

激素水平升高可导致小菜蛾对 Bt 高抗性

6月12日,《自然—通讯》创刊10年以来首次在线发表昆虫Bt抗性研究领域的论文。中国农业科学院蔬菜花卉研究所研究员张友军团队发现,昆虫激素水平升高可以激活MAPK信号途径,反式调控多个中肠受体基因差异表达,从而导致小菜蛾对苏云金芽胞杆菌(Bt)杀虫蛋白Cry1Ac产生高抗性。

该研究在国际上首次揭示了经典的昆虫激素可以参与昆虫Bt抗性的新功能及其分子调控网络,研究结果对于我国田间重大农业害虫Bt抗性进化的监测预警和综合治理,以及新型Bt生物杀虫剂/转Bt基因抗虫作物的研发推广和可持续应用,均具有重要的理论和实践意义。

论文通讯作者张友军介绍,小菜蛾是一种世界性危害的十字花科蔬菜作物重大害虫,每年小菜蛾在全球造成的经济损失高达40~50亿美元,在我国造成的经济损失也达到7.7亿美元每年。

苏云金芽胞杆菌是一种革兰氏阳性细菌,它能产生多种杀虫蛋白,可高效特异的杀死不同害虫,而对人畜环境安全无害。目前,基于Bt杀虫蛋白研发的Bt生物杀虫剂和转Bt基因抗虫作物,为全世界化学杀虫剂的减施、害虫绿色防控和农产品质量安全做出了极大贡献,并取得了空前巨大的经济、社会和环境效益。

然而,昆虫对Bt的快速抗性进化,严重威胁着Bt生物杀虫剂和转Bt基因抗虫作物的研发推广和可持续应用。

目前,至少已有9种重要农业害虫在田间对Bt产生了高抗性。其中,小菜蛾是最早也是目前唯一被报道在田间对Bt生物杀虫剂产生高抗性的农业害虫,而其基因组的解析使其成为研究昆虫对Bt抗性分子机制的理想材料。

过去10余年间,张友军团队先后建立了Bt敏感和多个Bt抗性的小菜蛾种群,包括对Bt杀虫蛋白Cry1Ac抗性5000倍的近等基因系种群。

前期,利用这些特异的实验材料,通过生物化学、分子生物学和细胞生物学等技术手段,该团队在国际上首次揭示了小菜蛾对Bt杀虫蛋白Cry1Ac的高抗性与BtR-1抗性基因座内一个丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)信号途径有关。

他们发现,MAPK信号途径中的关键基因MAP4K4,反式调控多个中肠受体基因差异表达,引

起小菜蛾对 Bt 杀虫蛋白的抗性。相关研究于 2015 年发表于《美国公共科学图书馆—遗传学》(PLoS Genetics)。

在最新研究中，张友军团队在此基础上进一步证实，MAPK 信号途径的确是反式调控小菜蛾不同中肠受体基因差异表达的“通用开关”。

论文第一作者兼共同通讯作者、蔬菜花卉所副研究员郭兆将说，在 Bt 蛋白高抗的小菜蛾中，蜕皮激素 (20E) 和保幼激素 (JH) 含量均显著升高。它们之间的串扰可以激活 MAPK 信号途径反式调控机制，使小菜蛾在维持正常生长发育的前提下对 Bt 杀虫蛋白完美进化，从而产生高抗性。

张友军研究员总结到，当昆虫幼虫进食 Bt 病原菌后，其中肠上皮细胞中保幼激素/蜕皮激素结合各自 Met-Tai 和 EcR-USP 异源二聚体受体复合物，启动下游应答基因转录。保幼激素和蜕皮激素含量升高会激活下游 MAPK 信号途径，进而操纵不同转录因子来调控多个中肠受体基因的差异表达，最终导致寄主昆虫在不影响生长发育的前提下对 Bt 杀虫蛋白进化产生高抗性。

该项研究揭示了经典昆虫激素迄今为止尚未发现的新功能，阐明了激素信号可塑性是生物抵御外界病原菌入侵的跨界通用策略。在该昆虫激素串扰调控的“生长发育—免疫防御权衡”模型中，保幼激素和蜕皮激素相互拮抗，共同控制昆虫生长发育和免疫防御等生理过程。

