

## 附件 9

# “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 2017 年度项目申报指南

近年来，农业面源和重金属污染问题已成为我国广泛关注的重大农业生态环境问题，对现代农业和社会经济的可持续发展、农业生态环境安全和农产品质量安全构成了严重威胁。十多年的科学研究和大量的实践证明，由于我国农业生态环境的特殊性，照搬国外技术与理论无法切实解决我国农业领域所面临的重大环境和科学问题，难以有效地遏制农业环境污染和日趋加剧的发展态势。围绕我国农业面源污染、农田重金属污染防治的重大战略需求，实施“农业面源污染和重金属污染农田综合防治与修复”国家重点研发计划重点专项十分必要而迫切。

为贯彻十八届五中全会绿色发展理念和《国务院关于改进加强中央财政科研项目和资金管理的若干意见》（国发[2014]11 号）文件精神，落实《全国农业可持续发展规划（2015-2030）》确定的“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”重点任务，聚焦我国农田农业面源和重金属污染问题，按照“基础研究、共性关键技术研究、技术集成创新研究与示范”全链条一体化设计，组织实施“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。

本专项以我国农业面源污染高发区和重金属污染典型区为重点，以农田面源污染物和重金属溯源、迁移和转化机制、污染负荷及其与区域环境质量及农产品质量关系等理论创新为驱动力，突破氮磷、有毒有害化学生物、重金属、农业有机废弃物等农田污染物全方位防治与修复关键技术瓶颈，提升装备和产品的标准化、产业化水平，建设技术集成示范基地。到2020年，示范区实现氮磷和农药污染负荷降低20%以上、农药残留率降低30%以上，污染农田重金属有效性降低50%以上、农产品质量符合食品安全国家标准，农业有机废弃物无害化消纳利用率达到95%。

根据专项统一部署，依据国家重大需求、问题的突出性和紧迫性、基础和技术需求的重要性和关键性、区域分布代表性和典型性的原则。在2016年度首批启动11个项目的基础上，2017年度拟启动15个研究方向（每个研究方向拟支持1-2个项目），拟安排国拨经费2.6亿元。其中基础研究3个研究方向，关键技术9个研究方向，集成示范3个研究方向。项目实施周期为2017年1月1日-2020年12月31日。

## 1. 基础研究

### 1.1 农田氮磷径流流失污染与防控机制

研究内容：以氮磷易产生地表径流区域为对象，基于施肥、灌溉制度、气候、地形等因素，研究旱作和水田种植制度氮磷累积现状、时空分布规律与流失负荷强度；研究化肥、有机肥和有机无机肥料配施情况下，氮磷养分在土壤-作物系统转化、运移规律与主控因子；研究控水、控肥、轮作制度等对氮磷流

失削减机理与防控技术，提出农田氮磷径流流失防控途径。

考核指标：**【约束性指标】**明确旱作和水田种植制度土壤-作物-地表水系统氮磷进入、积累、富集、流失之间的定量化关系理论；确定旱作和水田氮磷流失防控关键因子；提出旱作和水田种植制度氮磷流失防控技术规则 3-4 套；编制旱作和水田种植制度农田氮磷径流流失负荷削减标准草案 3 项；发表高水平论文 30 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 1.2 农业废弃物资源化利用机制

研究内容：以种植、养殖业生产过程中产生的有机废弃物为对象，研究秸秆、尾菜、畜禽粪便处理过程中碳、氮、磷、硫转化损失规律及其调控途径；研究农业废弃物生物转化、稳定化、腐殖化和发芽指数的动态变化及其生物学机制；研究不同农业废弃物处理微生物菌剂复配规律及其生物转化过程中微生物种群演替特征及其与杂草种子、病原菌、病毒等生物灭活的关系；建立农业废弃物好氧生物转化过程中有机质、温度、水分、氧气、臭气动态变化的在线监测方法和数字模拟模型；提出农业废弃物腐熟度综合评价指标，建立农业废弃物稳定化、无害化的高效调控策略和资源化利用途径。

