中国科学: 生命科学 2024 年 第 54 卷 第 7 期: 1304 ~ 1306
SCIENTIA SINICA Vitae lifecn.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

亮 点

植物远缘杂交新突破——揭示花粉蒙导效应机制

冷馥余[1,2†], 刘健[1,2†], 林宗成[1,2*]

1. 华中农业大学园艺林学学院, 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 武汉 430070
2. 湖北洪山实验室, 武汉 430070
† 同等贡献
* 联系人, E-mail: zongcheng.lin@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2023-11-02; 接受日期: 2023-11-21; 网络版发表日期: 2024-05-31
国家重点研发青年科学家项目(批准号: 2022YFF1002100)和湖北省杰出青年基金(批准号: 2022CFA074)资助

远缘杂交是指植物分类上不同种、属或亲缘关系更远的物种间的杂交, 它可以突破种属界限, 聚合种属特异的优良性状, 培育优质新品种, 对农业育种具有重大意义. 因此在现代农业中, 远缘杂交的分子机理解析和种质创新应用是极重要的研究方向. 然而, 远缘物种间存在严格的生殖隔离, 在杂交过程中雌雄互作异常造成的受精失败(合子前杂交不亲和), 以及受精后子代不能正常发育或结实(合子后杂交不亲和)均会导致远缘杂交失败[1]. 柱头是雌蕊识别花粉的第一个也是最重要的场所, 因此远缘杂交首先需要克服在柱头的生殖障碍. 为探索远缘杂交障碍, 育种学家曾做过一个有趣的实验: 在同一柱头同时授予同种与异种花粉, 异种花粉管将获得穿透柱头的能力, 这种现象被称为“花粉蒙导效应(mentor effect)”[2], 但其分子机制此前未被报道.

北京大学生命科学学院瞿礼嘉/钟声团队[3]在*Cell*发表题为“Antagonistic RALF peptides control an intergeneric hybridization barrier on Brassicaceae stigmas”的研究论文. 该论文提出拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)柱头-花粉间识别与信号交流的“锁-钥模型”: 柱头上特异表达的小肽(stigma-expressed RAPID ALKALINIZATION FACTOR peptides, sRALFs)与乳突细胞的类受体激酶家族(*Catharanthus roseus* RLK1-like, CrRLK1L)受体蛋白复合物FERONIA-CURVY1/ANJEA/HERCULES receptor kinase 1以及细胞壁蛋白LRXs相互作用, 构成柱头屏障, 阻止花粉管的穿透; 而花粉表达的小肽蛋白(pRALFs)作为钥匙与sRALFs竞争结合柱头受体蛋白复合物, 从而打开柱头锁, 促成花粉管穿透柱头. 这个模型解析拟南芥柱头识别并接受自身花粉和近缘花粉、拒绝远缘花粉的分子机制, 阐明柱头处的种间/属间生殖障碍形成的原因, 同时也为“花粉蒙导效应”现象从分子机理层面提供解释: 当用同种花粉与异种花粉进行混合授粉时, 同种花粉分泌的pRALFs通过结合相应的柱头蛋白复合体, 打破柱头锁; 而异种花粉则“趁机”与同种花粉共同穿越柱头屏障. 实现远缘杂交的重点在于亲和pRALFs的存在, 并且亲缘关系越近, 更可能产生相似的pRALFs, 花粉管的穿透率越高. 最后该团队还通过在柱头处施加外源合成的pRALFs, 促进异种花粉在柱头处的穿透, 并获得远缘杂种胚.

该文章完美解释“花粉蒙导效应”的分子机制, 并提出一种新策略以克服种间/属间杂交障碍: 外源合成的pRALFs可引发拟南芥更加广泛的远缘杂交, 使杂交种的形成简便化. 该发现在远缘杂交育种上有重大意

引用格式: 冷馥余, 刘健, 林宗成. 植物远缘杂交新突破——揭示花粉蒙导效应机制. 中国科学: 生命科学, 2024, 54: 1304–1306
Leng F Y, Liu J, Lin Z C. New breakthrough in plant distant hybridization—molecular mechanism of mentor effect revealed (in Chinese). Sci Sin Vitae, 2024, 54: 1304–1306, doi: 10.1360/SSV-2023-0255

© 2024 《中国科学》杂志社 www.scichina.com
https://engine.scichina.com/doi/10.1360/SSV-2023-0255

义和广阔的应用前景, 也为全球食品安全提供新的保障体系. 同样, 研究还存在部分限制: 该模型下游的信号通路有待完善; 且用pRALFs处理或突变“柱头锁”组分, 远缘花粉管仅部分能穿过柱头, 且杂种胚形成的比例不高, 推测存在其他控制合子前杂交障碍的机制, 有待进一步挖掘.

