

云南松树干扭曲和早实性状的机制解析

崔凯

(中国林业科学研究院高原林业研究所)

云南松 (*Pinus yunnanensis*) 是我国西部偏干性亚热带的典型代表群系, 是西南地区的主要用材和绿化造林树种, 在当地林业生产和生态经济建设中占有非常重要的地位。当前云南松还存在很多低质低效林, 最典型的就是林分中树干扭曲(扭松) 个体的比例逐渐增加, 表现出明显的衰退现象, 对其生产价值和生态效益造成了严重影响。

茎干扭曲是植物生长过程中的一种特殊现象, 导致植物表型可塑性和适应性发生显著变化。然而, 云南松树干扭曲究竟是由环境改变或遗传变异所造成, 仍有很大争议。为了解云南松干形扭曲产生的机制, 首先通过完全双列杂交试验, 确定了树干扭曲由隐性基因控制。解剖学分析发现扭松的木质部细胞形状发生不规则改变, 并且细胞排列方式较为杂乱。利用激光显微切割富集关键生长部位材料进行 RNA-seq, 在扭松中显著富集到了包括生长素信号转导、光合固碳和蔗糖代谢在内的三种代谢途径。对直松和扭松施加外源生长素和生长素转运抑制剂(TIBA) 只能改变其生长速度, 却不能改变茎干通直或扭曲的生长方式。但当外源施加生长素信号转导抑制剂(Auxinole) 时, 直松产生扭曲生长的趋势。进一步结合 qRT-PCR、酶活性测定、免疫组织化学等验证结果, 我们初步构建了一个云南松干形扭曲形成机制的工作模型, 即 *ARF* 不仅可以下调 *POR* 阻断叶绿素合成和光合作用, 还可以上调 *Susy*, 并促进大量蔗糖合成纤维素。然而, 由于 *CBH* 表达下调和纤维素分解异常, 纤维素积累, 木质素含量降低, 最终使树干极易扭曲生长。

为揭示云南松早实性状发生规律, 以同质园内 6 年生的 9 个群体 270 个家系的云南松为研究材料, 对其营养生长性状和生殖生长性状进行比较分析。结果表明: 不同群体云南松表型性状上存在极显著差异, 表明性状差异具有遗传上的稳定性。营养生长性状的变异主要来源于群体内, 生殖生长性状的变异主要来源于群体间。表型性状的平均变异系数为 71.91%, 生殖性状平均变异系数(320.23%) 显著高于营养生长性状(36.43%); 9 个群体的平均变异系数为 71.91%, 最大变异系数群体出现在中心分布区。营养生长性状与生殖生长性状呈正相关; 生态环境因子对表型变异产生影响, 其中最湿季温度影响最大, 海拔影响最小。聚类分析将 9 个群体划分为 3 类, 表型性状并没有依地理距离而聚类, 表明表型变异的不连续性。通过关联分析分别发现 9 个和 3 个与早实性状显著相关联的 SSR 位点, 其中 PK840 位点对早实性状的解释率最高, 早实和未早实个体中分别有 10 个和 7 个特有单倍型, 分别具有 179bp 和 183bp 条带。根据高生产力兼具早实性的育种目标选择出 54 个优良家系和 1620 个优良单株。

以上工作初步解析了云南松干形扭曲和早实性状机制, 在云南松育种工作, 尤其是优良材料选择和评价中具有一定理论和应用价值。