考核指标：**【约束性指标】**揭示农业废弃物微生物转化与降解过程污染物质流失机制；建立农业废弃物好氧生物转化过程时空变化规律的数字三维模型并开发出相应的模拟软件包；提出农业废弃物快速降解和无害化的调控途径及其资源化利用

的技术策略；发表高水平论文 20 篇。【预期性指标】建立秸秆、尾菜和畜禽粪便等生物转化的在线监测和数字模拟平台，获得软件著作权 2 件；编制农业废弃物稳定、无害资源化利用面源污染防控技术标准草案 2 项。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 1.3 农田地质高背景重金属污染机理研究

研究内容：选择运积型、残坡积型、次生风化富集型等地质高背景重金属污染农田，开展富含重金属硫化物矿床、磷矿、黑色岩系、基性岩体等风化成土过程中有害重金属的地球化学迁移过程及其控制因素研究，查清重金属在母质-土壤-作物体系中迁移转化过程与表生作用机理；开展不同气候带、不同地质背景成土母质风化过程中典型重金属次生富集机理及其控制因素研究，查明不同成土阶段重金属赋存状态变化趋势及制约因子；开展典型重金属元素来源、迁移途径与循环过程输送通量估算与污染历史反演研究。

考核指标：【约束性指标】明确运积型、残坡积型、次生风化富集型等不同农田地质高背景重金属富集机理；解析重金属在母质-土壤-水体-大气-作物体系中、残坡积物-冲洪积物中负荷量化关系；明确农田地质高背景来源重金属控制综合因子；编制农田地质高背景重金属富集防控技术标准草案 3 套；发表高水平论文 20 篇。【预期性指标】提出运积型、残坡积型、次生风化富集型地质高背景土壤重金属污染识别、风险评估技术体系 1 套。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 2. 关键技术研究

### 2.1 设施农业氮磷污染负荷削减技术与产品研发

研究内容：基于作物生长特性，考虑设施农业习惯施肥种类、施肥用量、施肥方式、施肥时期及灌水量、灌水方式等因素，研发氮磷污染负荷削减物理、化学、生物和生态调控技术；研发氮磷污染负荷削减水肥优化协同调控技术和产品；研发种植制度和结构优化氮磷淋失阻控技术模式与产品。

考核指标：**【约束性指标】**研制出以菜田为主的设施农业过程定量化氮磷污染负荷削减物理、化学、生物和生态调控技术 3 项，形成技术产品 2 个；研制出氮磷污染负荷削减水肥优化协同调控技术 2 项，产品 2 个；建立设施农业氮磷污染负荷削减技术模式 2 项；获得国家发明专利 4 件，有效转化 1 件；编制设施农业氮磷负荷削减技术标准草案 3 项。技术模式在京津冀、山东、长江流域、黄土高原等主要设施农业发达区域应用，面积 2000 亩，实现氮磷污染负荷削减 20%-30%。**【预期性指标】**发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 2.2 水土流失型氮磷面源污染阻截技术与产品研发

研究内容：研发治沟造地工程地质与土壤湿陷稳定技术与标准；研发治沟造地水利设施综合配套与水、土资源高效利用技术和标准；研发新造耕地土壤氮磷增容提质改良技术与旱地

生态农业修复技术；研发高效拦截环保材料、高效吸收去除的生物质材料；构建源头削减-生物隔离-湿地消纳相结合的高效生态拦截技术系统。

考核指标：**【约束性指标】**研制出水土流失型氮磷面源污染生态控制技术 5 项，筛选研制出生态阻控与土壤改良、调控新材料 4 种；获得国家发明专利 5 件，有效转化 1 件；治沟造地小流域面源污染全过程控制与生态农业技术体系的工程应用，面积 4000 亩，氮磷流失负荷削减 20% 以上。**【预期性指标】**编制水利设施配套、水资源高效利用、新造农田湿陷控制等技术标准草案 3 项；发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 2.3 小麦玉米主产区氮磷淋失阻控技术与产品研发

