

落叶松愈伤组织接种松材线虫后的形态、转录和代谢分析

叶查龙¹, 汪祥², 王昕昊¹, 王曦茁², 孙晓梅¹, 李万峰^{1,*}

(1 中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091; 2 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 北京 100091)

摘要:【目的】松材线虫病是由松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 引起的毁灭性森林病害, 已造成我国森林严重损害, 引发生态破坏和经济损失。最新报导显示, 落叶松在自然条件下和人工接种时也可以感染松材线虫病。因此, 培育抗松材线虫的落叶松新品种显得尤为重要。本研究通过分析落叶松愈伤组织对松材线虫的形态、转录和代谢反应, 旨在为抗病育种提供理论依据。【方法】在落叶松愈伤组织接种松材线虫 5 d 后, 检测松材线虫的增殖情况, 观察愈伤组织的形态变化和细胞活性, 分析愈伤组织的转录组和代谢组。【结果】接种 5 d 后, 观察到松材线虫数量增加, 愈伤组织出现水渍化现象, 细胞活性降低, 说明松材线虫通过取食愈伤组织维持生长, 并导致愈伤组织薄壁细胞损害。相较于未接种松材线虫的对照组, 接种组有 8,515 个基因差异表达, 这些基因主要参与“对刺激的响应”、“几丁质”和“糖代谢”等过程, 这表明接虫后落叶松启动了防御反应。代谢组测序分析识别出 389 个差异富集的代谢物, 主要涉及脂类、氨基酸及其衍生物和生物碱, 这些代谢物主要集中在“代谢富集”、“次生代谢物合成”和“辅助因子合成”等通路上。转录组和代谢组数联合分析揭示, 差异表达的基因和代谢物共同富集在 71 个代谢通路上, 这些代谢通路主要参与植物与病原菌互动中 Ca^{2+} 信号、活性氧爆发、MAPK 级联反应、激素信号转导、细胞壁加固、防御基因表达、抗菌物质合成以及物质和能量供应等过程。进一步分析显示, 与抗病相关的主要代谢物包括生物碱、类黄酮、核黄素、硫苷和二萜, 抗病相关的基因主要包括 R 基因, LRR-RLK, 几丁质激发子蛋白激酶, 几丁质酶, 增强疾病易感蛋白, 发病相关蛋白, 油菜素内酯共受体激酶, 热激蛋白, 凝集素和 WRKY 转录因子。【结论】本研究展示了落叶松愈伤组织接种松材线虫后的形态、转录和代谢变化, 初步构建了落叶松抗病评价体系, 不仅为抗病育种提供候选基因, 也为进一步研究落叶松抗松材线虫病的分子机制提供理论基础和实验依据。

关键词: 松材线虫; 落叶松愈伤组织