

2022 年度高等学校科学研究优秀成果奖 (科学技术) 推荐项目公示内容

一、项目名称：离子通道组装的感应分子复合体调控植物的水分平衡和极性生长

二、申报奖种：自然科学奖

三、提各单位：首都师范大学

四、主要完成单位：首都师范大学

五、项目简介：

该项目以植物细胞离子通道的多样性和生理功能的复杂性为基础，重点研究了植物离子通道感应水分、保持水分、平衡水分以及维持细胞极性生长的分子机制，发现了以离子通道为骨架组装的感应分子复合体和分子开关，及其调控干旱应答反应、平衡蒸腾作用、维持极性生长等生理过程。本项目发现了植物领域第一个感受和传导水分变化或机械刺激的受体类通道（CSCs），解析了保持水分的阴离子通道以及平衡水分蒸腾和 CO₂ 吸收、调控保卫细胞运动的信号途径，另外，组装了调控极性细胞自律生长的编码分子（CNGC14-CaM7）和钙波动编码器（CNGC8/7-CNGC18-CAM2/3）。

- 1、发现、命名了植物细胞感应水分变化或干旱的受体类型的通道 CSCs（论文 1）。该项目从未知功能膜蛋白家族中筛选鉴定出 DUF221 家族的成员（CSC1、ScCSC1、HsCSC1），这是植物领域第一个类似 TRPs（诺奖）的受体类型通道，可以感受和传导机械刺激，也为动物神经生物学家和结构生物学家研究 DUF221 家族的功能指明了方向。在 Nature、Nat. Struct. Mol. Biol. 等期刊上发表的结果证实了我们发现的正确性和首创性，2021 年诺奖得主神经生物学 Ardem Patapoutian 也关注和肯定了我们的工作。
- 2、发现、命名了介导激素 ABA 转运、保持植物水分的全新阴离子通道 DTXs（论文 2）。*dtx50* 突变体积累了过量的内源 ABA，表现出极端耐旱性，确认了 DTX50 外向转运 ABA 的功能。这是植物领域迄今为止唯一被证实的 ABA 外向通道，我们后续研究揭示了 DTXs 家族不仅转运激素类有机酸，也转运无机卤素阴离子，调控细胞的膨压，在植物水分保持和耐旱逆境应对中发挥了重要作用，美国国家科学院院士 Kazuo Shinozaki 教授对本工作进行了正面评述。
- 3、除了水分感应和保持，植物为了正常生长还必须平衡水分的蒸腾和 CO₂ 的吸收的矛盾，这一问题困扰本领域已经 40 多年，筛选出高浓度 CO₂ 不敏感

突变体 *rhc1*，解析了 RHC1 参与感应 CO₂、调控保卫细胞运动、平衡水分蒸腾的信号通路 (RHC1-HT1-OST1-SLAC1) (论文 3)。这一工作揭示了植物保卫细胞平衡水分蒸腾和 CO₂ 吸收这一矛盾的分子调控途径，解决了上述问题，也为应对气候变暖、大气 CO₂ 浓度升高提供了植物基因修饰的靶点。Nature Plant 和 Molecular Plant 对本工作进行了专门评述。

- 4、另外发现了植物首个钙波动信号编码器 (CNGC8/7-CNGC18-CAM2/3) 及编码分子 (CNGC14-CaM7)，调控极性细胞 (花粉管/根毛) 的节律生长 (论文 4-5)。CNGC7/8 与 CNGC18 组成异源亚基静息通道再与 CAM2/3 动态互作，形成钙离子浓度反馈调控的分子开关，类似心脏的“起搏器”，维持花粉管顶端钙离子的波动，从而调控花粉管的节律生长，解决了 30 多年来花粉管顶端钙波动如何维持的分子机制问题。同时我们也发现了根毛中控制钙波动的编码分子，也为探索理解钙指纹控制细胞生长等基础性的问题提供了范例，被多伦多大学 K. Yoshioka 教授等誉为精巧的动态分子开关。