研究内容：研发利用有机肥、生物质炭等提升作物氮磷吸收利用的碳氮磷协同调控技术；研发基于农田废弃物、畜禽养殖废弃物资源化综合利用的碳氮磷协同调控产品；研发新型增效复混肥料、稳定性肥料和微生物肥料等相关产品及其农艺阻控氮磷流失技术，建立有机-无机-生物—农艺协同阻控氮磷流失综合技术模式。

考核指标：**【约束性指标】**研制出小麦玉米农田提升作物氮磷吸收利用的碳氮磷协同调控技术 1 项，形成技术产品 2 个；研制出小麦玉米农田基于农业废弃物资源化利用的碳氮磷协同调控技术 1 项，形成技术产品 2 个；形成有机-无机-生物—农艺协同增效氮磷淋失阻控技术模式 2 项；获得国家发明专利

3 件，有效转化 1 件；在小麦玉米主要种植区应用，面积 3000 亩，实现氮磷淋失负荷下降 20%-30%，农田氮磷养分利用率提高 5-7 个百分点。【预期性指标】编制小麦玉米农田碳氮磷协同调控氮磷淋失阻控技术标准草案 2 项；发表 SCI 论文 9 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

#### 2.4 农田有毒有害化学/生物污染防控技术与产品研发

研究内容：研发农田有毒有害化学/生物污染源头防控技术；研发农田有毒有害化学/生物污染生物、物理、化学综合调控防治技术；研发有毒有害化学品生物降解和病原菌失活技术；研发农田生物污染绿色防控技术。

考核指标：【约束性指标】研制出生物、物理、化学综合调控防治技术 1 项；研制出有毒有害化学品生物降解技术 1 项；研制出农田生物污染绿色防控技术 2 项；形成农田有毒有害化学污染物降解技术产品 3-4 个，农田生物污染治理技术产品 2-3 个；获得相关国家发明专利 6 件，有效转化 2 件；建设农田有毒有害化学/生物污染防控技术产品生产线 1 条，生产能力 30 吨/年；技术产品应用面积 3000 亩，实现农田有毒有害化学/生物污染物残留率降低 30% 以上，生产农产品质量符合食品安全国家标准。【预期性指标】编制农田有毒有害化学/生物污染防治技术标准草案 4 项；发表 SCI 论文 10 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

#### 2.5 农业废弃物厌氧发酵及资源化成套技术与设备研发

研究内容：以推动技术的装备化、智能化和产业化为核心目标，针对畜禽粪便、秸秆、尾菜等农业废弃物，研发以厌氧发酵技术为核心的混合原料预处理技术与装备，多原料研发干法和湿法厌氧发酵技术与装备，沼气脱硫除杂技术与装备；研发沼渣制肥的一体化智能装备，智能生物除臭等污染物减排技术和装备及沼渣制肥过程中关键性指标的智能在线监测技术设备；研发沼渣沼液资源化及污染物去除关键技术和装备及高值产品；研发厌氧发酵冬季低温时正常发酵、工艺过程自动监测和智能控制、工艺设备一体化集成关键技术；建立有机废弃物厌氧消化-沼渣制肥-资源化利用的成套技术和智能装备模块化、标准化示范工程，并具备规范化、产业化制造的技术能力，实现沼液沼渣的资源化和高效循环利用。

