

项目名称：植物同种花粉优先的分子机理 项目主要经费来源及数额：国家自然科学基金委国际合作与交流重点项目，共约 256 万元
所属领域（在代码前打“√”） 01 数学、物理、天文、力学；02 化学、化工、纺织；03 材料、冶金；04 计算机、自动化、电子、通讯、仪器科学与技术；05 与人体研究有关的生物学、医学、药学；☒ 06 农学、林学、畜牧兽医学、水产学和与以上研究内容相关的生物学；07 地球、海洋、大气、资源、矿业；08 环境、土木、建筑、水利；09 能源、交通；10 航空航天、机械、电气；11 管理科学；12 国际合作
合作单位（排序）： 德国雷根斯堡大学 美国新泽西州立罗格斯大学 中国科学院植物研究所 中国农业大学
项目简介（严格限 500 字以内）： 1、 立项依据： 160 年前，达尔文在其著名的《物种起源》中亲自用实验证明了植物自身花粉能胜过其他物种“花粉”优先进行受精的现象（后被称为“同种花粉优先”现象）。植物的同种花粉优先可造成不同植物种之间的遗传隔离，对于物种的形成与演化十分重要。尽管人们发现植物的同种花粉

优先的现象已经长达一个多世纪，但是对于其分子机制知之甚少；对于该现象在分子水平上的解析将对农作物杂交育种具有重要意义。

2、 主要创新点：

在植物同种花粉优先的分子机制探究上实现了重大突破，完整地鉴定了参与植物同种花粉优先的信号分子（小肽）和其在细胞膜上的响应元件（受体），揭示了花粉管导向在同种花粉优先过程中的生物学意义。同时，鉴定到了非种属特异性的花粉管吸引物质“绣球”，建立了花粉管导向的调控模型。

3、 标志性成果：

2019年5月31日，成果以研究长文形式在线发表于《科学》。文章被同行给予高度评价，被称为“可以写入教科书”的工作。该成果被评为中国植物生理与植物分子生物学学会“2014-2019年度十佳论文”。北京电视台对该项研究的工作进行了专项报道。同时，著名学术类微信公众号 iNature 用解答“困扰全球近百年的难题”来介绍该篇论文，肯定了该研究在农作物杂交育种工作中的重要性。

主持人及主要完成人简介：

瞿礼嘉，北京大学生命科学学院教授，教育部长江学者特聘教授。1985-1995年于北京大学生物系/生命科学学院分别获得理学学士、硕士和博士学位，1995-1997年英国 John Innes Centre 访问学者，1999-2000 耶鲁大学高级访问学者。2006 年获得国家杰出青年基金，现任北京大学蛋白质与植物基因研究国家重点实验室主任。长期从事高等植物有性生殖过程的分子调控机理的研究工作，在 Science、Nature Plants、PNAS、Current

Biology、Plant Cell 等杂志发表论文近百篇。2007 年获得“中国青年科技奖”，现担任中国植物学会常务理事、国际植物有性生殖研究会 (IASPRR) 亚太地区代表、Plant Physiology、PLoS Genetics、Science China Life Science 和 BMC Plant Biology 等学术杂志的编委。

瞿教授主要从事高等植物有性生殖过程分子调控机制的研究，包括雌、雄配子体形成、雌-雄配子体及配子相互作用、受精以及胚胎发生发育等的分子调控机制。通过遗传学、生物化学和分子生物学、生物信息学等方法鉴定参与高等植物有性生殖过程调控的三大类主要因子，并研究其作用机制：参与生殖过程调控的受体类激酶、多肽信号；参与生殖过程调控的蛋白质降解和/或内膜运输途径中的重要调控因子；参与生殖过程调控的转录因子。

对完成项目有特别贡献的 45 岁以下的其他学术骨干情况介绍

钟声，女，32 岁，理学博士，现为北京大学生命科学学院瞿礼嘉教授实验室助理研究员。钟声博士为该成果的第一作者，目前已发表论文 11 篇，其中第一作者和共同第一作者 6 篇，同时还以第一作者身份参与 Nature Springer 出版的《植物发育的调控》中部分章节；作为主要参与成员参加科技部（973 课题）和国家自然科学基金委重点项目、国际合作与交流项目以及面上项目等多个科研项目。曾获得全国植物生物学大会“青年学者论坛”口头报告一等奖、中国植物生理与植物分子生物学学会“优秀女青年科学家奖”等多个奖项。

项目的特色、创新点及标志性成果

一. 项目特色

第一次揭示了植物同种花粉优先现象的分子机理，阐释了小肽-受体信号通路介导的花粉管导向在同种花粉优先过程中的重要作用，加深了人们对雌-雄相互作用的演化生物学意义的理解。同时，纠正了人们对花粉管导向的传统认识，以前人们认为花粉管吸引物质均具有种属特异性，而本项目中发现了非种属特异的花粉管吸引物质“绣球”，并证实植物的育性是由种属特异性和非种属特异性两类花粉管吸引物质共同调控的。这一发现对于农作物杂交育种工作提供了新的理论依据和重要参考。该研究成果代表了我国在基础科学（植物科学）研究领域的原创性理论突破，对植物生殖生物学和演化生物学的发展产生了深远的影响，此外，该项研究成果也为人们从分子水平研究和理解动物中的“同种精子优先”现象提供了借鉴。

