

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

自然科学奖公示

1. 项目名称

抗除草剂转基因水稻 Bar68 培育及其生态风险评估

2. 推荐单位意见

该项目针对两系法杂交稻不育性不稳定造成制种风险问题、以及转基因抗除草剂水稻生态风险问题开展研究，具有重要理论意义和实用价值。该项目经过近 20 年的研究，最早发现利用抗除草剂恢复系能够消除由于光温敏核不育系的不育性不稳定而造成的两系法杂交稻种子纯度不达标的制种风险，并提出了抗除草剂基因在作物杂种优势利用中的技术策略，其首创性得到同行认同；该项目率先育成转基因抗除草剂两系早籼稻恢复系 Bar68 和转基因抗除草剂两系杂交早稻组合“香 125S/Bar68”，并揭示了抗除草剂转基因水稻的环境风险和环境效益，率先提出了控制转基因水稻外源基因飘移风险的技术措施和技术指标，对于指导转基因水稻的健康发展具有重要作用；该项目提出了一种转基因作物非期望效应检测的新方法，揭示了抗除草剂转基因水稻 Bar68 对生物多样性的影响规律，为评估商业化种植抗除草剂转基因水稻提供了重要参考数据。

该项目先后发表研究论文 20 篇，其中 SCI 论文 3 篇，论文被国内外的专家学者广泛引用，丰富了抗除草剂转基因水稻生态风险评估学科的内容。第三方专家评价认为，该项目研究技术先进，研究结论可靠，是一项具有突破性的创新成果。

该项目符合《湖南省科学技术奖励办法》规定的申报自然科学奖条件，拟推荐申报湖南省自然科学奖一等奖。

3. 项目简介

项目组经过近 20 年的研究，在农学学科的作物育种学和农业转基因生物安全学两个领域取得了以下 6 点主要的科学发现：

3.1 最早发现利用抗除草剂恢复系能够消除由于光温敏核不育系的不育性不稳定而造成的两系法杂交稻种子纯度不达标的制种风险，并提出了抗除草剂基因在作物杂种优势利用中的技术策略。

世界上第一个两系法杂交稻组合“培两优特青”于 1994 年通过品种审定，1995 年我国宣布两系法杂交水稻培育成功。但是，由于两系法杂交稻使用的光温敏核不育系的不育性受温度等生态条件控制，在制种时遇到较低的温度会使不育系变为可育，不育系可育会导致自交结实而混杂在杂交种中，从而降低了杂交

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

种的纯度，导致所生产的两系杂交种的纯度达不到国家标准。如著名的杂交早稻组合“香 125S/D68”由于不育系香 125S 的不育临界温度为 24℃或以上，理论上夏季在湖南制种时遇到导致可育的低温天气的几率至少为十年一遇；小气候条件和不规则的年度气候变化造成“香 125S/D68”几次制种失败，给两系法杂交稻带来了严重的负面影响。

项目组针对这个难题开展研究，于 1996 年率先发现使用抗除草剂恢复系能够解决这个问题。利用抗除草剂基因培育抗除草剂的水稻恢复系，它和不抗除草剂的水稻不育系制种后产生的杂交种也是抗除草剂的。这样，在秧苗期或大田中喷施除草剂就能把不抗除草剂的不育系杀死，从而保证生产大田中只留下抗除草剂的杂交种，消除了由于光温敏感不育系的不育性不稳定而造成的两系法杂交稻种子纯度不达标的制种风险。

扩展到杂交稻亲本提纯、机械化制种以及其它类似杂交作物方面，抗除草剂基因也可以大有作为。进而系统的提出了抗除草剂基因在作物杂种优势利用中的技术策略：

1) 培育抗除草剂的不育系实现机械化制种。抗除草剂的不育系和不抗除草剂的恢复系混播，授粉之后喷施除草剂时恢复系被杀死、而不育系及其所结杂交种存活，从而实现混播制种、机械化收割。

2) 培育抗除草剂恢复系消除不育系育性波动带来的制种风险。不抗除草剂的不育系和抗除草剂的恢复系制种产生的杂交种抗除草剂，在秧苗期或大田中喷施除草剂就能把不抗除草剂的不育系杀死，从而保证生产大田中只留下抗除草剂的杂交种，消除了由于不育系的不育性不稳定而造成的杂交稻种子纯度不达标的制种风险。

3) 利用抗除草剂特性提纯亲本。不育系或者恢复系具有抗除草剂特性，喷施除草剂可以杀死不抗除草剂的机械混杂种子，保证抗除草剂的亲本的纯度。

3.2 率先育成了转基因抗除草剂的两系早籼稻恢复系 Bar68 和转基因抗除草剂两系杂交早稻组合“香 125S/Bar68”。

世界上第一例抗除草剂转基因水稻于 1991 年培育成功，但它们及它们之后本项目之前培育的转基因水稻均为常规水稻，并不涉及两系杂交水稻亲本和两系杂交稻。本项目通过基因枪转化方法，将抗除草剂的 *Bar* 基因转入早籼稻两系恢复系 D68 中，率先创制出了抗除草剂的早籼稻两系恢复系 Bar68，并培育出抗除草剂杂交早稻“香 125S/Bar68”。2002 年抗除草剂的早籼稻恢复系 Bar68 和所配抗除草剂杂交早稻“香 125S/Bar68”通过湖南省科技厅组织的现场评议。由于恢复系 Bar68 及其所配制的杂交种香 125S/Bar68 具有除草剂抗性，它一方面方便使用它们所抗的灭生性除草剂草铵膦除草，减轻了除草劳动强度、减少了除草剂使

