

· 热点评 ·

我国科学家在程序性细胞死亡机制研究领域 取得重大突破

张宪省*

作物生物学国家重点实验室, 山东农业大学生命科学院, 泰安 271018

摘要 程序性细胞死亡在调控植物发育和胁迫响应中具有重要作用, 而活性氧是导致程序性细胞死亡的关键因子。日前, 中科院遗传与发育所李家洋研究组对活性氧调控程序性细胞死亡的分子机制进行了深度解析, 首次阐明了苹果酸作为信号分子, 经由叶绿体-线粒体穿梭途径而引发活性氧产生, 继而导致细胞死亡。该研究成果是程序性细胞死亡调控机制领域的重大突破。

关键词 程序性细胞死亡, 活性氧, 苹果酸, 叶绿体, 线粒体

张宪省 (2018). 我国科学家在程序性细胞死亡机制研究领域取得重大突破. *植物学报* 53, 445–446.

程序性细胞死亡(programmed cell death, PCD)是受遗传控制的生命现象, 它通过对细胞分化和细胞数目等进行调控, 在植物的器官发生和抵御生物/非生物胁迫过程中发挥重要作用。当遭遇生物/非生物胁迫时, 植物细胞的原初响应之一是产生大量活性氧(reactive oxygen species, ROS)。其中, 过氧化氢被认为是介导程序性细胞死亡的关键因子。研究表明, 叶绿体和线粒体作为产生活性氧的主要部位, 在植物程序性细胞死亡中发挥关键作用。然而, 关于活性氧的产生和程序性细胞死亡是否需要这2种细胞器之间的信号交流, 信号分子是什么, 以及它们如何调控程序性细胞死亡等问题, 目前并不清楚。

中科院遗传与发育所植物基因组学国家重点实验室李家洋研究组前期鉴定了1个拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)细胞死亡突变体*mod1* (*mosaic death 1*)。在该突变体中发现有活性氧的积累, 降低线粒体电子传递链复合体I的活性则抑制活性氧的积累和细胞死亡(Wu et al., 2015)。*MOD1*编码1个烯酰-ACP还原酶, 它对于叶绿体中脂肪酸的从头合成是必需的(Mou et al., 2000)。这些结果暗示, 在*MOD1*突变导致的细胞死亡过程中可能存在叶绿体到线粒体的信息传递。

最近, 李家洋研究组通过对不影响线粒体复合体I活性的*mod1*抑制突变体进行筛选和分析, 克隆了3个新的抑制基因, 分别编码质体定位的苹果酸脱氢酶

(pINAD-MDH)、叶绿体被膜定位的二羧酸转运蛋白1(DiT1)和线粒体定位的苹果酸脱氢酶1(mMDH1)(Zhao et al., 2018)。研究表明, 上述任何1个基因突变均可恢复*mod1*的表型, 包括活性氧的积累和细胞死亡的发生。进一步的研究结果显示, *MOD1*功能缺失导致其底物NADH在叶绿体中过量积累, 促使pINAD-MDH将草酰乙酸还原为苹果酸; 叶绿体中过量的苹果酸又被DiT1转运至胞基质; 具还原力的苹果酸通过穿梭作用进入线粒体, 再被mMDH1氧化为草酰乙酸, 从而导致线粒体中NADH水平升高, 最终引发活性氧的产生和细胞死亡的发生。以上结果表明, 从叶绿体到线粒体的直接信号交流是通过苹果酸穿梭作用实现的(Zhao et al., 2018)。

该研究成果发表在*Cell Research*期刊上。该系统解析了植物细胞器之间的信号交流调控程序性细胞死亡的分子机制, 首次提出苹果酸作为化学信号分子, 通过从叶绿体到线粒体的穿梭途径引发活性氧产生及细胞死亡, 使人们对程序性细胞死亡有了全新的认识, 标志着我国科学家在程序性细胞死亡机制研究领域取得了重大突破。

参考文献

Mou ZL, He YK, Dai Y, Liu XF, Li JY (2000). Deficiency in fatty acid synthase leads to premature cell death and dra-

收稿日期: 2018-04-10; 接受日期: 2018-05-01

* 通讯作者。E-mail: zhangxs@sdau.edu.cn

matic alterations in plant morphology. *Plant Cell* **12**, 405–418.

Wu J, Sun YF, Zhao YN, Zhang J, Luo LL, Li M, Wang JL, Yu H, Liu GF, Yang LS, Xiong GS, Zhou JM, Zuo JR, Wang YH, Li JY (2015). Deficient plastidic fatty acid synthesis triggers cell death by modulating mitochondrial re-

active oxygen species. *Cell Res* **25**, 621–633.

Zhao YN, Luo LL, Xu JS, Xin PY, Guo HY, Wu J, Bai L, Wang GD, Chu JF, Zuo JR, Yu H, Huang X, Li JY (2018). Malate transported from chloroplast to mitochondrion triggers production of ROS and PCD in *Arabidopsis thaliana*. *Cell Res* **28**, 448–461.

Chinese Scientists Have Made a Great Breakthrough in the Mechanism of Programmed Cell Death

Xian-sheng Zhang*

State Key Laboratory of Crop Biology, College of Life Sciences, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

Abstract Programmed cell death (PCD) plays important roles in regulating plant development and stress responses, and the reactive oxygen species (ROS) acts as the key regulator in PCD process. However, the underlying mechanism remains to be addressed. Recently, the Jiayang Li's group from Institute of Genetics & Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences has made great breakthroughs in the mechanism of PCD regulated by ROS. The group demonstrated that malate shuttling from the chloroplast to mitochondrion triggers ROS production and subsequent PCD in *Arabidopsis*. The study provides novel results for understanding the mechanism of PCD regulation.

Key words programmed cell death, reactive oxygen species, malate, chloroplast, mitochondrion

Zhang XS (2018). Chinese scientists have made a great breakthrough in the mechanism of programmed cell death. *Chin Bull Bot* **53**, 445–446.

* Author for correspondence. E-mail: zhangxs@sdau.edu.cn

(责任编辑: 朱亚娜)