

赖氨酸二羟基异丁酰化和琥珀酰化修饰介导的叶绿体蛋白调控植物光合和免疫

Lysine 2-hydroxyisobutyrylation- and succinylation-based pathways act in chloroplasts to modulate plant photosynthesis and immunity

陈斌, 刘洁, 张冬梅, 王国宁, 柯会锋, 杨君, 孙正文, 谷淇深, 王星懿, 吴立柱, 吴金华, 吴立强, 张桂寅, 王省芬*, 张艳*, 马峙英*

(华北作物改良与调控国家重点实验室 / 河北省作物种质资源重点实验室 / 河北农业大学, 河北保定 071000)

摘要: 为了适应环境,植物必须在生长和防御之间进行有效能量分配。黄萎病是棉花生产中最严重病害,虽然报道了一些抗黄萎病基因,但由于植株的免疫和生长存在广泛拮抗作用,这些抗病基因对植株生长和产量的综合影响往往被忽视,限制了其进一步育种利用。随着研究的不断深入,近年来发现叶绿体介导的抗病反应是植物应对逆境胁迫的另一重要途径。叶绿体作为产能细胞器协同调控植株抗病的分子机制仍不清楚。本研究首次发现赖氨酸 2-羟基异丁酰化(lysine 2-hydroxyisobutyrylation, Khib)和琥珀酰化(lysine 2-succinylation, Ksuc)修饰是棉花抗黄萎病反应中的重要调控方式。大丽轮枝菌胁迫下,棉花多个蛋白的 Khib/Ksuc 修饰水平发生显著改变,且集中在光合途径,表明棉花叶绿体蛋白可能通过光合途径协同调控产量和抗病性。ChIP-qPCR 研究发现 Khib 修饰能够特异地调节棉花 PR 和 SA 信号通路, GhHDA15 和 GhSRT1 分别作为 Khib 和 Ksuc 修饰的“Eraser”,分别通过去除 Khib 和 Ksuc 修饰负向调节黄萎病抗性,且以 GhHDA15 为主导。进一步研究发现,接菌后 GhHDA15 基因的转录水平在感病棉花中显著提高,而在抗病棉花中无明显变化。增多的 GhHDA15 蛋白增强了对 GhPSB27 蛋白的去乙酰化修饰,导致 GhPSB27 保持较低的修饰水平。相比之下,抗病棉花中,较低的 GhHDA15 转录水平能够保持 GhPSB27 较高的乙酰化修饰状态,可以提高光合系统核心成员 D1 蛋白的含量,促进光合作用和副产物 cROS 的产生,从而提高植物的生物量、种子产量和抗病性。综上,本研究揭示了叶绿体蛋白通过表观调控实现作物高产与抗病性平衡的分子机制,为作物改良提供了新策略。

关键词: 陆地棉; 叶绿体; 表观调控; 黄萎病抗性; 产量

* 通信作者: 王省芬, cotton@hebau.edu.cn; 张艳, zhangyan7235@126.com; 马峙英, mzhy@hebau.edu.cn

基金项目: 河北省自然科学基金(C2022204205); 国家重点研发计划(2022YFF1001403); 中国博士后科学基金面上项目(2023M730908); 河北省博士后科研项目(B2022003044); 华北作物改良与调控国家重点实验室自主课题(NCCIR2023ZZ-12)