

基于根际代谢组学揭示酸雨对镉污染下北京杨幼苗根系特性的塑造机制

吴思颖 陈刚

(四川农业大学林学院 成都 611130)

摘要:【目的】随着现代社会的飞速发展,工业活动愈加频繁,环境污染问题逐渐加重,土壤环境重金属污染与酸雨污染也日益凸显。在自然界中,镉(Cd)是生物生长的非必需元素,会对生态环境造成严重的污染,是危害性最强的重金属元素之一。而酸雨在镉污染地区的沉积会加剧对当地生态环境的破坏,并为生态修复工作带来严峻挑战。北京杨抗逆性强、生长速度快,是公路绿化和速生丰产林中常用的落叶乔木。其在重金属污染土壤的修复工作中具有十分广阔的应用前景。【方法】以北京杨幼苗盆栽作为试验材料。采用模拟轻度酸雨($\text{pH} = 4.5$, MA)、强酸雨($\text{pH} = 3.0$, HA)和土壤Cd污染($\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O} = 60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)对北京杨盆栽进行处理,观察镉和酸雨的复合污染对北京杨根系形态和结构的影响,测试其对重金属的抗性和生态修复潜力。【结果】模拟酸雨(SAR)显著增强了Cd处理下的北京杨根系对土壤Cd的吸收,酸雨pH值与Cd吸收呈负相关,但不影响Cd从根系向地上部分的输送。Cd处理下,SAR对北京杨的根系伸长和根系发育具有显著的抑制作用,促进了平均根径的生长,这与Cd处理下北京杨根系N、Ca含量密切相关。此外,Cd显著抑制了根系中全磷和全钾的含量,这与SAR显著相关。与此同时,在Cd处理下,SAR改变了根际土壤的代谢特征,导致包括有机酸代谢和信号转导等在内的代谢途径遭到破坏。值得注意的是,一些代谢产物,如瓜氨酸、墨蝶呤、二氢乳清酸和腺苷等几种关键代谢物,通过影响根系Ca含量来参与根系形态和结构的调节。【结论】与其他杨树相比,北京杨表现出更强的重金属耐受性,更高效的重金属吸收和运输效率,从而在复杂重金属污染地区具有更强的生态修复潜力。本文研究了SAR对Cd胁迫下北京杨根系营养状况、形态结构及其根际土壤代谢组的影响。本研究结果可为理解杨树根系发育对酸雨和镉联合污染响应的潜在机制提供有价值的基础,有助于提高北京杨通过调控根际代谢物来缓解酸雨影响地区土壤Cd污染的效率,为提高北京杨在酸雨和镉复合污染地区的生态修复效率提供了理论依据。