

# 提名 2026 年度云南省科学技术奖项目公示

**一、项目名称：**高富集植物响应镉的生理、根际微生态驱动及外源调控机制

## 二、提名者及提名等级

**提名者：**中国科学院昆明分院

**提名等级：**云南省自然科学奖三等奖

## 三、项目简介

重金属镉（Cd）毒性强、污染范围广、易被作物吸收，是我国耕地最突出的重金属污染物。云南省有色金属资源丰富，区域土壤重金属本底值高，加之酸性土壤广泛分布，Cd 的生物有效性较高，耕地 Cd 污染防治已成为我省农业绿色发展的迫切任务。农业生产中，可通过农艺措施、育种工程减少作物 Cd 吸收，也可利用 Cd 高富集植物修复污染土壤，而这些措施的有效实施，离不开对植物吸收、转运及耐受 Cd 机制的深入研究。

在国家自然科学基金、云南省基础研究计划、中国科学院青年创新促进会计划等资助下，本项目围绕植物富集和耐受 Cd 的机制这一核心问题，运用植物生理学、多组学、土壤生态学等多学科交叉技术，开展长达 9 年的系统研究，取得以下主要创新性成果：

(1) 基于 Cd 污染区植物资源分布及已报道 Cd 超富集植物类群系统发育关系, 结合中国西南野生生物种质资源库收集的大量种质资源, 通过系统的 Cd 耐受和富集特性分析, 筛选鉴定出二十蕊商陆、大花金鸡菊、掌叶大黄、大丽花、蔓菁等一批新的 Cd 高富集植物资源, 为 Cd 污染土壤修复提供了新的植物资源。

(2) 以蔓菁为材料, 揭示了参与 Cd 区隔化、螯合作用、抗氧化防御等解毒过程的关键基因; 从全基因组水平解析了蔓菁 MTP 和 HMA 转运蛋白家族在 Cd 转运中的功能特征; 发现了蛋白质琥珀酰化修饰可通过调控 GSH 和  $H_2O_2$  代谢关键酶活性来增强蔓菁的 Cd 耐受性。这些发现深化了对植物 Cd 转运和耐受机制的认知, 为蔓菁和其他十字花科芸薹属作物分子育种提供了重要指导。

(3) 以大花金鸡菊、大丽花、大黄属、商陆属等植物为材料, 系统分析了土壤 Cd 胁迫下根际微生态过程, 揭示了多种植物根际均能显著富集耐 Cd 促生菌的共性现象, 且同属植物根际富集的促生菌类群相似。一些核心促生菌可通过调节土壤 pH、矿质营养和 Cd 有效性, 双向调控植物生长与 Cd 富集。这些发现深化了植物-根际微生物-Cd 互作机制的理解, 为利用根际微生物辅助修复 Cd 污染土壤提供了理论依据和实践路径。

(4) 基于前面发现的植物 Cd 响应的生理和根际微生态过程, 深入解析了外源物质调控植物 Cd 耐受或富集的新机制: 烟酰胺可促进 Cd 从大藻根部向叶片转移, 诱导木质素合成以增强 Cd 在叶片细

胞壁的区域化，同时通过诱导关键基因表达修复 Cd 胁迫下叶片的光系统 II； $\gamma$ -氨基丁酸可重塑根际环境，尤其是促进 *Pseudomonas*、*Sphingomonas* 等促生菌的富集，从而提高土壤 Cd 植物提取效率；聚天冬氨酸能螯合活化土壤 Cd 及矿质元素，并富集 *Sphingopyxis*、*Sphingomonas* 等根际促生菌，间接调控植物生长与 Cd 富集。这些发现为农业上应对土壤 Cd 污染提供了理论和技术指导。

项目 20 篇核心论文发表在 *Journal of Hazardous Materials*、*Plant and Soil*、*Plant Diversity* 等国内外主流期刊，累计影响因子 117.5，他引 356 次。项目实施期间，项目完成人中 1 人入选“云岭学者”，1 人入选“兴滇英才支持计划”青年人才、中国科学院青年创新促进会等多项人才计划，1 人多次入选科睿唯安“全球高被引学者”和爱思唯尔“中国高被引学者”。项目培养博士研究生 2 名、硕士研究生 3 名。项目成果为云南省耕地 Cd 污染防治及农业绿色发展提供了重要理论依据、技术支撑和人才储备。

