

2016 年度广东省科学技术奖项目公示

项目名称	红壤区农田镉砷污染阻控关键技术
主要完成单位	广东省生态环境与土壤研究所；中国科学院亚热带农业生态研究所；中国农业科学院农业资源与农业区划研究所；华南农业大学；佛山市铁人环保科技有限公司；湖南隆平高科耕地修复技术有限公司
主要完成人员	李芳柏、黄道友、马义兵、李永涛、刘传平、刘承帅、朱捍华、易继财、陈世宝、刘同旭、于焕云、朱奇宏、陶 亮、王向琴、崔江虎、周顺桂、丁效东、胡 敏、王 琦、陈俊坚、张会化、陈曼佳、童 辉、祝贞科、武春媛
项目简介	<p>本项目属于环境科学技术领域，即农田重金属污染控制与安全生产技术。</p> <p>我国耕地土壤重金属点位超标率 19.4%，中轻度占其中的 94.3%；主要为镉、砷。与温带相比，亚热带更加严重。例如，珠三角叶菜镉超标率高达 30%；湖南稻米镉超标率高达 30%。农田重金属污染治理的技术难度大：降低土壤重金属含量至达标并不能保障农产品安全、国内外均缺乏成熟的可大规模应用的技术与产品。农田重金属污染必须因地制宜，亟待研发兼顾作物与土壤重金属治理，可克服上述难点的新技术。</p> <p>针对上述难点，基于重(类)金属循环的生物地球化学理论，以镉/砷从土壤矿物至植物根表的迁移机制以及从根至籽粒的转运机制为关键科学问题；研发降低重金属有效性的钝化技术与钝化剂、阻控农作物积累重金属的生理阻隔技术与阻隔剂。</p> <p>主要发现、发明及创新点包括：</p> <p>(1)发明了农作物可食部位积累镉砷的精准生理阻隔技术。以农产品安全为核心，发现硅硒营养调控可抑制镉砷从水稻茎叶向籽粒转运，不动土，与农业生产便捷结合，直接高效降低农产品重金属含量。突破了重金属移除技术高成本、难大面积应用的技术瓶颈。</p> <p>(2)发明了生理阻隔剂硅溶胶、稀土复合硅溶胶与硒复合硅溶胶的生产工艺。依据农作物生理特点，发明了水稻型硒复合、蔬菜型稀土复合二氧化硅溶胶生产工艺，产品获农业部登记证，实现了产业化。大规模应用可降低稻米镉 30%—70%，降低砷 20%—50%；效果为传统方法的 3-5 倍，成本仅 15%。大面积实现轻度污染农田的达标生产。</p> <p>(3)发明了稻田土壤镉砷同步钝化技术。针对稻田镉与砷难以同时钝化的难题，发现铁循环调控可激活镉/砷固定功能微生物，大幅度降低土壤中镉砷向根系的迁移。突破了基于吸附固定与酸碱中和钝化技术的技术瓶颈。</p> <p>(4)发明了具有镉砷同步钝化功能的铁基生物炭、铁基腐殖质、微生物铁剂、多功能重金属钝化剂等新产品，获农业部登记，实现了产业化；与叶面阻隔技术组合，超标稻田的稻米达标率不低于 75%；大面积实现了中度污染农田的达标生产。</p> <p>核心技术与产品已成为我国同行业中应用面积最大的，叶面阻隔技术属于开创性，显著推动了相关产业发展。授权 23 件(美国、日本各 1 件)，公开发明专利 10 件(美国、日本各 1 件)；共发表相关论文 127 篇，SCI 82 篇。国家支撑首席、国家杰青、国家优青各 1 人。整体达国际先进、部分居国际领先水平。项目技术与产品推广应用超过 100 万亩；产值超过 5000 万元，新增利税 992.9 万元；间接效益 1.1 亿元。</p>

