

赤霉素 GA20ox 调控木材纤维素结构及其应用前景探索

彭霄鹏, 李全梓

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

摘要: 木材被广泛应用建筑、家具和制浆造纸等。木材中细胞壁中的主要成分之一为纤维素(40-50%), 而纤维素则可以通过进一步深加工转化为能源、材料和化学品。纳米纤维素具有直径小、表面体积比高、羟基丰富、易于功能化、力学性能好、耐化学腐蚀等特点, 在工业、食品和医疗等行业表现出巨大的应用潜力, 比如废水处理中增强处理膜的吸附量、吸附染料工业废水中有毒染料。在造纸工业中, 纳米纤维素同样具有较好的应用价值。

赤霉素是一种重要的植物生长激素, 在植物生长和发育中扮演重要的角色, 包括种子萌发、胚胎形成、茎伸长和开花等过程。在木材形成过程中, 赤霉素促进纤维素的合成和木质部细胞的伸长。前期多项研究表明在杨树中提高赤霉素含量能促进杨树生长和木质部纤维细胞伸长。关于赤霉素的合成途径如何影响木材材性及细胞壁组分的研究, 尤其是将木材的品质性状转基因改良, 与添加转基因木材纳米纤维素改性木浆纸张性能结合起来的研究报道还较少, 同时关于赤霉素是否影响木材中结晶和非结晶纤维素的合成和沉积尚未报道。

我们通过木质部特异表达的糖基转移酶启动子驱动调控杨树中赤霉素基因的表达, 改变细胞壁组分结构从而改良木材品质性状。取 2 年生材料分析木质素、纤维素等组分含量及其木材结构变化。结果表明木质部特异表达的糖基转移酶启动子驱动下 *GA20ox* 基因的过表达, 加速了杨树转基因植株赤霉素的合成, 刺激了形成层细胞分裂和树木的生长, 有利于转基因植株的木材物质累积。提取原本木质素, 通过核磁分析木质素结构表明, 转基因株系的木质素中紫丁香基单体(S)对松柏醇基单体(G)之比(S/G)提高, 这种变化有利于木质素的脱除及纤维素的酶解。利用 X 射线衍射(X-ray diffraction, XRD)及和频振动光谱(Sum frequency generation spectroscopy, SFG)对转基因植物木质部中纤维细胞的纤维素结构进行观察, 发现纤维素的结晶度降低, 但纤维素晶粒的尺寸变大。通过制备纳米纤维素发现转基因材料样本的纳米纤维素直径增加。以此为材料进行抄纸和纸张性能测试, 发现转基因纳米纤维素纸样力学强度非常好。

本研究发现了赤霉素参与调控木质部纤维素沉积的新功能, 并对转基因杨树木材在纳米纤维素的应用潜力进行了探索, 表明通过调控赤霉素的合成改良木材材性的可行性, 为利用现代遗传工程技术改良制浆造纸原料物理性质、化学组分, 优化制浆造纸新工艺, 发展绿色、低碳、环保的新轻工业态, 开拓了新思路、提供了新途径, 并为林木新种质的培育和该种质资源在制浆造纸方面的创新应用提供优质原料。

关键词: *GA20ox* 基因; 材性改良; 木质素结构; 纳米纤维素; 纸张性能