四、代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称/刊名 /作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月 日)	通讯作 者(含共 同)	第一作者 (含共 同)
1	Integrated ultrastructural, physiological, transcriptomic, and metabolomic analysis uncovers the mechanisms by which nicotinamide alleviates cadmium toxicity in <i>Pistia stratiotes</i> L./ <i>Journal of Hazardous Materials</i> / 1. Xiong	2024, 467: 133702	2024 年 2 月 2 日	Jianchu Xu	Xiong Li

	Li, Na Hu, Yanshuang Li, Haisheng Tang, Xumei Huang, Ting Yang, Jianchu Xu				
2	Rhizospheric <i>Lactobacillus</i> spp. contribute to the high Cd-accumulating characteristics of <i>Phytolacca</i> spp. in acidic Cd-contaminated soil/Environmental Research/Xiong Li, Boqun Li, Yuanyuan Liu, Jianchu Xu	2023, 238: 117270	2023 年 9 月 29 日	Xiong Li	Xiong Li
3	Physiological and rhizospheric response characteristics to cadmium of a newly identified cadmium accumulator <i>Coreopsis grandiflora</i> Hogg. (Asteraceae)/Ecotoxicology and Environmental Safety/Xiong Li, Boqun Li, Yan Zheng, Landi Luo, Xiangshi Qin, Yongping Yang, Jianchu Xu	2022, 241: 113739	2022 年 6 月 14 日	Xiong Li	Xiong Li
4	Comparative transcriptomics analysis reveals differential Cd response processes in roots of two turnip landraces with different Cd accumulation capacities/Ecotoxicology and Environmental Safety/Xiong Li, Di Chen, Ya Yang, Yuanyuan Liu, Landi Luo, Qian Chen, Yongping Yang	2021, 220: 112392	2021 年 6 月 5 日	Xiong Li, Yongping Yang	Xiong Li, Di Chen, Ya Yang
5	Cd accumulation characteristics of <i>Salvia tiliifolia</i> and changes of rhizospheric soil enzyme activities and bacterial communities under a Cd concentration gradient/Plant and Soil/Xiong Li, Di Chen, Boqun Li, Yongping Yang	2021, 463: 225–247	2021 年 3 月 17 日	Yongping Yang	Xiong Li, Di Chen
6	Phytoremediation potential evaluation of three rhubarb species and comparative	2022, 296: 134045	2022 年 2 月 17 日	Jianchu Xu, Xiong Li	Jingya Yang, Yingqi

	analysis of their rhizosphere characteristics in a Cd- and Pb-contaminated soil/Chemosphere/Jingya Yang, Yingqi Huang, Gaojuan Zhao, Boqun Li, Xiangshi Qin, Jianchu Xu, Xiong Li				Huang
7	Quantitative succinyl-proteome profiling of turnip ( <i>Brassica rapa</i> var. <i>rapa</i> ) in response to cadmium stress/Cells/Xiong Li, Danni Yang, Yunqiang Yang, Guihua Jin, Xin Yin, Yan Zheng, Jianchu Xu, Yongping Yang	2022, 11: 1947	2022 年 6 月 17 日	Jianchu Xu, Yongping Yang	Xiong Li
8	Gamma-aminobutyric acid enhances cadmium phytoextraction by <i>Coreopsis grandiflora</i> by remodeling the rhizospheric environment/Plants/Yingqi Huang, Boqun Li, Huafang Chen, Jingxian Li, Jianchu Xu, Xiong Li	2023, 12: 1484	2023 年 3 月 28 日	Jianchu Xu, Xiong Li	Yingqi Huang

## 五、主要完成人基本情况

序号	姓名	工作单位	完成单位	职称	职务
1	李雄	中国科学院昆明植物研究所	中国科学院昆明植物研究所	副研究员	无
2	许建初	中国科学院昆明植物研究所	中国科学院昆明植物研究所	研究员	无
3	杨永平	中国科学院西双版纳热带植	中国科学院昆	研究员	无

		物园	明植物研究所		
4	杨景雅	玉溪师范学院	中国科学院昆明植物研究所	讲师	无
5	杨雅	中国科学院昆明植物研究所	中国科学院昆明植物研究所	工程师	无
6	李伯群	中国科学院昆明植物研究所	中国科学院昆明植物研究所	无	无
7	胡娜	中国科学院昆明植物研究所	中国科学院昆明植物研究所	无	无