荷削减30%以上,有效改善了区域农业面源污染状况。

3.2 创新镉砷污染耕地安全利用技术,保障农产品质量安全

专项针对水稻、小麦等粮食作物镉、砷超标问题,研发低累积作物应用技术、土壤重金属钝化与消减技术、超富集植物萃取技术和农艺调控措施等一批关键技术,筛选鉴定了适用于南方镉污染区域的“C两优7号”“株两优189”等应急性低镉累积水稻品种,以及粤港澳大湾区的玉米、蔬菜等一批低累积适用农作物品种;研制了“降镉灵”“铁基生物炭”等农田重金属钝化阻隔修复产品,以及基于磁性和凝胶材料的土壤重金属消除产品;建立了水稻降镉VIP综合模式、边修复边生产间套作模式等,在华南、华中等区域的国家土壤污染综合防治先行示范区以及长株潭重金属污染耕地综合防治区开展技术集成示范应用,示范区土壤的镉、砷有效性降低50%以上,农产品降镉率平均超过30%,推广应用面积超过4.7万hm²。

3.3 研发农业废弃物资源化利用技术装备,推动区域种养结合循环发展

专项围绕农业废弃物资源化利用的产业技术瓶颈,研发了秸秆低温快速起爆、生物转化过程污染物阻控等新技术,以及除臭固氮制剂、抗生素脱除制剂等产品,研制了连续动态槽式好氧发酵系统和干法厌氧发酵装备,建成示范工程上百项,累计处理废弃物600余万t;制定了畜禽粪污土地承载力、农业废弃物资源化利用工程项目建设规范等国家行业标准10余项;在东北粮食主产区开展技术、产品、装备的集成示范应用,示范区秸秆综合利用率达到100%;

在全国60个畜牧大县推广应用畜禽粪污无害化与资源化利用技术,当地畜禽粪污资源化利用率在80%以上,有力支撑了我国果菜茶有机肥替代化肥等行动。

3.4 建立农业产地环境污染治理新模式,培育带动农业环保新产业

专项针对农业产地环境治理实施主体多、效益分配不清晰、政策落实难等问题,推动建立了耕地重金属污染防治政府购买服务、农业废弃物资源化利用第三方处置中心等创新模式,带动了土壤调理剂、咨询服务、农田修复工程等农业环保新产业快速发展;在广东韶关等耕地建设重金属污染治理示范工程,采用政府统一招标采购等方式,带动了项目参加企业佛山铁人环保公司等一批重金属治理企业的发展;在环太湖地区开展城乡有机废弃物处理示范,项目参与单位北京顺义奥格尼克公司、江苏吴中环太湖有机废弃物处理利用示范中心等,以乡镇为单元处理废弃物,有力地带动了当地废弃物收集、有机肥加工、农化服务等企业联动发展。

4 农业面源专项服务绿色发展的经验机制

在农业面源专项组织实施过程中,专业机构结合国家重点研发计划管理制度和农业绿色发展实际需求,在全链条设计、一体化实施的总体思路下,不断创新项目管理模式,积极探索项目成果进园区、“四方对接”、协同服务等机制(图1),努力破解科技经济“两张皮”问题,提升项目成果对农业绿色发展的贡献度。