10 篇代 表性论文 专著目录	论文 1: Liu C.P.; Luo C.L.; Gao Y.; Li F.B.*; Lin L.W.; Wu C.A.; Li X.D. (2010) Arsenic contamination and potential health risk implications at an abandoned Tungsten mine, southern China. <i>Environmental Pollution</i> . 158 , 820–826.
	论文 2: Liu C.P.; Li F.B.*; Luo C.L.; Liu X.M.; Wang X.H.; Li X.D. (2009) Foliar application of two silica sols reduced cadmium accumulation in rice grains. <i>Journal of Hazardous Materials</i> , 161(2-3), 1466-1472.
	论文 3: Liu, C.P.; Wei L.; Zhang S.R. (2014) Effects of nanoscale silica sol foliar application on arsenic uptake, distribution and oxidative damage defense in rice (<i>Oryza sativa L.</i>) under arsenic stress. <i>RSC ADVANCES</i> , 4(100): 57227-57234.
	论文 4: Liu C.P.; Yu H.Y.; Liu C.S.; Li F.B.; Xu X.H.; Wang Q. (2015) Arsenic availability in rice from a mining area: Is amorphous iron oxide-bound arsenic a source or sink? <i>Environmental Pollution</i> , 199, 95-101.
	论文 5: Yu H.Y.; Liu C.P.; Zhu J.S.; Li F.B.; Deng D.M.; Wang Q.; Liu C.S. (2016) Cadmium availability in rice paddy fields from a mining area: The effects of soil properties highlighting iron fractions and pH value. <i>Environmental Pollution</i> , 209, 38-45.
	论文 6: Yu H.Y.; Li F.B.; Liu C.S.; Huang W.; Liu T.X.; Yu W.M. (2016) Iron Redox Cycling Coupled to Transformation and Immobilization of Heavy Metals: Implications for Paddy Rice Safety in the Red Soil of South China. <i>Advances in Agronomy</i> , 137, 279-317.
	论文 7: Wang M.; Chen L.; Chen S.B.; Ma Y.B. (2011) Alleviation of cadmium-induced root growth inhibition in crop seedlings by nanoparticles. <i>Ecotoxicology and Environmental Safety</i> , 79, 48-54.
	论文 8: Li X.M.; Liu L.; Liu T.X.*; Yuan T.; Zhang W.; Li F.B.*; Zhou S.G.; Li Y.T. (2013) Electron transfer capacity dependence of quinone-mediated Fe(III) reduction and current generation by <i>Klebsiella pneumoniae</i> L17, <i>Chemosphere</i> 92, 218-224.
	论文 9: Li Y.T.; Rouland C.; Benedetti M.; Li F.B.; Pando A.; Lavelle P.; Dai J. (2009) Microbial biomass, enzyme activity and mineralization in relation to soil C, N and P turnover influenced by acid metal stress. <i>Soil Biology and Biochemistry</i> , 2009, 41: 969-977
	论文 10: Zhu Q.H.; Huang D.Y.; Liu S.L.; Zhou B. (2012) Flooding-enhanced immobilization effect of sepiolite on cadmium in paddy soil. <i>Journal of Soils and Sediments</i> 12:169–177.
知识产权 名称	专利 1: Composite foliage Si fertilizer for lowering contents of heavy metals and nitrate in vegetable and preparation method thereof. US 9 017 444 B2.
	专利 2: 野菜における重金属および硝酸塩の含有量を低減することに用いられる葉面ケイ素肥料とその調製方法. 特許第 5374647 号.
	专利 3: 一种可抑制水稻吸收重金属的稀土复合硅溶胶, ZL200610036994.8
	专利 4: 一种用于降低蔬菜重金属和硝酸盐含量的复合叶面硅肥及其制备方法, ZL201010156359.X
	专利 5: 一种叶面硅肥的制备方法及其使用方法, ZL201010156358.5
	专利 6: 一种可以抑制水稻重金属吸收积累生产富硒稻米的硒掺杂纳米硅溶胶的制备方法, ZL 201310737996.X
	专利 7: 一种巯基-铁基复合改性粘土及其制备方法, ZL201310135109.1
	专利 8: 一类促进土壤种多卤代有机物脱卤解毒的铁锰配合物, ZL200710028313.8
	专利 9: 一种加速土壤中有机污染物还原降解转化的方法, 专利号: ZL200710026561.9

