

精准水肥经营对欧美杨 (*Populus* × *euramericana* ‘Neva’) 人工林转录组水平基因表达调控研究

王洲, 张伟溪, 丁昌俊, 苑正赛, 彭晶晶, 张冰玉, 苏晓华*

摘要: **目的:** 从转录组水平上阐述 11 年生杨人工林对精准水肥管理的分子响应过程, 确立其重要品质性状相关基因, 深度解析欧美杨集约经营技术调控目标性状形成的分子响应机制。 **方法:** 以北京市大兴区榆垓镇林场 11 年生欧美杨 I-107 人工林为对象, 采用转录组测序技术及碳、氮代谢相关指标测定对不施肥-常规灌溉 (CK)、不施肥-滴灌 (ND)、控释肥-滴灌 (CD)、水溶肥-滴灌 (M1D、M2D)、配方肥-滴灌 (F1D、F2D) 7 个处理组进行对比分析。 **结果:** 精准水肥经营管理措施能促进欧美杨人工林氮代谢过程及光合作用关键酶活性, 滴灌促进作用优于常规灌溉, 配方肥可有效促进硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合酶、谷氨酸脱氢酶等氮代谢相关酶活性。滴灌和施肥经营措施对人工林基因表达具有明显调控作用, 其中滴灌与常规灌溉相比, 有 6259 个 DEGs, 且多为下调表达; 施肥与未施肥相比, 有 202 个共有 DEGs 受施肥调控, 多为上调表达, 三个肥种表达趋势一致; 与控释肥相比, 在水溶肥中鉴定 1190 个 DEGs, 且多以下调表达为主; 与水溶肥相比, 在含微量元素配方肥中鉴定 254 个 DEGs, 其中上调 179 个, 下调 75 个。富集分析结果表明, 响应滴灌方式的 DEGs 主要参与植物细胞壁的生物合成等过程; 响应施肥处理的 DEGs 在植物激素信号转导和碳代谢相关过程等发挥功能; 响应施肥方式的 DEGs 主要参与碳、氮代谢过程; 响应中微量元素的 DEGs 在多种次生代谢物的合成与代谢过程中起作用。通过 WGCNA 分析确定 2 个与精准水肥经营显著相关的模块 (“steelblue” 和 “black”), 这些模块中的基因主要参与碳、氮代谢和蛋白质合成与加工等过程, 构建杨树响应水肥经营共表达网络, 确定了 9 个与杨树对水分和养分的响应相关的关键基因。 **结论:** 滴灌和施肥经营措施对人工林基因表达具有明显调控作用, 且主要通过调控植物细胞壁合成、碳、氮代谢等过程基因的表达响应水肥管理; 微量元素的添加对人工林基因表达调控作用较弱, 主要影响次生代谢过程。挖掘出 9 个响应精准水肥管理的重要基因, 初步解析精准水肥经营措施对目标基因表达调控机制, 为欧美杨的高效精准培育提供新的参考依据。

关键词: 欧美杨, 精准水肥, 转录组, 氮代谢, 光合作用, 杨树