4.1 组织项目成果进园区,服务地方污染防治工作

专业机构以项目实施为牵引,积极推动项目承担

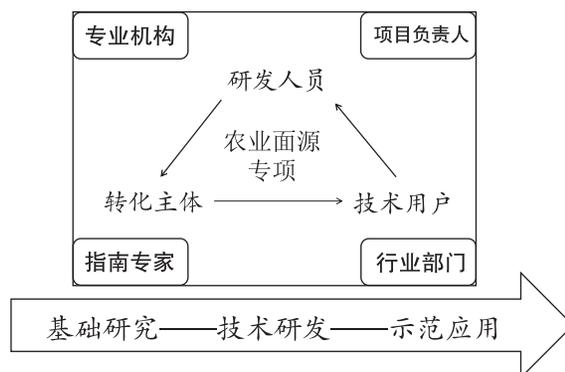


图1 农业面源专项服务绿色发展机制示意图

Figure 1 Schematic diagram of mechanism for supporting green development

单位在国家现代农业产业园、国家土壤重金属污染治理先行区等各类行业园区开展技术研发和成果展示示范。根据园区特点和当地产业需求由园区提出技术需求,专业机构组织相关项目承担单位与园区深度交流,制定进园区技术清单与试验示范内容,构建产业需求与技术供给的双向对接机制^[7],促进边研究、边转化、边应用。同时,各类园区为项目团队提供了丰富的试验场地和典型的生态区域,为长期定位试验和技术示范应用奠定了良好基础。例如,“农田重金属污染阻隔和钝化技术与材料研发”项目围绕华南地区某地的土壤重金属污染情况与技术需求,将示范基地设在当地的国家土壤重金属污染治理先行区,承接先行区建设示范项目。该项目因地制宜制定了土壤-根表-植株“三重阻控”技术路线,初步探索了一套适合本地的轻中度污染耕地安全利用技术模式和管理模式,2020年项目区水稻稻米达标率提升至94.5%。其相关技术成果进一步推广到长株潭等地区,累计工程化应用面积上百万亩(1亩=1/15 hm²),部分技术已成为我国农田重金属治理的主导技术。

4.2 建立“四方对接”模式,推动成果转化推广

为解决长期以来科研项目实施与产业脱节的问题,专项探索形成了项目实施与产业需求“四方对接”的管理模式。在项目组织实施过程中,专业机构、项目负责人、实施方案和指南编制专家、行业部门等“四方”及时会商,就年度计划、研发进展、示范应用等方面进行深入交流,积极对接农业农村、生态环境部门的产业技术需求,促进项目真正落地实施、解决产业实际问题;构建研发人员-转化主体-技术用户密切衔接的研发与推广团队,建立健全创新链上中下游关联项目的协同组织管理模式;通过组织现场交流会、技术培训等方式,加强成果展示和宣传,为相关专项之间、不同项目之间、产学研各主体之间的信息对接搭建有效平台,如在山东临沂、湖南长沙、河南鹤壁等地召开的现场交流与成果展示活动,促进了科技与产业深度结合。五年来,专项结合农业农村部、生态环境部的农业面源和重金属污染防治工作,在长江中下游平原、黄淮海平原、东北西北、华南西南、城乡一体化区五大类农业主产区集成了一批生态效应和经济效益兼顾的污染防治综合技术模式,有力促进了区域农业绿色发展。

4.3 注重系统设计规划,构建协同服务机制

专项针对雄安新区规划建设过程中的农业面源污染防治问题,组织引导项目提早入位,深入开展前

期调研规划,摸清当地农业面源污染基本情况和底数,与当地政府部门深入对接交流,确定面源污染防治重点方向和技术需求,开展系统研究与设计,为大城市规划、建设和发展中的农业面源污染防治工作提供理论依据和综合技术解决方案。近年来,专业机构组织项目承担单位构建了以示范园区为龙头、以经营主体为带动、以培训宣传为支撑的专项服务面源污染防治的“三位一体”模式。专项调动10余家项目承担单位,根据各类型、各环节污染的特点,针对性开展氮磷、重金属、抗生素等污染物源头控制-过程处理-末端消纳治理相结合的全程阻控,并对污染现状和实施效果进行监测和检测,建立了多层次、多角度的农业面源污染防治技术体系,为新型大都市农业面源污染防治技术模式提供了借鉴与参考。在“十三五”期间,相关项目初步摸清了白洋淀流域农业面源污染基本状况,形成了污染治理协同服务的模式机制,为“十四五”乃至更长时期持续服务雄安新区农业面源污染防治工作奠定了较好基础。

5 思考与展望

在“十三五”管理思路和经验做法的基础上,“十四五”农业面源专项将继续坚持产业需求和问题导向,结合《“十四五”全国农业绿色发展规划》实施以及行业部门重点工作,持续为农业面源污染防治和农业绿色发展提供强有力的技术支撑。

(1)围绕产业需求,更加突出研发重点。“十四五”农业面源专项围绕制约新时期我国农业绿色发展的技术瓶颈,在投入品创制、化肥农药减施、废弃物利用、产地污染治理等方向进行系统化部署;与“十三五”相比,更加注重源头控制,更加强调应用场景与防治体系构建,重点突破产业亟需的绿色高效功能性肥料、生物肥料、高效低毒低残留农药、可降解地膜等绿色投入品研发,整合“十三五”农业面源专项、化学肥料和农药减施增效综合技术研发专项实施成果,进一步推动投入源头、施用过程、末端处理、集成示范之间的紧密衔接。

