

推荐国家自然科学基金项目公示

| | |
|--|----------------------|
| 项目名称 | 被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究 |
| 推荐单位 | 教育部 |
| 推荐单位意见： <p>推荐单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效。</p> <p>植物受精及胚胎发生的分子机制是植物生殖生物学领域的核心问题，同时，也是一个极为艰难的研究领域。主要原因是材料非常难得，研究工作主要基于单个或少量细胞的操作。鉴于此，该项目组多年来攻克了一系列关键技术难题，取得了如下原创性成果：1) 创建了独特的单细胞或少量配子细胞分离与研究技术，解决了单个植物性细胞分子生物学与细胞生物学研究的关键技术难题，建立了国际上目前仍是唯一的同一个物种中重要性细胞基因表达谱的完整数据库；2) 揭示了植物雌配子间细胞-细胞相互作用在配子成熟过程中的重要作用；发现了首个植物卵细胞的成熟因子，开辟了植物卵细胞特化分子机制研究的新方向；3) 发现了控制胚柄细胞程序性死亡的开关分子与其作用机理。证实胞外糖蛋白对调控胚胎细胞发育命运具有重要作用。4) 发现植物受精卵基因组激活的时间进程具有独特性，其de novo转录发生在受精卵分裂之前；证实受精卵de novo转录是胚胎发生启动必须的；提出了受精卵发育有合子发育和单细胞原胚发育两个阶段的新观点。</p> <p>这些研究具有鲜明的特色和突出的创新性与系统性。也是我国在该领域研究通过长期坚持、不懈努力，在激烈的国际竞争中走出自己独特道路的代表性工作。该项目有关成果获得 2015 年度教育部自然科学一等奖。对照国家自然科学基金授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家自然科学基金二等奖。</p> | |

项目简介:

该研究内容属于植物生殖生物学研究领域。受精与早期胚胎发生是被子植物赖以传宗接代、作物赖以形成种子和粮食的重要发育过程，但由于受精与早期胚胎发生过程历时很短且深埋在层层母体组织内，相关研究由于技术局限性而异常艰难。该项目致力于攻克受精与早期胚胎发生研究中的技术难关并探讨其分子调控机制，十二年来（2002-2013）取得了一系列技术上的突破，并在此基础上展开了较为系统的研究，从而揭示了调控受精与早期胚胎发生过程中几个关键发育环节的分子机制。其主要创新点包括：

1. 针对植物受精和早期胚胎发生研究的困难，创建了一系列独特的单细胞或少量配子细胞的分离、保藏与研究技术，解决了利用分子生物学与细胞生物学研究单个或少数植物性细胞的核心技术难题。攻克了受精前后生活卵细胞的快速批量分离与离体操作技术瓶颈；首次建立了配子发育、受精与早期胚胎发生过程基因表达谱的完整数据库；创建了更贴近自然状态的植物体外受精系统；实现了受精卵完全在体外条件下经由真正的胚胎发生途径发育为完整可育的植株。从而，推动了该领域研究的快速进展。
2. 揭示了植物雌配子间存在细胞-细胞相互作用，发现这种雌配子间的细胞通讯在配子发育过程中有重要作用。这可能是被子植物进化中形成的能确保双受精成功的一个调控机制。发现了首个植物卵细胞的成熟因子，并通过其功能分析揭示了植物卵细胞的确有一个发育后期的成熟过程。同时，揭示了这一过程不是精卵融合必须的，但却是胚胎发生启动必需的。从而，开辟了植物卵细胞功能特化分子机制研究的新方向。
3. 较全面的证实了胚胎发生过程中，胚柄的解体是一个程序性死亡的过程。发现了控制胚柄细胞程序性死亡的开关分子，并阐明了其发挥功能的分子机理，从而获得了破解胚柄细胞适时死亡这一百年之谜的钥匙。揭示了细胞极性较之细胞不等分裂对胚柄细胞发生与分化有更重要作用，并证实了胞外糖蛋白对胚胎细胞发育命运具有明显的重要作用。
4. 发现植物受精卵基因组激活的时间进程不同于动物的独特性，其受精卵 *de novo* 转录发生在受精卵分裂之前。首次在基因组水平证实了受精卵中有雄配子遗传信息的表达；揭示了受精卵 *de novo* 转录是胚胎发生启动必需的；提出了受精卵发育有合子发育和单细胞原胚发育两个阶段的新观点。

