

拟提名 2020 年度云南省科学技术奖励项目公示

一、项目基本情况

项目名称：小桐子分枝与开花调控的生理与分子生物学基础研究

主要完成人（工作单位）：徐增富（中国科学院西双版纳热带植物园）；潘帮珍（中国科学院西双版纳热带植物园）；倪军（中国科学院合肥物质科学研究院）；陈茂盛（中国科学院西双版纳热带植物园）；陶彦彬（中国科学院西双版纳热带植物园）

主要完成单位：中国科学院西双版纳热带植物园

提名单位：中国科学院昆明分院

提名奖种：自然科学奖

二、提名意见

小桐子的种子含油率高，油脂成分适合用于生物柴油和生物航空燃油的生产，具有重要的应用前景。针对小桐子分枝少、花序数量少、雌花比例低等限制种子产量的问题，该项目对小桐子分枝与开花调控的生理与分子生物学基础进行了系统深入的研究。项目重要科学发现包括：（1）建立了高效稳定的小桐子遗传转化体系，克隆分析了小桐子花和种子特异表达的启动子，并鉴定了小桐子中部分控制成花转变的功能基因；（2）发现细胞分裂素对小桐子花性别的调控作用并阐明其作用机理；（3）发现赤霉素对小桐子分枝和成花转变的调控作用并阐明其作用机理。相关研究成果产生重要的 SCI 研究论文 19 篇（影响因子累计 56.653）和国内核心期刊 1 篇，自发表以来在国际著名期刊他引 299 次。8 篇代表性论文均发表在本领域重要国际 SCI 期刊（影响因子累计 25.627），总他引 198 次。项目执行期间培养 7 名博士研究生和 2 名硕士研究生，其中 5 名博士研究生已经晋升为副研究员或副教授。

该项目在小桐子分枝与开花调控的生理与分子生物学基础研究方面取得了重要成果，同意提名云南省科学技术奖（自然科学）二等奖。

三、项目简介

该项目属于农林基础领域。小桐子是大戟科木本油料植物，其种子含油率高，油脂成分适合用于生物柴油和生物航空燃油的生产，是最具潜力的能源植物之一。但近年来世界各地的大面积种植结果表明，小桐子存在分枝少、花序数量少、雌花比例低等问题，导致种子产量普遍较低，经济效益比较差，目前还不适宜大规模推广种植，需要开展有关小桐子生长发育特性，特别是分枝和开花结果特性的生理生化和分子生物学等方面的基础研究，为小桐子的遗传改良及其高产优良品种的培育奠定基础。研究团队依托中国科学院百人计划、云南省高端科技人才引进计划、国家自然科学基金和云南省应用基础研究重点项目等项目的支持，经过多年的努力，在小桐子分枝与开花调控的生理与分子生物学机理的基础研究方面获得了一些原创性研究成果，主要包括：

- 1. 建立高效稳定的小桐子遗传转化体系并应用于成花转变基因的鉴定：**首次建立了高效稳定的农杆菌介导的小桐子基因转化方法，同时针对不同实验条件下的小桐子基因表达分析和功能鉴定的需要筛选出合适的内参基因，克隆并鉴定了小桐子花特异性表达基因*JcMFT1*和*JcAPI*的启动子以及组成型表达基因*JcUEP*的启动子。这些结果为小桐子的基因功能和遗传改良研究提供了技术保障。进一步利用所建立的转基因技术和上述启动子，对小桐子中的开花相关基因*JcFT*、*JcTFL1*、*JcLFY*和*JcAPI*进行了系统深入的研究，阐明了这些基因在小桐子成花转变过程中的作用；研究成果已获得中国和印度的专利授权，有关论文已经被Renewable & Sustainable Energy Reviews, Plant Cell, Biotechnology for Biofuels等国际著名SCI期刊他引124次。
- 2. 发现细胞分裂素对小桐子小花性别的调控作用并阐明其作用机理：**首次发现细胞分裂素可促进小桐子雌花和两性花的发育，从而提高种子产量；发现细胞分裂素在小花发育过程中不同的时间点分别影响雌蕊和雄蕊的发育，小花的雌性化转变发生在雌雄蕊原基发生之前。通过收集国内外的种质资源和人工诱变处理，获得了雄花退化突变体、纯雌花突变体和雄花两性花突变体。结合花性别相关突变体的表型和转录组数据分析，发现*KNAT6*, *MYC2*, *SRS5*, *SVP*, 以及*TS2*等基因的表达调控对小桐子性别分化有直接或间接的影响。这些

