

种子内生固氮菌重塑叶片和根系的生理特性以促进 皂荚幼苗生长

吕元亚^{1, 2} 丁波^{2, 3, *} 李剑峰² 张延威² 吴鹏⁴

(1. 贵州大学 贵阳 550025; 2. 贵州师范学院 贵阳 550018; 3. 贵州省高等学校林火生态与管理重点实验室

(2. 贵阳 550018; 4. 贵州省林业科学研究院 贵阳 550005)

摘要:【目的】探索来自皂荚种子的可培养内生固氮菌对皂荚幼苗生长的影响, 以及揭示用内生固氮菌接种皂荚幼苗根际后植株叶片与根系生理特性的变化及诱导植物生长的有益生理途径。【方法】选择大小均匀的皂荚种子, 经过人工气候培养箱中培养发芽后, 移栽至塑料花盆中, 在温室大棚内进行盆栽试验。试验设置了四种处理: 不接种对照 (CK)、单一接种帕勒隆尼氏假单胞菌 (*Pseudomonas palleroniana* NSDY, S)、单一接种苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis* NHD110, H) 以及联合接种 NSDY 和 NHD110 (SH)。通过对皂荚幼苗的生长、光合特性、抗氧化防御系统、氮代谢和渗透调节物质进行综合分析, 评估了接种种子内生菌促进皂荚生长的潜力。【结果】接种内生固氮菌显著促进了皂荚幼苗的生长。与 CK 相比, S、H 和 SH 处理分别使株高增加 52.26%、31.69% 和 87.08%, 地径增加 27.17%、21.28% 和 34.08%, 总生物量增加 58.44%、25.72% 和 140.98%。叶片和根系形态也显著改善, 表现为叶面积、根长、根表面积和根体积的增加。光合性能显著提高, 净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、蒸腾速率 (Tr) 和水分利用效率 (WUE) 均显著增加, 而胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 和非光化学淬灭 (NPQ) 显著降低。同时, 接种处理还显著提高了接种内生固氮菌显著增强了皂荚幼苗的抗逆性, 表现为叶片和根系的抗氧化酶活性 (SOD、POD 和 CAT) 的显著提高以及 MDA 含量的降低。同样地, 氮代谢酶活性 (NR、GS、GOGAT 和 GDH) 显著提升, 促进了氮素的吸收与同化。此外, 叶片和根系中的 SS 和 SP 含量显著增加, 为植物提供了更多的能量和营养物质。进一步利用随机森林模型和偏最小二乘路径模型 (PLS-PM) 分析发现, 微生物接种通过调节植物的氮代谢、抗逆性、光合特性以及能量与渗透调节物质等多条途径间接促进植物生长。在所有因素中, 微生物接种对植物生长的综合影响最为显著, 且联合接种 NSDY 和 NHD110 对皂荚生长的增益效益最为突出。【结论】从皂荚种子中分离的内生固氮菌 NSDY 和 NHD110 对皂荚幼苗的生长具有显著的促进作用。这种促进作用不仅体现在形态学指标的改善上, 还涉及还涉及叶片和根系生理特性的重塑, 包括氮代谢途径的优化、抗逆性的增强、光合性能的显著提高以及能量与调节物质的合成。联合接种 NSDY 和 NHD110 的效果优于单一接种, 为皂荚种苗生产提供了一种绿色、经济的解决方案。这也为未来复合接种剂的构建和应用提供了有用的信息。未来研究应进一步探索微生物联合接种后土壤/植物微生境的变化和持久性, 以充分掌握其效果, 为可持续林业生产提供科学依据。