该项目共发表论文63篇，其中SCI论文50篇，所选用的8篇代表性论文平均影响因

子为7.86, 分别发表在Developmental Cell, PLoS Biology, Cell Research等权威学术刊物上, 并分别被Nature、Current opinion in plant biology和Annual Review of Plant Biology等著名刊物文章引用。该领域国际权威德国Gerd Jürgens教授, 著名学者Eduardo Zabaleta教授等人认为该项成果用精巧的实验取得了创新性的成果, 揭示了长期被忽略的重要研究领域。国际植物有性生殖学会前主席, 美国奥克拉荷马大学教授Scott D. Russell评述了该项目在卵细胞、合子、精细胞基因表达谱方面的研究。认为该研究提供了令人惊叹和激动的可能性, 对其进一步的研究有可能改变目前对合子激活, 种子发育控制, 以及植物早期发育的基本认识。

该项目被评为2015年度教育部自然科学一等奖。

客观评价：

（一）该项目建立了首个真正意义的离体胚胎发生系统；首次发现了雌配子间存在胞间通讯；率先证明被子植物合子时期就会发生基因组激活取得了一系列原创性成果。

1. 针对植物受精和早期胚胎发生研究的困难，创建了一系列独特的单细胞的分离技术，首次建立了受精与早期胚胎发生基因表达谱的完整数据库，建立了首个真正意义的离体胚胎发生系统。揭示了合子的细胞壁对胚胎模式建立的重要作用。
2. 首次揭示雌配子间存在胞间通讯及其在配子成熟过程中的重要作用。发现了首个植物卵细胞的成熟因子，并通过其功能分析揭示了雌配子发育后期的成熟过程不是精卵融合必须的，但却是胚胎发生启动必需的。从而，开辟了植物卵细胞特化分子机制研究的新方向。
3. 发现了控制胚柄细胞程序性死亡的开关分子，并阐明了其发挥功能的分子机理。
4. 率先证明被子植物合子时期就会发生基因组激活。其受精卵 *de novo* 转录发生在受精卵分裂之前，修正了过去的错误认识。

（二）该项目成果开辟了细胞壁对细胞命运决定，雌配子胞间通讯，胚柄细胞程序性死亡的调控等新的研究方向，具有重要科学价值。

国际著名胚胎学家 Thomas Laux 认为该项目建立的离体胚胎发生系统对在细胞学水平研究合子发育非常重要。在对胚胎发育过程中细胞命运决定的认识上，德国 Gerd Jürgens 教授认为该项目解释了揭示了一个长期被忽略的研究领域，即细胞壁对细胞命运决定的作用。该项目的一个重要成果是发现了雌配子通过胞间通讯得以协同发育，以确保双受精的成功，以及雌配子的后期成熟对胚胎发生的启动至关重要。Rita Groß-Hardt 教授认为这一发现揭示了胞间通讯的新的领域。著名植物生物学家 Ueli Grossniklaus 教授认为该项目关于受精前后基因表达的工作是最早对植物雌配子体进行基因表达分析的研究之一，该工作使得探讨雄-雌配子体间的相互作用及细胞特化成为可能。自由科学作家 Charles Q. Choi 认为虽然胚柄在正常胚胎发生过程中会降解这一现象发现至今已有百年，但其分子调控机制仍知之甚少。Charles Q. Choi 认为该项目揭示了被子植物胚柄细胞程序性死亡的重要关键分子调控途径。

(三) 该项目成果被列入“2009年中国植物科学若干领域重要研究进展”，“2011年中国植物科学若干领域重要研究进展”和“2012年中国植物科学若干领域重要研究进展”，并获得了2015年教育部自然科学一等奖，产生了广泛的学术影响并得到国内外同行的认可。