二. 创新点

1. 遗传材料的创制

高等植物中许多基因家族都存在基因拷贝数多及其功能严重冗余的现象，给研究这些基因家族功能增加了非常大的困难。本研究利用CRISPR/Cas9 技术，对所研究的基因家族进行了坚持不懈的高阶突变，获得了同家族 7 个和 11 基因同时敲除的突变体。这些突变体的获得为研究这些基因功能奠定了坚实的遗传材料基础。

2. 构建半体外花粉管-胚珠吸引的技术平台

要验证雌雄配子体相互吸引，需要进行难度大、重复度高的半体外花粉管吸引的显微操作。本研究摸索和总结了一套新实验方法，在提高实验用花粉数量的前提下，确保了实验的效率和重复度，为鉴定同种花粉优先因子的特性以及发现非种属特异性吸引物质“绣球”提供了强大的技术保障和支持。

3. 改造染色方法，创造性地首次采用双染色技术

对 GUS 染色技术和苯胺蓝染色技术进行改造合并，实现了在纯体内条件下对两种基因型或者两个不同物种的花粉混合授粉后各自行为（如花粉管生长或导向等生物学过程）的比较。这一方法的建立对于研究同种花粉优先过程有十分重要的意义。

三. 标志性成果

2019 年 5 月 31 日,本目标志性成果“Cysteine-rich peptides promote interspecific genetic isolation”以研究长文形式在线发表于《科学》杂志 (*Science*, 2019, 364: eaau9564)。论文在投稿过程中,该杂志编辑主动要求将论文形式由 2500 字的报告形式改变为 8000 字的研究长文,足见该论文所揭示的科学问题的重要性。

该论文得到了国际国内同行给予的高度评价,被称为是“可以写入教科书”的工作,2019 年被中国植物生理与植物分子生物学学会评选为自 2014-2019 年以来的十篇“优秀论文奖”之一。该项工作发表后不久,瞿礼嘉教授受邀分别在第 30 届国际拟南芥大会、第 2 届植物受体激酶与细胞信号转导国际研讨会、中国植物生理与植物分子生物学学会第十二

次全国学术年会、第 8 届欧洲植物小肽与受体大会上作大会报告；同时受邀在德国 Regensburg 大学、Hohenheim 大学以及国内的清华大学、复旦大学、武汉大学、华中农大、华南农大、上海师范大学、广州大学等多个大学做学术报告介绍该项重要成果，国内外学术界反响强烈。北京电视台对瞿礼嘉教授及项目主要成员进行了采访，并在“特别关注”栏目对该项研究的内容进行了详细的报道。同时，著名学术类微信公众号 iNature 用解答“困扰全球近百年的难题”来介绍该篇论文，肯定了该研究对于在未来克服植物远缘种间障碍、促进杂交育种工作的重要性。《中国科学》英文版杂志 Science China Life Sciences 也特邀瞿礼嘉教授发表 Insight 论文，详细介绍该项目的研究过程和意义。

证明材料目录：

- (1) Science 代表性论文：Zhong S.*, Liu M.*, Wang Z.*, Huang Q., Hou S., Xu Y.-C., Ge Z., Song Z., Huang J., Qiu X., Shi Y., Xiao J., Liu P., Guo Y.-L., Dong J., Dresselhaus T., Gu H., Qu L.-J. 2019, Cysteine-rich peptides promote interspecific genetic isolation in Arabidopsis. *Science* **364**: eaau9564.
- (2) 中国植物生理与植物分子生物学学会“2014 - 2019年度十佳论文”。
- (3) Science China Life Sciences 受邀发表 Insight: Zhong S., Qu L.-J. 2019, Cysteine-rich peptides: signals for pollen tube guidance, species isolation and beyond. *Science China Life Sciences* **62**:1243-1245.
- (4) 北京电视台特别关注：崔倩，张华强。科学家首次发现植物中一

种信号“绣球”帮助植物完成受精。北京电视台（2019年6月22日）。

- (5) 30届国际拟南芥大会，大会报告“*AtLURE1/PRK6-mediated signaling controls conspecific pollen precedence in Arabidopsis thaliana*”。
- (6) 第2届植物受体激酶与细胞信号转导国际研讨会，大会报告“*Peptide/receptor-mediated signaling controls reproduction in Arabidopsis*”。
- (7) 中国植物生理与植物分子生物学学会第十二次全国学术年会，大会报告“植物雌雄相互作用的分子调控机制”。
- (8) 第8届欧洲植物小肽与受体大会，大会报告“*AtLURE1/PRK6-mediated signaling controls conspecific pollen precedence*”。