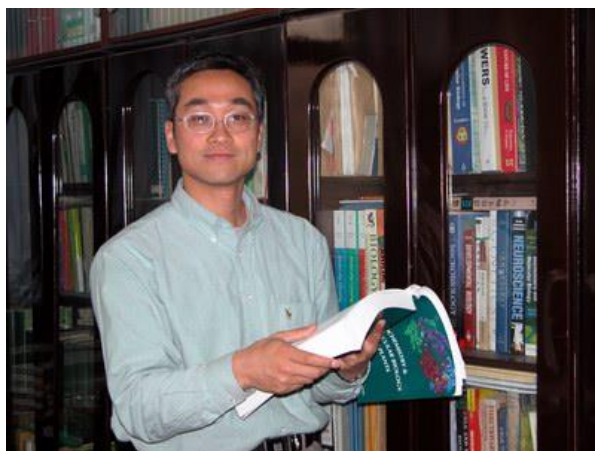


瞿礼嘉课题组在 *Science* 发文揭示植物中调控花粉管细胞完整性与精细胞释放的分子机制  
*Arabidopsis pollen tube integrity and sperm release are regulated by RALF-mediated signaling*



瞿礼嘉

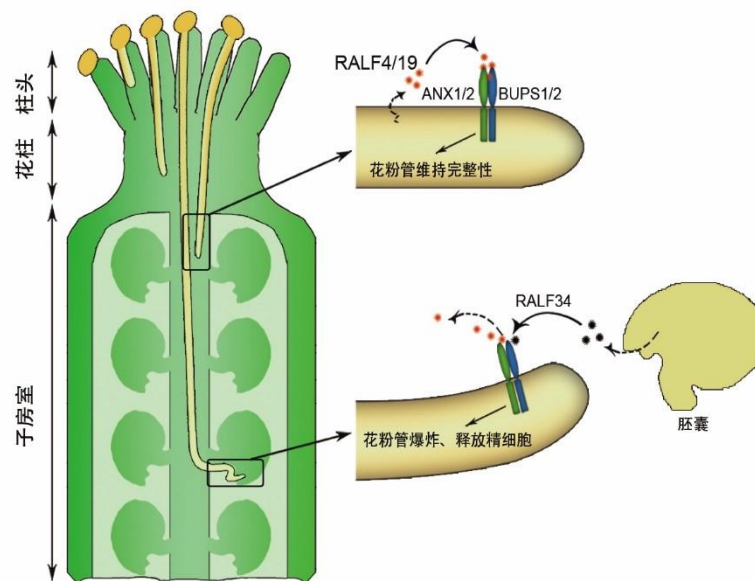
【*Science* 系列】2017 年 12 月 15 日，北京大学生命科学学院、北大-清华生命科学联合中心瞿礼嘉课题组的研究论文“*Arabidopsis pollen tube integrity and sperm release are regulated by RALF-mediated signaling*”在线发表在国际著名期刊 *Science* 上，该论文首次找到了拟南芥有性生殖过程中参与控制花粉管细胞完整性与精细胞释放的信号分子及其受体复合体，并揭示了该过程的分子调控机制。

被子植物的有性生殖过程中有几个重要的事件：1) 花粉粒与柱头相互识别而萌发；2) 花粉管在引导组织中极性生长；3) 花粉管导向胚珠；4) 花粉管停止生长、爆炸并释放精细胞；5) 雌雄配子的融合。在这一系列过程中，花粉管与雌方组织之间存在大量的物质和信号交流。已有的一些植物生物学研究表明，小肽分子可以作为重要的信号参与这些过程，而细胞膜定位的类受体激酶（Receptor-like kinase, RLK）可能作为感知这些信号分子的受体。2009 年，人们发现花粉管质膜上的受体 ANXUR1/2 参与了对花粉管完整性的调控，因为缺失这两个受体之后花粉管一萌发就提前发生爆炸，精细胞无法正常送至胚囊（雌方组织），双受精无法完成。但是，ANX1/2 是如何维持花粉管细胞的完整性的？他们识别的信号分子是什么？花粉管又是如何在适当的地方、适当的时间发生爆炸、释放精细胞的？这一系列重要的科学问题长期没有得到解决。

