

美洲黑杨苗期生长杂种优势形成和维持的表型特征与分子调控机制研究

(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:【目的】从叶片形态特征、生理生化特性及分子转录调控角度解析美洲黑杨苗期生长杂种优势的形成和维持机制, 挖掘与生长优势表型相关的关键基因, 为深入认识和深度开发利用杂种优势提供有价值信息。【方法】以美洲黑杨全同胞 F1 子代 (生长超亲子代 H1、H2; 生长低亲子代 L3、L4) 及其父本 (*Populus deltoides* cl. '10/17')、母本 (*P. deltoides* cv. '55/65') 为研究对象, 开展不同年份生长表型和分子转录调控差异研究, 分别于生长旺季 (7、8、9 月) 进行生长性状 (树高、胸径)、叶片形态性状 (叶长、叶宽、叶面积) 以及生理生化酶活性测定, 比较高生长势子代和低生长势子代的中亲优势率和超亲优势率, 进行各指标间相关性分析, 并将表型与转录组联合构建加权基因共表达网络 (WGCNA), 挖掘与生长杂种优势形成相关的关键生物途径基因。【结果】不同生长年份高生长势子代均具有树高、胸径正超亲优势, 及叶长、叶宽、叶面积、叶绿素总含量等性状中亲优势; 在一年生林分中, 子代及亲本的叶宽和叶面积随 7、8、9 月份的增加呈现增加趋势, 而三年生林分均在 8 月份具有较高的叶片形态指标。不同林分中的子代及亲本的光合限速酶 (1,5-二磷酸核酮糖羧化酶/加氧酶 Rubisco)、淀粉和蔗糖合成酶 (ADPG 焦磷酸化酶 AGP、蔗糖磷酸合成酶 SPS)、氮素代谢相关酶 (硝酸还原酶 NR、谷氨酰胺合成酶 GS、谷氨酸合成酶 Fd-GOGAT) 活性主要随着月份的增加而升高, 但不同林分在相同月份间的酶活性没有显著差异; 美洲黑杨不同生长势子代在碳、氮代谢途径的酶活性不同, 其中高生长势子代 Rubisco、AGP、SPS、NR 活性显著高于低生长势子代 ($P<0.05$), 并高于亲本, 而低生长势子代具有较高 GS、Fd-GOGAT 活性。单月树高、胸径净增长与叶面积、Rubisco 及 NR 活性显著正相关 ($P<0.05$), 并在三年生林分中表现更加突出。通过 WGCNA 分析共鉴定到 11 个与生长显著相关的模块, F1 子代与亲本之间的 DEGs 主要参与信号转导、碳水化合物代谢、次生代谢产物的生物合成等途径。不同生长势子代在生长和防御途径中的基因表达调控存在差异, 低生长势子代的防御应激反应基因及负调控茎、叶片生长发育的基因发生非加性上调表达, 如叶片衰老基因、乙烯相关基因及 bHLH、NAC、MYB、WRKY、LRR 等多个转录因子和蛋白激酶, 而高生长势子代的防御相关基因和生长正调控因子均有高表达, 但发生高表达的防御相关基因数量低于低生长势子代。【结论】美洲黑杨苗期生长优势形成与较大的叶面积和较高的 Rubisco、NR 酶活性有关, 这为后续生长发育及杂种优势的维持提供了重要有利条件, 可作为苗期选育的参考指标。通过生长表型和转录调控的联合分析, 挖掘出生长正相关和负相关的关键基因, 明确了生长和防御途径基因表达权衡关系及其调控网络对于生长优势形成的重要性, 这将有助于深入解析美洲黑杨生长性状杂种优势发生的分子调控机制, 为林木营养生长杂种优势的形成机理研究提供有益参考。

关键词: 美洲黑杨; 生长杂种优势; 苗期; 表型特征; 转录调控; WGCNA

*通讯作者