

落叶松对半活体营养型病原落叶松新壳梭孢的抗性机制

陈欣妍

(黑龙江省外来林木病虫害监测与防控重点实验室 林学院 东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要:【目的】落叶松枯梢病是一种由外来入侵真菌——落叶松新壳梭孢 (*Neofusicoccum laricinum*) 引起的病害, 该病原体以半活体营养型的形式侵染落叶松。植物在识别到病原侵入后, 会诱导产生如合成抗病次生代谢物、超敏反应等局部防御反应 (LDR), 从而限制病原体生长。对半活体营养型病原体来说, 植物合成的次生代谢物是其对抗半活体营养型病原体的重要武器。随后, 通过信号转导机制, 植物会诱导主要由水杨酸 (SA) 信号转导介导的系统获得性抗性 (SAR), 从而激活邻近组织的抵抗能力。本研究对受到侵染 *N. laricinum* 后落叶松中 3-脱氢奎宁酸 (DHQ) 在植物次生代谢物奎宁酸 (QA) 和 SA 之间的转化关系进行重点探讨, 从而阐明植物对半营养型病原体的抗性机制。【方法】对落叶松进行病害野外调查及人工接种试验, 通过细胞死亡评估法、石蜡切片法及 PI 染色法评估其抗病性, 并筛选出抗病落叶松单株和感病落叶松单株。通过转录组和代谢组分析, 研究抗病和感病的落叶松单株接种 *N. laricinum* 后 8 d、10 d 的 LDR 区域基因表达模式及 LDR、SAR 区域重要差异代谢物变化。同时, 通过 RT-qPCR 进行 SAR 区 SA 信号转导相关基因的表达情况, 并验证转录组测序结果。通过交叉交叉法及落叶松外源施用 QA 测定 QA 对 *N. laricinum* 生长的影响。【结果】通过野外调查及人工接种试验, 确定了 R1-4 为抗病落叶松单株, S2-1 为感病落叶松单株。对 R1-4 和 S2-1 的 LDR 区域的转录组和代谢组进行分析, 结果表明, 山奈酚、QA、黄酮醇、藤黄素、DHQ 和 6 α -羟基蓖麻酮是重要次生代谢物, 其中 DHQ 与相对抗病指数 (RRI) 相关性最高, 被确定为进一步研究的重要对象。相关性分析表明 DHQ 和 SA、QA 含量的变化均具有显著相关性。交叉交叉法及落叶松外源施用 QA 测定 QA 对 *N. laricinum* 生长作用, 结果表明 R1-4 对 *N. laricinum* 的抗性增强与其在 LDR 期间 QA 表达的升高有关。分析 R1-4 和 S2-1 的 LDR 区域 DHQ、QA 和 SA 的含量变化及基因表达量变化, 发现 R1-4 在接种 8 d 时, 为抑制病原菌的生长, DHQ 和 QA 含量增加, 且 QA 合成相关的基因表达上调, SA 含量几乎无变化, SA 合成相关基因表达无明显变化, 而 10 d 时, *N. laricinum* 的生长已受到抑制, 此时与 SA 合成相关的基因开始活跃并显著上调, SA 大量产生, 此时 DHQ、QA 的含量依旧有增加。与 R1-4 相比, 在 S2-1 中 DHQ 和 QA 的含量变化不明显, 虽然 SA 含量的变化在 8 d 时比 R1-4 显著, 但在 10 d 时 SA 含量的变化则不如 R1-4 显著。分析 SA 信号转导相关的基因表达量在 R1-4 和 S2-1 接种 10 d 时的 LDR 区域和 SAR 区域中的变化, 发现在 R1-4 的 LDR 和 SAR 区域这些基因显著上调, 表明此时 LDR 区域产生的 SA 向远端组织传递信号以诱导 SAR, 而 S2-1 中的这些基因下调或无显著变化。【结论】落叶松通过将 DHQ 转化为 QA 或 SA 以调节自身 LDR 和 SAR, 抵抗 *N. laricinum* 的侵染。能否将 DHQ 及时转变为 QA 或 SA 可能是影响植物对半活体营养型病原体抗性的关键因素。**关键词:** 半活体营养型病原; 落叶松新壳梭孢