这个刚刚发表在 *Science* 的工作中，瞿礼嘉课题组发现了另外两个花粉管质膜上的受体（命名为 BUPS1 和 BUPS2），这两个受体基因突变后花粉管也会提前爆炸，出现精细胞无法正常送至胚囊、双受精无法完成的现象。他们的研究发现，BUPS1/2 受体实际上是与之前报道的受体 ANX1/2 形成一个异源受体复合体。随后，瞿礼嘉课题组通过一系列遗传学、生物化学及分子生物学等方法，又从花粉管中鉴定了两个富含半胱氨酸小肽 RALF4 和 RALF19，他们发现，花粉管如果缺少这两个小肽也会提前爆炸。由于受体 BUPS1/2 以及 ANX1/2 均可以特异地结合小肽分子 RALF4/19，因此，他们的研究揭示了花粉管在生长过程中保持自身完整性的信号识别机制，即花粉管自身分泌出小肽信号 RALF4/19、又由花粉管自身膜上的 BUPS-ANX 受体复合体接受这两个小肽信号，维持花粉管在生长过程中的完整性。

那么花粉管又是什么时候、如何爆炸的呢？为了解决这个科学问题，瞿礼嘉课题组与其美国合作者进行了艰苦的寻找和大规模验证工作，最终成功地鉴定到了另外一个小肽信号 **RALF34**，该小肽只在胚囊中表达，如果把这个小肽分子施加到花粉管上，花粉管会在很短时间内迅速发生爆炸。随后瞿礼嘉课题组发现，胚囊分泌的小肽分子 **RALF34** 不仅可以直接与花粉管膜上的受体 **BUPS1/2** 以及 **ANX1/2** 相互作用，而且可以直接竞争性取代花粉管中分泌出来的小肽信号 **RALF4/19**。至此，“花粉管何时以及如何爆炸”这个科学问题就得到了较为完美的解答，即：在花粉管抵达胚囊之前的生长过程中，花粉管膜上的 **BUPS-ANX** 受体复合体接收到花粉管自己分泌的小肽信号 **RALF4/19**，维持花粉管细胞的完整性；当花粉管到达胚囊后，雌方分泌的小肽信号 **RALF34** 竞争性取代掉原先结合在 **BUPS-ANX** 受体复合体上的信号 **RALF4/19**，从而促使花粉管发生破裂、释放出精细胞，为双受精做好准备。这一新的花粉管爆炸分子机制的发现将人们在分子水平对被子植物的有性生殖调控过程的理解又往前推进了一大步。

北京大学生命科学学院瞿礼嘉教授与马萨诸塞大学阿姆斯特分校 **Alice Y. Cheung** 教授为该论文的共同通讯作者，北京大学生命科学学院 2013 级研究生葛增祥和马萨诸塞大学阿姆斯特分校 **Tabata Bergonci** 为共同第一作者；北京大学生命科学院肖俊宇研究员和顾红雅教授、北京大学化学与分子工程学院来鲁华教授、德国雷根斯堡大学 **Thomas Dresselhaus** 教授、美国 **Rutgers** 大学董娟博士等也参与了其中部分工作。该研究工作得到了国家自然科学基金和北大-清华联合生命中心的资助。



图一：拟南芥 **BUPS-ANX** 受体复合体以及 **RALF** 小肽信号调控花粉管细胞完整性与精细胞释放的示意图



图二：BUPS 命名源自《西游记》中的典故。孙悟空大闹天宫失败后，被如来佛祖拿住，压在五行山下。为防孙悟空逃出，佛祖用写有金字咒文的压贴（Buddha's Paper Seal, BUPS）压在五行山顶上，猴王被彻底封住。五百年后，唐僧西行途径猴王被封处，揭下佛祖的金字压贴，五行山炸裂，悟空释出，从此成就一段师徒西行万里取得真经的佳话。（图由王雪霏同学绘制）



## Arabidopsis pollen tube integrity and sperm release are regulated by RALF-mediated signaling

### 植物中调控花粉管细胞完整性与精细胞释放的分子机制

北京大学生命科学学院瞿礼嘉

2017年12月14日

DOI: 10.1126/science.aao3642

In flowering plants, fertilization requires complex cell-to-cell communication events between the pollen tube and the female reproductive tissues, which are controlled by extracellular signaling molecules interacting with receptors at the pollen tube surface. We found that two such receptors in Arabidopsis, BUPS1 and BUPS2, and their peptide ligands, RALF4 and RALF19, are pollen tube-expressed and are required to maintain pollen tube integrity. BUPS1 and BUPS2 interact with receptors ANXUR1 and ANXUR2 via their ectodomains, and both sets of receptors bind RALF4 and RALF19. These receptor-ligand interactions are in competition with the female-derived ligand RALF34, which induces pollen tube bursting at nanomolar concentrations. We propose that RALF34 replaces RALF4 and RALF19 at the interface of pollen tube-female gametophyte contact, thereby deregulating BUPS-ANXUR signaling and in turn leading to pollen tube rupture and sperm release.