考核指标：**【约束性指标】**研制出农业废弃物厌氧消化、智能化沼渣制肥设备，沼液处理利用设备、智能在线监测技术设备和生物除臭技术装备 5 套，筛选生物除臭菌株 5 种以上，沼渣制肥过程中挥发氨浓度降低 20% 以上；分别在南方和北方建立农业有机废弃物厌氧消化-沼渣制肥-资源化利用的成套技术和智能装备示范工程 4 个，沼液沼渣利用率达到 95% 以上，工程稳定运行 6 个月以上，并通过第三方验收；形成具备自动在线监测功能、操作简便的智能化技术装备和智能软件包等产品 6 种，通过国家相关部门认证；获得国家发明专利 8 件；建立 1 条一体化智能装备生产线，具备至少生产 20 台套/年的技术能力。**【预期性指标】**编制相关技术标准草案 2 项、设备标准 4 项、发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 2.6 低累积作物品种筛选与超富集植物间套作修复技术研发

研究内容：以镉、砷等重金属为重点，筛选适合南方和北方地区的水稻、小麦、玉米等低积累作物品种和适合于间套作的超富集植物优良生态型，研究低积累作物品种的重金属积累特性、抗病性等抗性和遗传稳定性、实用性和生态适应性；研发重金属低积累作物和钝化调控等组合技术，优化超富集植物与低积累作物品种间套作的生态适应性和光照、水分等匹配性，并建立植物间遮光、争水、争肥等生态竞争模型；研究镉、砷等重金属超富集植物化学成分的鉴定、高效分离及其增值利用技术；研究低积累作物品种与超富集植物间套作修复效率、实用性、经济性和稳定性。

考核指标：**【约束性指标】**建立重金属低积累作物品种筛选和安全性、生态适应性评比技术方法体系 1 套；筛选出南方和北方地区主要种植作物水稻、小麦、玉米等重金属低积累作物品种 12 个；建立低积累农作物与超富集植物间作的遮光、争水、争肥等生态竞争模型，形成重金属低积累水稻、小麦、玉米等作物品种与镉、砷等重金属超富集植物间套作技术模式 5 项；获得相关国家发明专利 6 件，有效转化 2 件；在南北方等典型重金属污染区开展低积累作物品种与超富集植物间套作技术模式的试验示范，面积 200 亩以上，农产品重金属含量降低 75%，农产品质量符合食品安全国家标准。**【预期性指标】**

编制重金属低累积作物品种与超富集植物间套作技术标准草案 4 项；发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 2.7 农田重金属污染地球化学工程修复技术研发

研究内容：研发基于地球化学原理，针对不同性质土壤、不同环境条件、不同污染重金属种类和不同污染程度的土壤修复材料、配方系列产品；研发土壤重金属吸附去除材料与使用技术；研发以地球化学工程技术为主体，辅以生物和农业工程技术，低成本、高效率、无二次污染的重金属控制和修复工艺；研究建立经济、实用的农田土壤重金属地球化学工程修复技术体系，在典型重金属污染区开展应用示范。

考核指标：**【约束性指标】**研制出基于地球化学原理的农田重金属污染土壤修复材料 10 种，研制出有效配方产品 5 项；开发出以地球化学工程技术为主体的农田土壤重金属修复技术工艺 3 项；获得相关国家发明专利 10 件，有效转化 2 件；重金属污染农田的地球化学工程控制和修复技术在中南、长三角、珠三角、西南等典型重金属污染区域应用，试验区面积不低于 1000 亩。实现重金属活性降低 50% 以上，农产品质量符合食品安全国家标准。**【预期性指标】**编制典型重金属污染农田地球化学工程修复技术标准草案 3 项；发表 SCI 论文 15 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 2.8 重金属污染耕地安全利用技术与产品研发

研究内容：从保障农产品质量安全和土地安全利用的角度，针对不同污染程度的耕地，研究划定重金属污染区域农产品禁产、限产、宜产的技术标准和方案；以水稻、小麦、玉米、蔬菜等作物为对象，以保障农产品质量安全为目标，研发重金属中轻度污染的栽培措施、水肥调控、活性钝化等农艺综合调控技术体系与产品；研发适于重金属重度污染土壤生长的纤维类、生物能源类等植物的筛选及其适应性和规模化替代种植技术；研发替代种植农作物的精深加工、资源化利用技术和工艺装备，秸秆等残余副产品的无害化处理、高效转化的技术和工艺装备；研究活性钝化、替代种植等污染耕地安全利用的环境风险评价与二次环境污染控制。