该项目攻克了卵细胞批量分离、离体受精及离体胚胎发生系统等一系列技术难关，使得过去难以开展的相关研究得以深入展开。2012年综述杂志 *Current opinion in Plant Biology* 发表评论，肯定了该项目组于建立的离体合子胚胎发生系统。该离体胚胎发生系统也得到研究植物胚胎模式建成的国际权威 Gerd Jürgens 的认可，他在2010年 *Plant Journal* 上撰文肯定了该项目组的原创性成果。

线粒体领域著名学者 Eduardo Zabaleta 教授等人于2014年在 *Mitochondrion* 上引用并评论了该项目代表性论文1的研究结果。他们认为该项目研究者通过精巧的实验，证实是线粒体功能影响了这种交互信号并进而调控雌配子的成熟，以便完成双受精。

著名综述期刊 *Annual Review of Plant Biology* 和 *Current opinion in plant biology* 于2012年分别引证了该项目组关于合子转录组分析的结果。他们把该项目组的代表性论文4和代表性论文5的结果作为支持被子植物合子时期就会发生基因组激活的主要证据，表明该项目组早期的观点开始得到了认可。

荷兰瓦格宁根大学小孢子培养方面的著名专家 Kim Boutilier 教授引用代表性论文7中的发现以引证外部位置信号对细胞命运决定的作用。在她发表于 *Plant Cell* 的文章中强调了该项目研究人员所发现的细胞壁信号对细胞极性建立和细胞命运决定的重要意义。

(四) 该项目成果对植物有性生殖学科发展起到了明显的推动作用。

该项目共发表论文63篇，其中SCI论文50篇，所选用的8篇代表性论文分别发表在 *Developmental Cell*, *PLoS Biology*, *Cell Research* 等权威学术刊物上，并分别被国际著名杂志 *Nature*、*Current opinion in plant biology* 和 *Annual Review of Plant Biology* 等著名刊物文章引用130次。

国际植物离体受精研究的著名学者 Erhard Kranz 教授认为该项目关于卵细胞与合子基因表达的工作极大地增进了研究者对生殖相关基因差异的了解，对寻找种子

发育和生殖过程有重要作用基因起了有力的推动作用。

国际植物有性生殖学会前主席，美国奥克拉荷马大学教授 **Scott D. Russell** 评述了该项目在卵细胞、合子、精细胞基因表达谱方面的研究。认为该研究提供了令人惊叹和激动的可能性，对其进一步的研究有可能改变目前对合子激活，种子发育控制，以及植物早期发育的基本认识。

该项目揭示了控制胚柄细胞程序性死亡启动的分子开关，作为封面文章发表在 **PLOS BIOLOGY** 上，并被法国科学家 **Gwyneth Ingram** 于 2013 年 10 月在 **F1000Prime** 发表评论文章，推荐阅读本篇文章。她认为该项研究综合多种分析手段，尤其是在原位精美的示踪了合子胚胎发生过程中胚柄的细胞程序性死亡，精细地剖析了胚柄细胞程序性死亡的分子机制，对认识植物细胞程序性死亡的分子机制迈进了一大步。

代表性论文专著目录:

| 序号 | 论文专著 名称/刊名 /作者 | 影响 因子 | 年卷页码 (xx年xx 卷 xx页) | 发表时 间年月 日 | 通讯 作者 | 第一 作者 | 国内 作者 | SCI 他 引 次 数 | 他 引 总 次 数 | 知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有 |
|----|---|----------|-----------------------------|-----------------|----------|----------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| 1 | Mitochondrial GCD1 dysfunction reveals reciprocal cell-to-cell signaling during the maturation of Arabidopsis female gametes/ Development Cell/Wu et al., | 10.73 | 2012年23卷1043-1058页 | 2012年11月13日 | 孙蒙祥 | 邬建军, 彭雄波 | 邬建军, 彭雄波, 李文炜, 何瑞, 辛海平, 孙蒙祥 | 4 | 6 | 是 |
| 2 | A bipartite molecular module controls cell death activation in the Basal cell lineage of plant embryos/ PLoS Biology/Zhao, et al., | 10.73 | 2013年11卷e1001655. | 2013年9月13日 | 孙蒙祥 | 赵鹏 | 赵鹏, 周雪妹, 张丽瑶, 王伟, 马利刚, 阳立波, 彭雄波, 孙蒙祥 | 15 | 20 | 是 |
| 3 | A novel in vitro system for gamete fusion in maize/cell research/ Peng, et al., | 12.39 | 2005年15卷734-738页 | 2005年9月13日 | 孙蒙祥 | 彭雄波 | 彭雄波, 孙蒙祥, 杨弘远 | 1 | 2 | 是 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------------------------|-------------|-----|---------|---|----|----|---|
| 4 | Dynamic changes of transcript profiles after fertilization are associated with de novo transcription and maternal elimination in tobacco zygote, and mark the onset of the maternal-to-zygotic transition/Plant Journal/Zhao, et al., | 6.47 | 2011年65卷 131-145页 | 2010年11月29日 | 孙蒙祥 | 赵婧, 辛海平 | 赵婧, 辛海平, 曲良焕, 宁珏, 彭雄波, 严婷婷, 马利刚, 李世升, 孙蒙祥 | 15 | 22 | 是 |
| 5 | Differential gene expression in egg cells and zygotes suggests that the transcriptome is restructured before the first zygotic division in tobacco/ FEBS letters/ Ning, et al., | 3.48 | 2006年580卷 1747-1752页 | 2006年2月21日 | 孙蒙祥 | 宁珏 | 宁珏, 彭雄波, 曲良焕, 辛海平, 严婷婷, 孙蒙祥 | 29 | 37 | 是 |
| 6 | Tobacco zygotic embryogenesis in vitro: the original cell wall of the zygote is essential for maintenance of cell polarity, the apical-basal axis and typical suspensor formation/Plant Journal/ He, et al., | 6.47 | 2007年49卷 515-527页 | 2006年9月29日 | 孙蒙祥 | 何玉池 | 何玉池, 何宇清, 曲良焕, 孙蒙祥, 杨弘远 | 8 | 15 | 是 |
| 7 | The role of arabinogalactan proteins binding to Yariv reagents in the initiation, cell developmental fate, and maintenance of microspore embryogenesis in Brassica napus L. cv. Topas/Journal of experimental | 6.23 | 2006年57卷 2639-2650页 | 2006年7月7日 | 孙蒙祥 | 汤行春 | 汤行春, 何宇清, 王颖, 孙蒙祥 | 28 | 28 | 是 |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|------|--------------------------------|------------------------|-----|----------|-----------------------------|----|----|---|
| 8 | Quantum dot-mediated detection of gamma-aminobutyric acid binding sites on the surface of living pollen protoplasts in tobacco/ Chem Biol/ Yu, et al., | 6.48 | 2006 年 13 卷 723-731 页 | 200 6 年 7 月 13 日 | 孙蒙祥 | 余 光 辉 | 余光辉, 梁建功, 何治柯, 孙蒙祥 | 30 | 33 | 是 |
|---|--|------|--------------------------------|------------------------|-----|----------|-----------------------------|----|----|---|

主要完成人情况:

1. 孙蒙祥, 排名 1, 主任, 教授, 工作单位: 武汉大学, 完成单位: 武汉大学, 是该项目主要负责人, 对重要科学发现第 1、2、3、4 点均有重要贡献, 具体参与并领导了全部科研项目。指导研究方向、确定研究方案、并具体参与实验过程。是代表性论文 1-8 的通讯作者, 占本人工作量 90%。
2. 彭雄波, 排名 2, 副教授, 工作单位: 武汉大学, 完成单位: 武汉大学, 是该项目的组织者和管理者, 对重要科学发现第 1、2、3 点均有重要贡献, 通过构建突变体库并对其进行分析发现了 GCD1, 对其的研究揭示了植物雌配子间细胞-细胞相互作用在配子成熟过程中的重要作用。是代表性论文 1 的共同第一作者, 是代表性论文 3 的第一作者, 是代表性论文 2, 4, 5 的共同作者, 占本人工作量 80%。
3. 张丽瑶, 排名 3, 副教授, 工作单位: 武汉大学, 完成单位: 武汉大学, 是该项目的组织者和管理者, 对重要科学发现第 3、4 点均有重要贡献, 具体协助指导研究生, 运用毛细管电泳技术分析分离超微量蛋白质与氨基酸, 取得了重要技术突破, 是代表性论文 2 的共同作者, 占本人工作量 80%。
4. 赵鹏, 排名 4, 讲师, 工作单位: 武汉大学, 完成单位: 武汉大学, 是该项目的组织者和管理者, 对重要科学发现第 3 点有重要贡献, 具体通过分析顶基、细胞的表达谱, 发现了一些胚柄特异表达的基因。是代表性论文 2 的第一作者, 占本人工作量 80%。
5. 辛海平, 排名 4, 副研究员, 工作单位: 中国科学院武汉植物园, 完成单位: 武汉大学, 是该项目的参与者, 对重要科学发现第 4 点有重要贡献, 具体利用分离的卵细胞、合子、二胞胚胎以及顶细胞和基细胞, 分别构建了 cDNA 文库并测序分析了其转录组差异。是代表性论文 4 的共同第一作者, 是代表性论文 1, 5 的共同作者, 占本人工作量 70%。

完成人合作关系说明：

第二完成人彭雄波 2002-2005 年作为第一完成人孙蒙祥指导的博士生参与项目代表性成果 1 的研究。2006-2013 年彭雄波与孙蒙祥继续合作进行项目代表性成果 2, 3, 4 的研究。合作成果见代表性论文 1, 2, 3, 4, 5。

第三完成人张丽瑶于 2002-2005 年作为第一完成人孙蒙祥指导的博士后参与项目代表性成果 3 的研究。2005-2013 年张丽瑶与孙蒙祥继续合作进行项目代表性成果 3, 4 的研究。合作成果见代表性论文 2。

第四完成人赵鹏 2007-2012 年作为第一完成人孙蒙祥指导的博士生参与项目代表性成果 3 的研究。2012-2013 年赵鹏与孙蒙祥继续合作进行项目代表性成果 3 的研究。合作成果见代表性论文 2。


第五完成人辛海平 2003-2008 年作为第一完成人孙蒙祥指导的博士生参与项目代表性成果 4 的研究。2008-2013 年辛海平与孙蒙祥继续合作进行项目代表性成果 2, 4 的研究。合作成果见代表性论文 1, 4, 5。

第一完成人孙蒙祥与第二完成人彭雄波、第三完成人张丽瑶、第四完成人赵鹏合作于 2015 年获得了教育部自然科学一等奖。

知情同意证明:

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人邬建军是代表性论文 1 的共同第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学奖。

签名 

时间 2016 年 12 月 17 日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人赵婧是代表性论文4的共同第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学基金。

签名 赵婧

时间 2016年12月18日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人宁珏是代表性论文5的第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学基金。

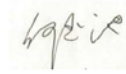
签名 宁珏

时间 2016年12月19日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人何玉池是代表性论文6的第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学基金。

签名



时间 2016年12月18日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人汤行春是代表性论文7的第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学基金。

签名



时间 2016年12月19日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人余光辉是代表性论文 8 的第一作者。我虽然在该论文中有一定贡献，但是我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人，对此我知情并且没有异议。我同意该项目申报国家自然科学基金。

签名 余光辉

时间 2016 年 12 月 16 日

知情同意证明

在孙蒙祥老师作为第一完成人的项目“被子植物受精和早期胚胎发生分子机制的研究”中，本人何治柯**是代表性论文 8 的共同责任作者。我在该论文中有主要贡献，但我对整个项目的贡献相对较小。因此，我不是该项目的主要完成人。对此我知情并没有异议。我同意并支持该项目申报国家自然科学基金。**

签名：何治柯

时间：2016年12月15日