发现为培育小桐子高产品种奠定了基础。研究成果已获得中国和印度的专利授权，研究论文已经被Renewable & Sustainable Energy Reviews, Journal of Experimental Botany, Biotechnology for Biofuels等国际著名SCI期刊他引134次。

3. **发现赤霉素对小桐子分枝和成花转变的调控作用并阐明其作用机理：**发现赤霉素在小桐子中具有促进侧芽生长和抑制成花转变的作用，这与赤霉素在拟南芥中的抑制分枝并促进成花转变的作用相反；同时发现赤霉素与细胞分裂素、独脚金内酯和生长素相互作用共同调控小桐子的分枝发育，发现NAC基因家族成员和细胞周期相关基因*CDC6*, *CDC45*和*GRF5*响应赤霉素和细胞分裂素的处理，可能参与小桐子分枝发育的调控。这些研究结果表明多年生木本植物与一年生草本植物在分枝形成和成花转变等生长发育过程的调控方面存在差异，该研究为进一步解析多年生木本植物的分枝发育和成花诱导的分子机理开辟了新的研究方向。有关研究论文已经被PNAS, Trends in Plant Science, New Phytologist等国际著名SCI期刊他引57次。

四、代表性论文专著目录

8篇代表性论文影响因子累积25.627，自发表以来在国际著名SCI期刊中总被引241次，他引161次；在CSCD期刊中总被引40次，他引37次；总他引198次，反应了这些研究在国内外具有广泛的影响。

1. Mingyong Tang, Yan-Bin Tao, Qiantang Fu, Yaling Song, Longjian Niu, Zeng-Fu Xu*. 2016. An ortholog of *LEAFY* in *Jatropha curcas* regulates flowering time and floral organ development. Scientific Reports 6, Article number: 37306.
2. Bang-Zhen Pan, Yan Luo, Liang Song, Mao-Sheng Chen, Jia-Long Li, Zeng-Fu Xu* 2016. Thidiazuron increases fruit number in the biofuel plant *Jatropha curcas* by promoting pistil development. Industrial Crops and Products, 81: 202–210.
3. Jun Ni, Congcong Gao, Mao-Sheng Chen, Bang-Zhen Pan, Kaiqin Ye, Zeng-Fu Xu*. 2015 Gibberellin promotes shoot branching in the perennial woody plant *Jatropha curcas*. Plant and Cell Physiology, 56 (8): 1655-1666.

4. Yan-Bin Tao, Liang-Liang He, Long-Jian Niu and Zeng-Fu Xu* 2015. Isolation and characterization of an *ubiquitin extension protein gene (JcUEP)* promoter from *Jatropha curcas*. *Planta*, 241 (4): 823-836.
5. Bang-Zhen Pan, Mao-Sheng Chen, Jun Ni and Zeng-Fu Xu* .2014. Transcriptome of the inflorescence meristems of the biofuel plant *Jatropha curcas* treated with cytokinin. *BMC Genomics*, 15: 974.
6. Lu Zhang, Liang-Liang He, Qian-Tang Fu, Zeng-Fu Xu* 2013 Selection of reliable reference genes for gene expression studies in the biofuel plant *Jatropha curcas* using real-time quantitative PCR. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(12), 24338-24354.
7. Bang-Zhen Pan, Zeng-Fu Xu* . 2011, Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 30(2):166-174.
8. Jingli Pan, Qiantang Fu, Zeng-Fu Xu* . 2010. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of biofuel plant *Jatropha curcas* using kanamycin selection. *African Journal of Biotechnology*, 9(39): 6477-6481.