

一、项目名称

植物雌雄配子体发育的分子调控机制

二、申报奖种

山东省自然科学奖

三、申报单位

山东农业大学

四、推荐单位意见

植物有性生殖是种群繁衍的基础、是作物产量形成的基础。有性生殖涉及多个复杂的过程，其中雌雄配子体的产生是有性生殖顺利进行的前提。

该研究团队紧紧围绕植物雌雄配子体产生的分子调控机制这一主线开展研究工作，取得了一系列重要学术成果。证明了雌雄配子体产生不仅依赖于其自身基因的表达，还受到邻近孢子体细胞通过关键信号分子的控制；阐明了绒毡层程序性死亡与花粉发育的直接关系，并为创制雄性不育的经济作物提供了重要线索；揭示了调控蛋白亚细胞分拣的适配蛋白复合体 1（AP1）在雌雄配子体发生中的关键作用；首次报道了绒毡层细胞内液泡介导的钙信号对于花粉发育的调控作用。研究团队系统地发表了 10 篇高水平的学术论文，先后被许多国际著名刊物引用，充分说明其研究成果在国内乃至国际同行中得到了认可。该成果对于了解植物育性的分子机制和认识作物产量形成机理具有重要理论意义和实践价值，为提升我省在该领域的学术水平和学术影响发挥了重要作用。

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料。确认真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，所有项目完成单位、所有完成人所在单位都已对该项目的拟推荐情况进行了公示，公示期间无异议。同意推荐申报。

五、项目简介

植物有性生殖是种群繁衍的基础、是作物产量形成的基础。有性生殖涉及多个复杂的过程，其中雌雄配子体，即胚囊和花粉，是有性生殖顺利进行的前提。深入解析雌雄配子体发生的分子机理对于理解植物育性形成规律及认识作物产量的调控因素具有重要理论意义和实践价值。本项目从组织、细胞和分子水平，系统地研究了植物雌雄配子体发育的分子基础，取得如下主要成果：

- 1、阐明了活性氧及液泡钙信号介导孢子体绒毡层细胞对雄配子体发育的调控作用，为创制雄性不育的经济作物提供了重要线索。申报人团队揭示了 NADPH 氧化酶通过时空特异性表达，控制绒毡层活性氧水平，影响绒毡层细胞程序性凋亡的启动及进程，进而调控花粉发育的新机制；揭示了棕榈酰转移酶 PAT10 通

过控制钙信号蛋白 CBL 在绒毡层液泡膜上的定位, 调控绒毡层细胞的生长发育, 继而影响花粉发育的分子机制, 为创制雄性不育的经济作物提供了重要线索。

2、揭示了适配蛋白复合体介导的蛋白分拣调控雌雄配子体发育的关键作用, 填补了从转录调控到生殖细胞发育间的知识空白。申报人研究团队证明了在植物反式高尔基网络上调控膜蛋白分拣的是适配蛋白复合体 1(AP-1)。通过遗传学、分子生物学、及细胞学手段, 证明 AP-1 作为植物细胞中关键的调控元件, 参与多种膜蛋白的亚细胞分拣, 并对其在花粉发育、胚囊发育、助细胞程序性死亡, 以及花粉管生长过程中的功能进行了深入的解析。研究工作系统性地发表了多篇论文, 包括综合性期刊 *Proc Nat Acad Sci. U.S.A.* 等。研究结果为深入理解植物细胞内膜蛋白动态分拣的调控机制提供了重要信息。

3、解析了花粉管进行顶端导向生长的多条信号途径, 揭示了配子体型雄性不育的分子机理。申报人团队围绕花粉管生长及其导向性的分子机制这一问题, 结合分子遗传学、细胞生物学等多学科交叉研究, 揭示了顶端生长调节蛋白 ROP 的上游元件, 为深入理解植物细胞形态建成机制提供了新思路; 鉴定出花粉管表面感受雌蕊信号并引发导向生长的糖基磷脂酰肌醇锚定蛋白 COBL10, 不仅首次报道花粉管细胞壁的动态组装参与感受雌性引导信号, 对于由其它环境信号引发的细胞壁动态组装也有借鉴意义; 揭示了磷脂磷酸酶 PTEN 介导的 PI3P 通过影响细胞自噬而调控花粉管生长的分子机理, 丰富了对 PI3P 和细胞自噬的理解, 有助于探索这些细胞活动在其它细胞或发育过程中的作用。

上述成果发表 SCI 论文 10 篇, 总影响因子 68, 发表当年单篇最高影响因子 9.575。据不完全统计, 发表的论文被 SCI 他引超过 220 次, 包括被 *Physiological Reviews* (IF:30.924), *Annual Review Plant Biology* (IF: 22.131), *Trends in Plant Science* (IF: 10.899), *Nature Communications* (IF: 11.329), *Proc Nat Acad Sci USA* (IF: 9.423) 等国际著名的综述及研究期刊多次引用。本成果中孢子体细胞控制配子体发育的分子机制被著名学术评论机构 Faculty 1000 作为新发现推荐。本成果中花粉管生长的调控机制在国内及国际同行中产生了较大的影响, 被 *Molecular Plant* 的花粉生物学专刊引述, 并受邀为 *Molecular Plant* 等刊物撰写综述。

六、客观评价

研究团队在植物雌雄配子体发育的分子机制方面的研究成果, 得到了国内外同行的认可。从以下多个方面体现:

1. **代表性论文被收录、引用和推荐情况:** 相关研究成果在国际主流期刊发表 SCI 论文 10 篇: 包括 *Proc Nat Acad Sci USA* 及 *Plant Cell* 等。发表论文被 SCI