考核指标：**【约束性指标】**提出我国典型重金属污染农田安全利用技术方案 1 套；开发出南北方镉、砷、铅等典型重金属中轻度污染农田水稻、小麦、玉米、蔬菜等安全生产综合调控技术 2 项，形成技术产品 2 个；筛选出纤维类、生物能源类等替代植物品种 12 个；获得国家发明专利 10-20 件，有效转化 3 件；在镉、砷、铅等典型重金属不同污染程度区域开展安全利用技术和产品的示范应用，面积 1000 亩，使重金属污染耕地生产农产品质量达到食品安全国家标准要求并通过第三方检测监理；建设具有产业化示范意义的替代植物(如纤维作物等)加工生产线 1-2 条。**【预期性指标】**编制镉、砷、铅等重金属污染耕地安全利用技术标准草案 6-10 项，发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 2.9 农业面源和重金属污染检测技术研发及标准研制

研究内容：研制 X 射线荧光、激光诱导、等离子体等重金属快速检测技术与污染筛查设备，开发适用于农田土壤砷、镉、铅等重金属的现场原位检测、且具有自动校正和空间定位功能的智能式便携土壤重金属探测仪；开发土壤重金属污染物的激光诱导击穿光谱特征分析软件，建立土壤重金属元素标准谱线库；研发土壤重金属镉、铅、砷、汞非消解检测仪器及样品前处理技术；研发氮、磷生物有效态原位提取及检测设备；研发土壤面源污染和土壤重金属长期定位监测布点方案、技术和设备，将实时污染监测技术及配套设备与智能化数据分析系统相关联，开发自动校准模块、重金属污染评价模块和净化预测模块，开发土壤面源污染和土壤重金属监测地理信息系统。

考核指标：**【约束性指标】**研制出重金属快速检测技术与污染筛查和重金属检测装备 2 套；研制出基于光学传感的土壤盐分和重金属监测技术装备 1 套；开发氮、磷生物有效态原位提取及检测设备 1 套；开发土壤重金属镉、铅、砷、汞非消解总量快速检测仪器及样品前处理设备 1 套；开发便携式土壤面源污染物动态长期定点调查仪及辅助信息系统 1 套；制定面源和重金属污染物检测、监测、提取等仪器设备使用技术标准规范 6 项；获得相关国家发明专利 8 件，至少有 2 套设备在相关企业进行有效转化。**【预期性指标】**形成农田氮、磷及重金属污染在线监测技术标准草案 1 项；发表 SCI 论文 8 篇。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 3. 集成示范应用

(研究方向 3.1-3.3 应有企业参加, 且企业须提供配套资金。)

#### 3.1 珠三角镉砷和面源污染农田综合防治与修复技术示范

研究内容: 以存在镉、砷等重金属和面源污染的城乡一体集约化菜田和粮田为对象, 以农田氮磷径流流失污染与防控机制、农田系统重金属迁移转化和安全阈值研究为基础, 集成密闭式农业废弃物智能好氧发酵技术与装备, 水肥协同氮磷流失阻控技术, 重金属污染农田的植物萃取技术、活化淋洗-植物萃取组合技术、植物萃取重金属后的高效能源化利用与重金属分离回收、重金属阻隔技术、钝化技术和产品、低累积作物品种与超富集植物间套作技术、污染农田安全利用技术, 构建珠三角重金属污染农田和农业面源污染综合防治与修复技术模式, 形成技术规范, 并开展工程示范。