(2)聚焦“三度”标准,优化专项绩效评价。以技术研发创新度、与产业需求关联度、对产业发展贡献度为导向,农业面源专项在项目立项、过程管理、综合绩效评价等环节大力推进科研与产业紧密结合,引导鼓励科研团队走出实验室和试验田,走向大田、走进市场,积极推动项目成果在园区开展集中示范,打造农业绿色发展技术示范样板;举办科技成果路演对接

活动,推动项目成果与产业、资本、市场等要素对接,探索农业环保产业技术转移转化新模式,促进专项成果落地转化。

(3)探索分类管理,激发科研人员活力。根据“十四五”揭榜挂帅、青年科学家、部省联动、企业联合体等不同类型项目的特点和实施进程,农业面源专项不断探索开展个性化的项目管理服务,贯彻“放管服”改革,倡导以合同任务与自由探索相结合的“N+X”模式开展研发活动,赋予科研人员更大的技术路线决定权和经费使用权,鼓励创新链上下游关联项目之间的协同攻关,将技术产品尽快在国家农业绿色发展先行区和典型生态区开展示范应用,为农业绿色发展提供综合技术解决方案。

参考文献:

- [1] 农业部. 关于打好农业面源污染防治攻坚战的实施意见[EB/OL]. (2015-04-13)[2022-09-10]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tz/201504/t20150413_4524372.htm. Ministry of Agriculture of the PRC. Implementation opinions on prevention and control of agricultural non-point source pollution[EB/OL]. (2015-04-13)[2022-09-10]. http://www.moa.gov.cn/zwlml/tzgg/tz/201504/t20150413_4524372.htm.
- [2] 刘宝存,熊炜. 我国农业农村绿色发展对策分析[M]. 天津:天津科技翻译出版有限公司,2021:2-5. LIU B C, XIONG W. Countermeasure for green development of agriculture and rural area in China[M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Translation and Publishing Co., Ltd., 2021:2-5.
- [3] 环境保护部,国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[EB/OL]. (2014-04-17)[2022-11-08]. <http://www.gov.cn/govweb/foot/site1/20140417/782bcb88840814ba158d01.pdf>. Ministry of Environmental Protection of the PRC, Ministry of Land and Resources of the PRC. National soil pollution survey bulletin[EB/OL]. (2014-04-17)[2022-11-08]. <http://www.gov.cn/govweb/foot/site1/20140417/782bcb88840814ba15-8d01.pdf>.
- [4] 农业部,国家发展改革委,科技部,等. 全国农业可持续发展规划(2015—2030年)[EB/OL]. (2015-06-28)[2022-09-10]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2015/liu/201712/t20171219_6103855.htm. Ministry of Agriculture of the PRC, National Development and Reform Commission of the PRC, Ministry of Science and Technology of the PRC, et al. National plan of sustainable development of the agricultural sector (2015—2030)[EB/OL]. (2015-06-28)[2022-09-10] http://www.moa.gov.cn/nybg/2015/liu/201712/t20171219_6103855.htm.
- [5] 徐长春,熊炜,郑戈,等. “农业面源和重金属污染农田综合防治与修复技术研发”专项组织实施进展分析[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1242-1246. XU C C, XIONG W, ZHENG G, et al. Progress of the program for research and development on comprehensive prevention and remediation techniques for agricultural non-point source and heavy metal polluted croplands[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2017, 36(7): 1242-1246.
- [6] 中共中央办公厅,国务院办公厅. 关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见[EB/OL]. (2017-09-30)[2022-09-10]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-09/30/content_5228960.htm. General Office of the Communist Party of China Central Committee, General Office of the State Council. Working guidance for mechanism innovation to promote green development of the agricultural sector[EB/OL]. (2017-09-30)[2022-09-10]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-09/30/content_5228960.htm.
- [7] 徐长春. 浅析农业试验示范类基地发展现状及建议[J]. 农业科技管理, 2018, 37(1): 45-47. XU C C. Current situation and policy suggestions on the construction of agricultural research and demonstration base[J]. *Management of Agricultural Science and Technology*, 2018, 37(1): 45-47.