

橡胶树根系分泌有机酸解除铝毒的机制²

安锋¹, 马晓伟¹, 杨宗明^{1,2}, 刘子凡², 谢贵水¹

(1. 中国热带农业科学院橡胶研究所/农业农村部儋州热带作物野外观测实验站, 儋州, 海南 571737; 2. 海南大学热带作物学院, 海口, 海南 570228)

摘 要:【目的】明确橡胶树 (*Hevea brasiliensis*) 解除铝毒过程中根系分泌有机酸的主要种类及其外排有机酸的分子机制。【方法】将热研 73397 橡胶树组培苗在 200mM AlCl₃ 胁迫下处理 3-5 天, 收集根和根分泌物, 并对 8 种常见有机酸 (酒石酸、草酸、甲酸、苹果酸、乳酸、醋酸、柠檬酸和琥珀酸) 进行 HPLC 检测。对根系进行代谢组、转录组分析和荧光定量分析, 对橡胶树水培苗进行外源添加有机酸试验, 并利用酵母遗传转化和拟南芥突变体对草酸转运体进行功能鉴定。【结果】铝胁迫诱导了橡胶树幼根有机酸的分泌, 其中草酸和苹果酸明显高于其他有机酸; 铝胁迫处理 2 d 后共有 10417 个 DEGs 和 3821 个差异代谢物, 而铝胁迫处理 5 d 后共有 11394 个 DEGs 和 4636 个差异代谢物; 差异基因主要集中在转运蛋白、转录因子、细胞壁结构和抗氧化系统等, 而差异代谢物则主要是脂类物质和有机酸及其衍生物等, 说明橡胶树的解铝机制较为复杂, 涉及的基因较多, 但主要是与有机酸的分泌和转运相关的基因; 外源添加苹果酸和草酸显著提高了铝胁迫下橡胶苗的叶绿素含量、相对含水量和根系活力, 同时降低了膜脂过氧化程度、游离脯氨酸含量和抗氧化酶活性显著下降, 减轻了根系和叶片的铝积累及橡胶苗铝毒害症状。从橡胶树中鉴定了 17 个苹果酸转运和 2 个草酸转运蛋白基因, 证明 HbALMT1、HbALMT15 和 HbOT1、HbOT2 与橡胶树根系分泌苹果酸和草酸解除铝毒密切相关。【结论】铝诱导的苹果酸转运体 (HbALMTs) 草酸转运体 (HbOTs) 基因表达是橡胶树解除酸铝毒害的重要机制。

关键词: 铝毒; 有机酸, 草酸, 苹果酸, 转运体, 差异基因, 解铝

² 安锋 (1977—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为作物栽培与生理生态。E-mail: an-f@catas.cn