

转录组分析揭示碳氮代谢协同调控美洲黑杨生长杂种优势形成机制

张静^{1#}, 张伟溪^{1#}, 丁昌俊^{1*}, 赵军², 苏雪辉³, 苑正赛¹, 黄秦军¹, 苏晓华^{1*}

(1. 林木遗传育种全国重点实验室, 国家林业和草原局林木培育重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 焦作大学 焦作 454000; 3. 焦作市农林科学研究院 焦作 454003)

摘要: 高效的光合能力和氮素利用效率是植物杂交子代生长优势形成的重要驱动力, 研究碳-氮代谢在美洲黑杨生长杂种优势形成中的协同作用及分子调控网络, 为深入理解杨树生长杂种优势的分子机制提供了新视角和理论依据。本研究中以 3 年生美洲黑杨全同胞不同生长势子代 (包括高生长势 (H1、H2) 和低生长势 (L3、L4)), 及其亲本 (母本[FP]和父本[MP]) 为研究材料, 分析光合作用碳同化和氮代谢途径中关键糖含量及生化酶活性特征, 以及转录组水平基因表达差异, 构建与生长、光合作用、氮素利用等优势性状关联的分子调控网络。结果显示, 高生长势子代 H1 的树高、胸径、淀粉和蔗糖含量、AGPase (H2)、NR 活性超亲优势明显, 超亲优势度 HPH 为 6.89 %~16.92%; Rubisco、SPS、超中亲优势明显, 中亲优势度 MPH 分别为 5.17 %~13.15 %; Fd-GOGAT 和 GS 活性具有一定中亲优势; GOX 活性低中亲优势明显 (MPH 为 -14.26 %); 而在低生长势子代中各生理指标表现相反。基因表达模式分析显示, 子代与母本 DEGs 明显低于父本, 高生长是子代与亲本间 DEGs 小于低生长势子代, 子代与母本 FP 间的 DEGs 主要表现为上调表达, 而子代与父本 MP 间的 DEGs 则以下调表达为主, 亲本基因主要以非加性方式遗传给子代 (占比 50.3% - 76.7%), 其中主要以显性表达模式 (ELD) 遗传。碳-氮代谢关键通路基因表达模式分析发现, 在光合碳固定途径、淀粉合成与分解以及硝酸还原过程中的高生长势子代基因主要来源于亲本基因的显性或高亲显性遗传, 而低生长势子代则以低亲显性表达和负超显性遗传 (BLP)。整合生长、碳-氮代谢关键生理生化指标及基因表达水平, 筛选出 7 个显著相关的模块 (3 个正相关, 4 个负相关), 包括 938 个为非加性表达基因 (占模块总基因 80.65%)。高生长势子代通过碳氮代谢通路的 5 个核心基因及 13 个候选基因的非加性表达, 调控碳-氮代谢主要碳水化合物累积及关键酶活性的增加或降低, 一方面通过增加光合作用和氮利用效率为植株生长提高更多的能量供应, 另一方面降低呼吸作用降低能量的消耗, 最终促进杂种子代高生长优势的形成。研究结果初步构建与碳-氮代谢协同调控生长相关优势性状的分子调控网络, 为建立林木杂种优势表型与分子机制间的联系, 深入解析林木杂种优势形成的分子调控机制提供新思路 and 理论依据。