

产铁载体耐镉内生菌筛选及与湿地松联合修复镉污染土壤的研究

李仰龙 陈详腾 魏书蒙 董玉红 厚凌宇 焦如珍*

(中国林业科学研究院林业研究所 国家林业和草原局森林培育重点实验室 林木遗传育种国家重点实验室 北京 100091)

摘 要:【目的】从矿区优势木本植物中分离、筛选出兼具产铁载体与耐镉(Cd)能力的多功能内生菌,探讨其植物促生特性以及与湿地松联合修复 Cd 污染土壤的潜力,以为多功能内生菌在植物修复中的应用提供可靠的数据支撑与理论依据。【方法】利用选择性培养基分离、筛选出产铁载体的多功能 Cd²⁺耐受内生菌,通过 Cd²⁺最低抑菌浓度、Cd²⁺去除率与土壤 Cd 赋存形态等指标评估菌株对 Cd 污染土壤的修复潜力,采用盆栽试验优选验证内生菌—湿地松联合修复 Cd 污染土壤的可行性。【结果】1)从矿区优势木本植物根中分离获得 7 株兼具产铁载体(32.40%—91.49%)与 Cd²⁺耐受能力(>30 mg/L)内生菌,16S rRNA 序列分析结果表明 7 株内生菌分属于伯克霍尔德菌属(*Burkholderia*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、泛菌属(*Pantoea*)和草螺菌属(*Herbaspirillum*),这些菌株均具有溶磷、固氮、产 IAA、产 ACC 脱氨酶和产脲酶能力中的多项特性。2)所有菌株的 Cd²⁺最低抑菌浓度在 1.5 mM 到 9.0 mM 之间,多数菌株对 Cd²⁺的去除率随着 Cd²⁺浓度的提高而下降。对 Cd 污染土壤接种 JLS17、JLS32 和 JLS50 可显著增加($p<0.05$)土壤弱酸可提取态 Cd 含量,并降低可还原态、可氧化态及残渣态 Cd 含量。3)低 Cd 胁迫(3.673 mg/kg)能显著促进($p<0.05$)湿地松幼苗株高增长量、地径增长量、根表面积、根体积、根长的提高,并促进湿地松对 P、K、Ca、Mg 的吸收,高 Cd 胁迫(9.511 mg/kg)则显著抑制($p<0.05$)湿地松各项生长指标的增长及养分的吸收。JLS17 和 YTG72 接种处理可有效缓解 Cd 对湿地松的毒害效应,显著促进($p<0.05$)湿地松各项生长指标的提高与营养元素的吸收,并提高了根系对 Cd 的吸收效率,使根中总 Cd 含量分别提高 10.9%—51.5%与 21.3%—55.6%。【结论】1)所筛选产铁载体耐 Cd 内生菌具有多项植物促生特性,其中菌株 JLS17、JLS32 和 JLS50 具有活化土壤 Cd 的能力。2)对湿地松接种 JLS17 和 YTG72 能显著促进湿地松的生长,缓解 Cd 对湿地松的毒害效应,并提高根系对 Cd 的吸收效率。本研究首次证明了内生菌—湿地松联合修复体系在修复 Cd 污染土壤的可行性,这在未来的尾矿土壤重金属修复中具有较大的应用潜力。

关键词: 镉污染; 植物促生菌; 内生菌—植物联合修复; 重金属