

宁夏枸杞果实主要活性物质生物合成调控机制研究

马亚平¹ 曹杰² 张磊² 宋丽华¹ 曹兵¹

(1.宁夏大学 林业与草业学院 银川 750021; 2. 宁夏大学 葡萄酒与园艺学院 银川 750021)

摘要:【目的】探究宁夏枸杞果实发育过程中碳水化合物和次生代谢物生物合成与代谢调控机制,为宁夏枸杞优良品质培育和活性物质开发利用提供理论基础。【方法】以3年生宁夏枸杞‘宁杞1号’为试验材料,在盛花期对同一花期植株进行标记,在果实发育的幼果期、青果期和红果期采集果实,测定分析糖类物质和次生代谢物含量,并开展代谢组、蛋白组和转录组测序分析。【结果】1)在果实成熟过程中,半乳糖、果糖和总糖含量显著增加,枸杞多糖、蔗糖、甜菜碱和类黄酮含量显著降低($P<0.05$)。2)多组学分析共鉴定到1097种代谢物和129个差异代谢物,6905个蛋白和4044个差异表达蛋白,16538个差异表达基因,且这些差异代谢物、蛋白和基因在红果期显著富集;多组学共表达分析鉴定到基因*LbSPS*、*LbGLGC*和*LbFBP*与碳水化合物积累密切相关。在碳水化合物代谢通路中,基因*LbGLP*、*LbGLGC*、*LbWAXY*、*LbSPS*、*LbINV*、*LbRS*及*LbFBP*及其酶调控各糖组分的积累和代谢,且*LbGLGC*和*LbWAXY*间蛋白互作。在次生代谢通路中,*LbF3D*和*LbBAD*显著下调降低了成熟果实中类黄酮和甜菜碱的积累。3)转录因子共表达模式分析发现23类转录因子与基因*LbSPS*、*LbGLGC*和*LbFBP*存在强相关关系,其中*LbNAC*和*LbSPS*显著相关($r=0.96$, $P<0.001$);进一步酵母单杂和双荧光素酶实验表明转录因子*LbNAC*和能够直接与*LbSPS*基因启动子结合,增强其活性和表达。【结论】宁夏枸杞果实发育过程中基因*LbGLP*、*LbFBP*、*LbINV*、*LbRS*、*LbGLGC*和*LbWAXY*在半乳糖、果糖和总糖的生物合成中起关键调控作用,*LbSPS*基因下调导致蔗糖积累降低,且转录因子*LbNAC*与*LbSPS*启动结合调控其表达;*bF3D*和*LbBADH*基因显著下调导致成熟果实中黄酮和甜菜碱含量减少。

关键词: 宁夏枸杞; 碳水化合物; 转录调控; 生物合成; 转录因子