考核指标: **【约束性指标】** 形成珠三角城乡一体集约化农区典型重金属和面源污染类型综合防治与修复技术模式 3 套, 编制技术规范 3 项; 建立 1 条年生产能力达 5000 吨的重金属钝化剂生产线; 建立镉砷污染农田综合防治与修复技术集成示范区, 面积 1000 亩, 实现土壤镉、砷等重金属含量去除率达 20% 以上或活性降低 60% 以上, 农产品质量符合食品安全国家标准, 示范效果需通过第三方检测监理。**【预期性指标】** 技术辐射推广 1 万亩, 实现污染负荷削减目标; 培训技术人员 3000 人次。

支持年限: 2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 3.2 黄淮海集约化养殖面源和重金属污染防治技术示范

研究内容：以农业废弃物资源化利用机制、农田和农产品重金属源解析与污染特征、农田系统重金属迁移转化和安全阈值研究为基础，集成集约化养殖粪污污染综合防治技术与装备、农业废弃物好氧发酵和厌氧消化污染控制技术与设备、密闭式农业废弃物智能好氧发酵技术与智能化全自动装备、农田有毒有害化学/生物污染防控技术与产品、农业面源和重金属污染检测和监测技术设备，制定基于土壤和水体氮、磷面源和重金属污染物控制限量标准，构建黄淮海主要类型集约化养殖面源和重金属污染综合防治技术模式，编制技术规范，在黄淮海集约化养殖区开展工程化应用。

考核指标：**【约束性指标】**形成适于黄淮海地区集约化养殖的面源和重金属污染综合防治技术模式 3 套，编制技术规范 3 项，建设、改造集约化养殖粪污处理 1 条（年产 10000 吨有机肥）生产线和农业废弃物好氧发酵/厌氧消化控制 1 条（年产 5000 吨生物有机肥）生产设备。技术应用的集约化养殖场和农业废弃物产生区污染物总量削减 80% 以上，农业废弃物利用率提高到 95%，重金属排放量削减 25%。**【预期性指标】**技术辐射推广应用于 100 个集约化养殖场，实现污染负荷削减目标；培训技术人员 3000 人次。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

### 3.3 中南镉砷污染农田综合防治与修复技术示范

研究内容：以农田系统重金属迁移转化和修复机理等为基础，研究和优化污染农田镉砷植物萃取技术、植物阻隔技术、镉砷协同钝化技术、污染耕地安全利用技术等；攻克超富集植物大规模快速育苗技术，研发建立相应的智能化育苗生产线；研究解决工程中二次污染防治的相关技术，收获物和秸秆等废物的资源化利用及重金属有效利用技术；集成农田镉砷污染防治和修复相关技术、产品和装备，研究工程设计、工程建设、运营管理及其效益评价等技术和规范，形成具有推广价值的成套技术体系；构建中南镉砷污染农田综合防治与修复技术模式，在国务院《土壤污染防治行动计划》划定的土壤污染综合防治先行区开展工程示范。

考核指标：**【约束性指标】**形成适合中南地区的镉砷污染农田综合防治与修复技术(植物萃取、间作修复、耕地安全利用、重金属协同钝化)模式 4 套，研制出农田土壤修复收获物和秸秆等废物的资源化利用技术 1 套以上，2 项达到国际先进或领先水平，编制技术规范 3 项；建立 1 条年产 20 万株以上的镉砷超富集植物育苗生产线；建立中南镉砷等重金属污染农田综合防治与修复技术集成示范区，面积 1000 亩，土壤镉砷去除率达到每年 12%或镉砷活性降低 60%以上，农产品质量达到食品安全国家标准，示范效果需通过第三方检测监理。**【预期性指标】**技术辐射推广 1 万亩，实现重金属污染修复目标；培训技术人员 3000 人次。

支持年限：2017-2020

拟支持项目数：1-2 项

## 申报要求

1. 项目下设课题数不超过 5 个，每个课题参加单位不超过 5 家（含承担单位）。
2. 对于由企业牵头申报的项目，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 1:1，并须出具有效的经费来源证明。
3. 项目所有参加单位需提供盖章的承诺函，以此作为申报书的附件。