

马铃薯糖苷生物碱对枸杞根腐病菌三羧酸循环的影响

张崇庆¹, 王斌¹, 陈伟¹, 吴霞¹, 何静^{*1,2}

¹ 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070

² 甘肃省枸杞无害化栽培工程研究中心, 甘肃 兰州 730070

摘 要:【目的】枸杞根腐病是危害枸杞生长的主要病害之一, 可导致枸杞产量降低、品质下降, 甚至造成植株死亡。腐皮镰刀菌 (*Fusarium solani*) 是引起枸杞根腐病的主要病原菌之一。化学防治和农业防治是当前防控枸杞根腐病的主要措施, 但防效不佳且易造成环境污染。马铃薯糖苷生物碱 (Potato glycoside alkaloids, PGA) 对多种植物病原真菌具有抑制作用, 由于其材料来源广, 成本低, 对环境无危害等特点而逐渐成为研究热点。本研究以马铃薯糖苷生物碱为抑制剂, 探讨其对 *F. solani* 线粒体结构和三羧酸循环的影响, 揭示其可能的抑菌机理。【方法】采用牛津杯法测定 PGA 抑菌活性, 透射电镜观察线粒体结构, 利用试剂盒测定三羧酸循环相关酶活性和产物含量, 高效液相色谱法检测能量变化; 转录组测序筛选三羧酸循环差异基因。【结果】PGA 可抑制 *F. solani* 菌落生长、生物量累积和孢子萌发, 破坏线粒体结构, 导致线粒体膜消亡, 内容物流失。PGA 抑制了 *F. solani* 顺乌头酸酶 (ACO)、异柠檬酸脱氢酶 (IDH)、 α -酮戊二酸脱氢酶 (α -KGDH)、琥珀酸脱氢酶 (SDH)、延胡索酸酶 (FH)、苹果酸脱氢酶 (MDH)、琥珀酰辅酶 A 合成酶 (SCS) 的活性以及乙酰辅酶 A (CoA)、柠檬酸 (CA) 和苹果酸 (L-MA)、 α -酮戊二酸 (α -KG) 的含量降低; 诱导了柠檬酸合成酶 (CS) 活性的增加并促进了 *F. solani* 异柠檬酸 (ICA)、琥珀酰辅酶 A (S-CoA)、琥珀酸 (SA)、延胡索酸 (FA)、草酰乙酸 (OA) 含量地积累。此外, PGA 还降低了 *F. solani* 的 ATP、ADP、AMP 含量, 造成 EC 水平紊乱。转录组分析表明, PGA 可显著影响 *F. solani* 基因表达水平, 筛选出 19 个与三羧酸循环有关的差异表达基因, 其中 11 个基因下调, 8 个基因上调。【结论】PGA 可诱导 *F. solani* 的三羧酸循环关键酶活性下降, 进而减少三羧酸循环代谢通量, 导致能量代谢被抑制从而发挥抗真菌效果。

关键词: 枸杞根腐病; 马铃薯糖苷生物碱; 三羧酸循环; 线粒体结构; 能量代谢

基金项目: 国家自然科学基金 (32060341)