远缘杂交不亲和的分子机制解析一直是植物生殖研究领域的热点. 此前研究报道远缘杂交障碍的分子基础大多依赖于自交不亲和(self-incompatibility, SI)系统: SI是一种典型的种内杂交障碍, 其柱头通过排斥自己的花粉保持种内异交[4], 从而维持物种遗传多样性. 近几十年的研究表明, SI在种间杂交障碍中也扮演重要角色. 例如, 大白菜柱头的雌蕊自交不亲和受体(S-locus receptor kinase, SRK)能识别远缘花粉, 激活下游通路, 升高柱头活性氧水平从而抑制远缘花粉, 维持生殖隔离[5]. 茄科植物的种间生殖隔离也依赖相应的SI系统: 自交亲和番茄(*Solanum lycopersicum*)中导入茄科雌蕊自交不亲和基因*S-RNase*和*HT*基因后, 导致其与部分亲和红果番茄产生生殖隔离[6]. 但并不是所有植物都有SI系统, 且不同科属植物的SI系统也存在很大的差异, 因此基于SI的远缘杂交不亲和分子机制只能解释部分物种之间的远缘杂交障碍, 并不具备广普适用性. 日本学者报道两个独立于SI的调控远缘杂交不亲和的基因, *STIGMATIC PRIVACY 1*(*SPRI1*)和*SPRI2*, 它们分别编码膜蛋白与转录因子, 且都在柱头处表达[7,8]. 由于相应的花粉因子还未被发现, SPRI1与SPRI2如何调控远缘杂交不亲和的分子机制还完全不清楚. 瞿礼嘉/钟声团队[3]发现的调控花粉识别与穿透的“锁-钥模型”完全独立于SI系统, 并且该信号通路中涉及到的关键因子, 如RALFs, CrRLK1Ls, LRXs在各个种属中都存在, 表明该机制可能也适用于其他科属植物远缘杂交不亲和现象, 具有普遍性; 同时, 该文章“锁-钥模型”也为后续探索远缘杂交的分子机理提供新的范式, 具有里程碑意义.

参考文献

1 Chen J, Liu S J, Tao M, et al. A comparative study of distant hybridization in plants and animals. Sci Sin Vitae, 2016, 46: 1139–1161 [陈婕, 罗觅, 陶敏, 等. 动物和植物远缘杂交比较研究. 中国科学: 生命科学, 2016, 46: 1139–1161]

2 Knox R B, Gaget M, Dumas C. *Mentor* pollen techniques. In: G.H. Bourne, K.W. Jeon, Martin Friedlander, eds. International Review of Cytology. Boston: Academic Press, 1987, 107: 315–332

3 Lan Z, Song Z, Wang Z, et al. Antagonistic RALF peptides control an intergeneric hybridization barrier on Brassicaceae stigmas. Cell, 2023, 186: 4773–4787

4 Guo Y L. Adaptive evolution of *Arabidopsis* and its relatives. Sci Sin Vitae, 2019, 49: 320–326 [郭亚龙. 拟南芥及其近缘种的适应性进化研究. 中国科学: 生命科学, 2019, 49: 320–326]

5 Huang J, Yang L, Yang L, et al. Stigma receptors control intraspecies and interspecies barriers in Brassicaceae. Nature, 2023, 614: 303–308

6 Tovar-Mendez A, Kumar A, Kondo K, et al. Restoring pistil-side self-incompatibility factors recapitulates an interspecific reproductive barrier between tomato species. Plant J, 2014, 77: 727–736

7 Fujii S, Tsuchimatsu T, Kimura Y, et al. A stigmatic gene confers interspecies incompatibility in the Brassicaceae. Nat Plants, 2019, 5: 731–741

8 Fujii S, Yamamoto E, Ito S, et al. SHI family transcription factors regulate an interspecific barrier. Nat Plants, 2023, 9: 1862–1873

https://engine.scichina.com/doi/10.1360/SSV-2023-0255

New breakthrough in plant distant hybridization—molecular mechanism of mentor effect revealed

LENG FuYu[1,2], LIU Jian[1,2] & LIN ZongCheng[1,2]

1 National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Horticultural Crops, College of Horticulture and Forestry Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2 Hubei Hongshan Laboratory, Wuhan 430070, China

doi: 10.1360/SSV-2023-0255

https://engine.scichina.com/doi/10.1360/SSV-2023-0255