该项目解决了植物学领域长期关注的水分变化、CO₂ 浓度如何感应以及节律生长怎样维持的基本科学问题。一系列研究成果分别发表在 Cell Res., Nat. Commun., Dev. Cell, Mol. Plant, JIPB 刊物上，论文受到国际学术刊物、光明日报等国内专业或媒体机构的正面评价。在此过程中解决了植物细胞钙电流信号极难检测的技术难题，已成为国内外争相合作的中心。

六、主要代表性论文目录 (包括: 论文 (专著) 名称/刊名/作者)

序号	论文或专著名称	刊名	作者	发表时间
1	DUF221 proteins are a family of osmosensitive calcium permeable cation channels conserved across eukaryotes	<i>Cell Research</i>	Congcong Hou, Wang Tian, Thomas Kleist, Kai He, Veder Garcia, Fenglin Bai, Yanli Hao, Sheng Luan, Legong Li	2014-02-07
2	A DTX/MATE-Type Transporter Facilitates Abscisic Acid Efflux and Modulates ABA Sensitivity and Drought Tolerance in <i>Arabidopsis</i>	<i>Molecular Plant</i>	Haiwen Zhang, Huifen Zhu, Yajun Pan, Yuexuan Yu, Sheng Luan, Legong Li	2014-10-01
3	A molecular pathway for CO ₂ response in <i>Arabidopsis</i> guard cells	<i>Nature Communications</i>	Wang Tian, Congcong Hou, Zhijie Ren, Yajun Pan, Jinjin Jia, Haiwen Zhang, Fenglin Bai, Peng Zhang, Huifen Zhu, Yikun He, Shenglian	2015-01-20

			Luo, Legong Li, Sheng Luan	
4	Dynamic Interactions of Plant CNGC Subunits and Calmodulins Drive Oscillatory Ca ²⁺ Channel Activities	<i>Developmental Cell</i>	Yajun Pan, Xuyang Chai, Qifei Gao, Liming Zhou, Sisi Zhang, Legong Li, Sheng Luan	2019-03-11
5	The interaction of CaM7 and CNGC14 regulates root hair growth in <i>Arabidopsis</i>	<i>Journal of Integrative Plant Biology</i>	Qudsia Zeb, Xiaohan Wang, Congcong Hou, Xiwen Zhang, Mengqi Dong, Sisi Zhang, Qian Zhang, Zhijie Ren, Wang Tian, Huifen Zhu, Legong Li, Liangyu Liu	2019-11-22

七、主要完成人情况

姓名	排名	技术职务	工作单位/完成单位	对本项目重要科学发现的贡献（自然奖）
李乐攻	1	教授	首都师范大学/ 首都师范大学	项目5篇代表作的通讯作者（代表作1-5），项目涉及的实验设计、项目实施、数据分析、论文撰写和修改等工作，是5篇论文的通讯作者或共同通讯作者，为本项目重要科学发现的主要的贡献者。
侯聪聪	2	副教授	首都师范大学/ 首都师范大学	项目中1篇论文的第一作者（代表作1），2篇论文的共同第一作者（代表作3，代表作5）参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。
刘良玉	3	副教授	首都师范大学/ 首都师范大学	项目中1篇论文的通讯作者（代表作5），参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。
田望	4	研究员	北京大学/ 首都师范大学	项目中1篇论文的第一作者（代表作3），1篇论文的共同第一作者（代表作1）和1篇论文的参与作者（代表作5）参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。
张海纹	5	副研究员	北京市农林科学院/ 首都师范大学	项目中1篇论文的第一作者（代表作2），1篇论文的参与作者（代表作3）参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。
潘亚军	6	高级工程师	北京华大吉比爱生物技术有限公司/ 首都师范大学	项目中1篇论文的第一作者（代表作4），1篇论文的参与作者（代表作2）参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要

				科学发现的主要贡献者之一。
任志杰	7	其他	北京大学/ 首都师范大学	项目中 1 篇论文的主要参与者（代表作 3），参与实验设计、做实验，参与数据分析等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。
王霄汉	8	其他	中国科学院遗传与发育研究所/ 首都师范大学	项目中 1 篇论文的共同第一作者（代表作 5），参与实验设计、做实验，参与数据分析、论文修改等工作，是本项目重要科学发现的主要贡献者之一。