	专利 10: 燃煤烟气脱硫固体废弃物及其施用方法和在降低农作物重金属吸收中的应用. ZL201210384761.2
	专利 11: 腐殖质还原棒杆菌及其应用. ZL201010169214.3
	专利 12: 铁氧化物与腐殖质及其还原菌三元复合有机污染修复剂及制备方法. ZL 2011110323204.5
	专利 13: 一种降低镉超标稻田米镉含量的复混肥及制备方法, ZL201110051612.X
	专利 14: 一种降低轻度污染菜地蔬菜镉铅含量的复混肥及制备方法, ZL 201110051598.3
	专利 15: 一种降低轻度污染农田玉米镉铅含量的复混肥及制备方法, ZL 201110051614.9
	专利 16: 一种用于稻田土壤的重金属复合钝化剂及制备方法, ZL 201110059264.0
	专利 17: 一种污染土壤重金属的复合钝化剂及制备方法, ZL 201110059232.0
	专利 18: 一种含腐植酸矿物的土壤重金属复合钝化剂及制备方法, ZL 201110078053.1
	专利 19: 一种钝化土壤重金属的铁锰氧化物及制备方法, ZL 201110059258.5
	专利 20: 枯草芽孢杆菌 HL-1 及其在土壤解磷方面的应用. ZL 201110282657.8
	专利 21: 苏云金芽孢杆菌 GL-1 及在土壤解磷防病方面的应用. ZL 201110224021.8
	专利 22: 一种钝化修复土壤镉污染的方法. ZL 200810239918.6
	专利 23: 降低烟草对土壤中镉吸收的喷施剂及其制备和使用方法, ZL 201310273627.X
	专利 24: 水稻重金属の吸収と蓄積を抑制でき、且つ高セレン含有米を生産できるセレンドープナノシリカゾル、およびその調製方法。PCT/CN2014/088288
	专利 25: Selenium-doped Nano Silica Sol Used for Producing Selenium-Enriched Rice And Capable of Suppressing Absorption And Accumulation of Heavy Metals in Paddy Rice And Preparation Method Therefor. PCT/CN2014/088288
	专利 26: 一种铁基生物炭材料、其制备工艺以及其在土壤污染治理中的应用. PCT/CN2014/090307
	专利 27: 一种精准调控水稻镉吸收转运相关基因表达的叶面阻隔剂与应用。201610119054.9
	专利 28: 一种铁基-腐殖质复合材料及其在土壤重金属污染治理中的应用。201510390750.9
	专利 29: 一株能转化重金属的贪铜菌属菌株及其应用。201510885689.5
	专利 30: 一株硝酸盐依赖亚铁氧化菌株及其应用。201510885137.4
	专利 31: 一种缓释型铁基生物炭土壤重金属钝化剂的制备及使用方法。201610071104.0
	专利 32: 一种铁硅硫多元素复合生物炭土壤重金属调理剂的制备方法. 201610115576.1
	专利 33: 一种激活稻田土壤硫还原菌活性的重金属镉钝化剂与应用 201610119079.9
推广应用情况	<p>经广东、广西、湖南等省区近十年的田间试验验证，大面积采用单独的土壤重金属钝化剂、叶面重金属阻隔剂、以及钝化剂+阻隔剂的组合，可降低稻米镉积累 30%—70%，降低砷积累 20%—50%，可降低叶菜镉积累 30%—50%；提高水稻与蔬菜抗逆性、增产，一般增加水稻产量 5%—20%；增加蔬菜产量 10%—30%。实现大面积农田的污染治理，农产品由原来的污染水平达到安全水平；显著降低农产品的健康风险，环境效益巨大。这些是我国目前农田重金属污染治理应用面积最大的技术与产品。通过本成果的实施，育成专业从事农田重金属污染治理企业三家。项目技术与产品推广应用超过 100 万亩；产值超过 5000 万元，新增利税 992.9 万元；间接效益 1.1 亿元。</p>

主要完成人及其贡献

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	主要贡献
1	李芳柏	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：项目总负责，创新点1-4；发明专利1-9, 11-12, 24-33, 代表性论文1-2, 4-6, 8-9.
2	黄道友	研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	主要贡献：创新点4；发明专利13-19. 代表性论文10.
3	马义兵	研究员	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	主要贡献：创新点4；发明专利22-23；代表性论文7.
4	李永涛	教授	华南农业大学	华南农业大学	主要贡献：创新点4；发明专利20,21；代表性论文8,9.
5	刘传平	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点1-4；发明专利1-6, 9,24-28,31-33；代表性论文1-5.
6	刘承帅	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点3-4；发明专利7-8,26,28-30；代表性论文4-6, 12.
7	朱捍华	助理研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	主要贡献：创新点4；论文55,56.
8	易继财	副教授	华南农业大学	华南农业大学	主要贡献：创新点1；论文59-61.
9	陈世宝	研究员	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	主要贡献：创新点4；发明专利23，代表性论文7.
10	刘同旭	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点2；发明专利3-5,代表性论文6,8.
11	于焕云	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点3；发明专利28,代表性论文4-6.
12	朱奇宏	副研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	主要贡献：创新点4；发明专利13-19,代表性论文10.
13	陶亮	副研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点3；发明专利8.
14	王向琴	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点1-2；发明专利33.
15	崔江虎	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点1-3；发明专利6, 24-27.

16	周顺桂	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 4；发明专利 11,12，代表性论文 8.
17	丁效东	副教授	青岛农业大学	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 4；发明专利 10.
18	胡敏	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；论文 10,12,36,38.
19	王琦	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；代表性论文 4,5.
20	陈俊坚	研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；论文 21,28,31.
21	张会化	副研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；论文 21,28,31.
22	陈曼佳	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；发明专利 28-30；论文 21,28,31. 代表性论文 11,12
23	童辉	助理研究员	广东省生态环境与土壤研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 3；发明专利 28-30；论文 21,28,31. 代表性论文 12
24	祝贞科	助理研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 4；论文 40,41.
25	武春媛	副研究员	中国热带农业科学院环境与植物保护研究所	广东省生态环境与土壤研究所	主要贡献：创新点 4；发明专利 11.