

气温升高与干旱互作下灵武长枣果实着色机理及 特异功能基因 *ZjANS* 筛选

王博涛¹, 韩雅茹¹, 宋丽华²

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

摘 要:【目的】探究气温升高与干旱互作对灵武长枣果皮花青苷合成的代谢控机制, 确定灵武长枣花青苷合成相关调控基因并对 *ZjANS* 基因家族筛选与验证, 揭示气温升高与干旱互作对枣果皮花青苷合成的代谢调控机制, 筛选 *ZjANS* 基因家族中调控灵武长枣果皮花青苷合成的候选基因。【方法】本试验以 9 年生灵武长枣果实为试验材料, 采用二因素裂区试验设计, 大气温度为主处理, 设置两个水平: 自然大气温度 (T_1) 和升高大气温度 (T_2), $T_2=T_1+(2.0\pm0.5\text{ }^{\circ}\text{C})$; 水分胁迫为副处理, 设置三个水平: 正常土壤供水条件 (D_1 , 土壤含水量为田间最大持水量的 70~75%), 中度干旱胁迫 (D_2 , 田间最大持水量的 50%~55%), 重度干旱胁迫 (D_3 , 田间最大持水量的 30~35%)。主处理重复 3 次, 每个主处理试验区设置三个副处理。待果实进入幼果期, 转色期, 完熟期时, 随机采集东、南、西、北四个方向无病虫害的灵武长枣果实, 测定不同果实发育期灵武长枣果皮花青苷含量, 采用转录组与代谢组关联分析, 以冬枣 T2T 基因组为参考基因组, 果皮花青苷合成调控作用的 *ANS* 为目的基因, 对 *ZjANS* 基因的实时荧光定量 pcr (qRT-PCR) 进行验证, 筛选出调控灵武长枣果皮花青苷合成的关键基因。【结果】气温升高 2°C 有利于花青苷含量积累, 干旱不利于其积累, 升温与干旱互作使果皮花青苷含量降低。*ZjANS*、*ZjCY73A*、*ZjLAR* 基因表达升高, 差异代谢物在类黄酮生物合成途径显著富集, 筛选出天竺葵色素、飞燕草, 圣草酚、槲皮素、儿茶素、表儿茶素和山柰酚 7 个关键差异代谢物。气温升高 2°C 与干旱互作通过控制完熟期花青苷合成关键基因 *ZjCHS*、*ZjCHI*、*ZjANS*、*ZjDFR* 的表达水平与花青苷相关代谢物的组分和总积累量从而影响果实着色, 并在该过程中 *ZjCHS*、*ZjDFR*、*ZjANS* 基因受调节基因 bHLH、MYB 调控。对 *ZjANS* 基因家族鉴定, 共鉴定出 107 个 *ZjANS* 基因, 为 4 组, 分布在 12 条染色体上。这些基因均含有 2OG-FeII_Oxy 和 DIOX-N 保守结构域及 motif 1、motif 3 和 motif 10 保守基序。顺式作用元件分析表明, *ZjANS* 基因中包含大量与花青素合成、环境胁迫、光响应和激素响应相关的元件。共线性分析发现 *ZjANS* 在冬枣, 骏枣之间存在较多的共线性, 表明两者之间具有较高的保守性。在花青素合成途径中, *ZjANS* 蛋白与 LDOX、CHI 和 GA 蛋白相互作用。实时荧光定量 pcr (qRT-PCR) 结果表明, 13 个 *ZjANS* 基因在升温与干旱互作条件下对灵武长枣果皮颜色转变起到积极响应作用。【结论】筛选出 13 个 *ZjANS* 基因作为候选基因, 在升温与干旱互作下对灵武长枣果皮颜色转变起到积极响应作用

关键词: 灵武长枣; 气温升高; 干旱; 花青苷; *ZjANS*;