他引超过 220 次，他引论文包括顶尖综述期刊 Annual Review Plant Biology (IF: 22.131)及 Physiol Rev (IF:)等，研究性期刊 Nature Communications (IF: 11.329)及 Proc Nat Acad Sci USA (IF: 9.423)等。其中多篇研究论文被选为中国植物科学年度进展推荐。本成果中雄性孢子体细胞控制配子体发育的分子机制被著名学术评论机构 Faculty 1000 作为新发现推荐。本成果中花粉管生长的调控机制在国内及国际同行中产生了较大的影响，被 Molecular Plant 的花粉生物学专刊引述，并受邀为 Molecular Plant, Science China Life Science 等刊物撰写综述。

2. 国内外重要学术会议报告及学术交流: 本项目第一完成人受邀在国际及国家级学术会议上进行报告十余次，包括 2019 年召开的国际林学与植物细胞生物学研讨会、2016 年召开的全球华人遗传学大会、2015 年召开的国际植物生殖发育研讨会、2012 年召开的国际花粉生物学前沿会议等。近 5 年，第一完成人受邀到全国十余家高校及研究机构进行交流访问。

3. 获得的科技奖励及荣誉: 本项目第一完成人在 2016 年获得国家自然科学基金杰出青年基金；2017 年被授予“中青年科技领军人才”称号；2017 年入选国家百千万人才工程，被授予“国家有突出贡献中青年专家”称号；2017 年入选国家“万人计划”科技创新领军人才；2018 年获得国务院颁发政府特殊津贴；2018 年获得山东省自然科学学术创新奖。本项目第三、四、五位完成人均获得山东省优秀博士学位论文称号。本项目第四完成人获得 2015 年东省研究生优秀科技创新成果奖。

七、代表性论文专著目录

1、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	发表刊物 (出版	发表 (出	作者(按刊物发表顺序)
1	APIG mediates vacuolar acidification during synergid-controlled pollen tube reception	Proc Nat Acad Sci. U.S.A.	2017-06	Wang, Feng, Liu, Feng, Li, Zhang
2	Spatiotemporal production of reactive oxygen species by NADPH oxidase is critical for tapetal programmed cell death and pollen development in Arabidopsis	Plant Cell	2014-05	Xie, Wan, Li, Zhang

3	PROTEIN S-ACYL TRANSFERASE10 is critical for development and salt tolerance in <i>Arabidopsis</i> .	Plant Cell	2013-03	Zhou, Li, Feng, Zhang, Zhao, Yonglun Zeng, Hao Wang, Liwen Jiang, Yan Zhang
4	HAPLESS13-mediated trafficking of STRUBBELIG is critical for ovule development in <i>Arabidopsis</i>	PLoS Genet	2016-06	Wang, Feng, Liu, Ge, Li, Li, Zhang
5	<i>Arabidopsis</i> RhoGDIs are critical for cellular homeostasis of pollen tubes.	Plant Physiol	2016-01	Feng, Kang, Song, Ge, Zhang, Li, Li, Zhang
6	<i>Arabidopsis</i> COBRA-LIKE 10, a GPI-anchored protein, mediates directional growth of pollen tubes.	Plant J	2013-03	Li, Ge, Xu, Zhao, Huang, Zhou, Wang, Kombrink, McCormick, Zhang, Zhang
7	HAPLESS13, the <i>Arabidopsis</i> μ 1 adaptin, is essential for protein sorting at the trans-Golgi network/early endosome.	Plant Physiol	2013-06	Wang, Li, Zhao, Zhou, Huang, Feng, Zhang
8	Overexpression of <i>Arabidopsis thaliana</i> PTEN Caused Accumulation of Autophagic Bodies in Pollen Tubes by	Plant J	2011-10	Zhang, Li, Zhou, Fox, Pao, Sun, Zhou, McCormick

八、主要完成人情况

1、姓名：张彦 排名：1/5 技术职称：教授

工作单位：山东农业大学

完成单位：山东农业大学

对本项目主要学术贡献：主持参加本研究项目的立项申请，组织和部署研究计划的实施。对推荐书《重要科学发现》中所列三项发现做出了创造性贡献，是所有代表性论文的通讯作者或共同通讯作者。

曾获省级以上科技奖励情况：

(1) 山东省自然科学学术创新奖（证书编号：ZRKX2018-3-006；颁发单位：山东省科学技术协会）

(2) 山东高等学校优秀科研成果奖（自然科学类）“活性氧调控花药绒毡层程序性死亡的分子机制”（证书编号：2015BZ20202；颁发单位：山东省教育厅；二等/首位）

1) 山东省优秀博士学位论文 “拟南芥 NADPH 氧化酶介导动态活性氧的水平从而调控绒毡层程序性细胞死亡及花粉发育的研究”（证书编号：B2016030；颁发单位：山东省人民政府/学位委员会）；

2) 山东省研究生优秀科技创新成果奖 “活性氧调控绒毡层细胞凋亡的分子机理”（证书编号：2015YJS006；颁发单位：山东省人民政府学位委员会）。

5、姓名：冯强楠 排名：5/5 技术职称：博士后

工作单位：奥地利根特大学

完成单位：山东农业大学

对本项目主要学术贡献：对本项目《重要科学发现》中所列第 3 项科学发现做出了创造性贡献，是第五篇代表性论文的第一作者。

曾获省级以上科技奖励情况：山东省优秀博士学位论文 “AP3 调控拟南芥 PAT10 液泡运输途径和花粉管生长”（证书编号：B2018053；颁发单位：山东省人民政府/学位委员会）。

九、完成人合作关系说明

完成人系同事或师生关系，以作物生物学国家重点实验室为平台，作为同课题组成员进行共同研究。其中科学发现 1 由张彦、谢洪涛、李厦共同完成；科学发现 2 由张彦、李厦、王家刚共同完成；科学发现 3 由张彦、李厦、冯强楠共同完成。