

农林生态系统 Cd 污染：一种影响美国白蛾生防效率的潜在非生物环境因素

姜磬¹

(1. 东北林业大学林学院 哈尔滨 150040)

摘要：【目的】探明重金属胁迫对农林害虫生物防治效率的影响，为优化重金属污染地区害虫的防控策略提供理论依据。【方法】通过构建 Cd 污染的水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) -美国白蛾幼虫 (*Hyphantria cunea*) -球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 食物链和水曲柳-美国白蛾蛹-周氏啮小蜂 (*Chouioia cunea*) 食物链，分析 Cd 暴露下，美国白蛾幼虫对球孢白僵菌的敏感性及其作用机制，以及 Cd 暴露对寄生性天敌昆虫适合度的影响及其作用机制。【结果】1) 球孢白僵菌的敏感性：Cd 暴露以协同效应的方式增强了美国白蛾幼虫对球孢白僵菌的敏感性；Cd 暴露对美国白蛾幼虫产生了显著的免疫毒性作用，表现为 Cd 处理组细胞免疫和体液免疫显著低于对照组；Cd 处理下，美国白蛾幼虫的营养贮存水平显著下降、能量代谢发生紊乱；相关性分析发现，美国白蛾幼虫先天免疫和能量代谢紊乱是导致 Cd 暴露下美国白蛾幼虫对球孢白僵菌敏感性增强的主要原因。2) 寄生蜂适合度：寄生 Cd 积累的美国白蛾蛹后，周氏啮小蜂的寄生适合度显著降低，表现为子代蜂幼虫数量、子代蜂成虫数量、个体大小（体重、体长、腹长）和成虫寿命显著减少，以及胚胎发育时间显著增加；Cd 暴露下子代蜂的丙二醛和 H₂O₂ 含量显著升高，且伴随着抗氧化能力的显著降低；Cd 积累美国白蛾蛹的细胞免疫和体液免疫参数均显著降低，涉及血细胞数量、血淋巴黑化活性、细胞免疫基因和体液免疫基因表达量；Cd 暴露降低了美国白蛾蛹葡萄糖、海藻糖、氨基酸和游离脂肪酸的含量，并紊乱了三羧酸循环和糖酵解通路的正常生理功能；相关性分析发现，Cd 对子代蜂造成的氧化损伤，以及 Cd 积累美国白蛾蛹能量贮存水平的降低和能量代谢的紊乱是 Cd 暴露下周氏啮小蜂寄生适合度降低的主要原因，而不是美国白蛾蛹的先天免疫水平。【结论】Cd 暴露增加了球孢白僵菌对美国白蛾的防治效率，但降低了周氏啮小蜂对美国白蛾蛹的总体控制效果。这些发现扩展了我们对 Cd 污染的生态毒性效应的理解，并表明重金属污染是影响害虫生物防治效率的一个重要非生物环境因素。

关键词：美国白蛾；重金属污染；生物防治；毒性效应