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

用总量、降低了除草剂残留，另一方面消除了两系不育系在制种时遇到异常低气温而带来的杂交种纯度不达标风险，保证了生产用杂种一代的纯度，对控制两系法杂交水稻的制种风险具有特殊作用，同时还利用除草剂抗性简化了杂交种纯度鉴定程序。

3.3 从除草剂用量、除草剂残留、杂草抗性治理、杂草稻的治理等方面入手，揭示了抗除草剂转基因水稻商业化种植带来的环境风险和效益，评价了抗除草剂转基因水稻的环境风险和效益的大小，为商业化种植抗除草剂转基因水稻提供了决策依据。

稻田杂草种类繁多，不同杂草需要用不同的选择性除草剂来防治，所用除草剂种类多、总量大。如果种植抗除草剂转基因水稻，只需要用它所抗的这一种灭生性除草剂（如本研究创制的转基因水稻 Bar68 所用的灭生性除草剂草铵膦）即可防除所有杂草，不仅简化了除草技术，也因草铵膦的高效和低残留减少了除草剂的使用总量和土壤中除草剂残留，具有很好的经济效益和环境效益。

抗除草剂转基因水稻对应的除草剂为草甘膦或/和草铵膦，它们低毒、低残留，相比原来稻田常用的高残留选择性除草剂二氯喹啉酸（防除稗草）、苄嘧磺隆（防除阔叶杂草和莎草）、吡嘧磺隆（防除阔叶杂草和莎草）、氰氟草酯（防除千金子、双穗雀稗）等更环保，减少了除草剂残留带来的环境风险。

全球稻田杂草产生的除草剂抗性至今（本成果截止时间）已发现 142 例，其中抗乙酰乳酸合成酶（ALS）抑制剂的 84 例、抗乙酰辅酶 A 羧化酶（ACCCase）抑制剂的 28 例、抗光合系统 II（PSII）抑制剂的 26 例、抗合成生长素的 17 例、抗脂类合成抑制剂的 5 例、抗长链脂肪酸合成抑制剂的 3 例、抗纤维素酶抑制剂的 1 例、抗类胡萝卜素合成抑制剂的 1 例、抗草甘膦的 1 例，稻田中至今没有发现抗草铵膦的杂草，尽管草甘膦和草铵膦的用量分别列世界第一和第二位。因此，只要杂草抗性治理措施得当，稻田杂草很难产生草铵膦和草甘膦抗性，对应的转基因抗除草剂水稻的使用年限也将大大延长。此外，在同时抗草甘膦和抗草铵膦的转基因水稻田中交替使用草铵膦和草甘膦，或者抗草甘膦和抗草铵膦的转基因水稻轮作，可极大降低长期使用单一除草剂带来的杂草抗性风险。相反，如不采用抗除草剂转基因水稻，杂草很容易对所用的水田选择性除草剂产生抗性。

杂草稻与水稻同种，至今没有一种除草剂能选择性的杀死杂草稻；混杂在水稻中的杂草稻只能依靠人工清除。采用抗除草剂转基因水稻，能实现杂草稻的快速清除，因为杂草稻不抗这些灭生性除草剂。一旦由于基因飘移使杂草稻获得了这种除草剂抗性，那也就是这种除草剂失效，事情又回到了需要手工清除的原点，但农民已经在这期间获得了方便防除杂草稻所带来的经济收益。另外还可以用别的除草剂抗性来治理杂草稻，如抗草铵膦和抗草甘膦的转基因水稻交替使用。

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

因此,种植抗除草剂转基因水稻的效益远大于抗除草剂基因向杂草稻飘移带来的潜在风险。

3.4 基于对水稻生物学特性的分析和田间基因流实验数据,率先提出了控制转基因水稻外源基因飘移风险的技术措施和技术指标。

水稻属于自花授粉作物,种内异交率低。控制水稻种内基因飘移风险的技术指标为:1)正常可育的转基因水稻原种繁殖(含杂交稻亲本)的隔离距离为20 m。2)转基因杂交水稻制种隔离距离100 m,花期隔离时间20 d,二者配合使用时可适当缩短隔离距离和隔离时间。3)转基因水稻三系不育系原种提纯繁殖的隔离距离为700 m、花期隔离25 d。4)转基因水稻两系不育系原种提纯和繁殖的隔离距离为50 m或花期隔离20 d。5)转基因抗除草剂水稻不需要与常规水稻隔离,大面积生产的常规水稻就能达到欧盟最严格的阈值要求。

控制水稻种、属间基因飘移风险的技术措施和技术指标:1)由于江西、湖南、云南、福建4省的普通野生稻只存在于保护区,保护区/点内禁止耕种、周边缓冲区不允许水稻种植,因此,不存在转基因抗除草剂水稻向普通野生稻飘移基因的可能性。2)根据普通野生稻抽穗扬花的规律,为了保证普通野生稻的纯洁性,广西、广东、海南三省未保护的普通野生稻分布点周边至少250 m内应禁止种植转基因抗除草剂晚稻。3)转基因水稻与同属的药用野生稻、疣粒野生稻存在生殖隔离,转基因水稻与稻田生态系统的其他科属植物(有芒稗、无芒稗、西来稗、旱稗、长芒稗、水莎草、异形莎草、牛毛毡、鸭舌草、雨久花等)也存在生殖隔离,不存在转基因抗除草剂水稻的基因飘移风险。

3.5 提出一种转基因作物非期望效应检测的新方法——非目标表型性状比较法,并在转基因抗除草剂水稻 Bar68-1 的非期望效应评价中验证了该方法(注:Bar68-1 为 Bar68 的一个优良选系,下同)。

由遗传修饰引起的非期望效应是转基因作物安全性评价的一项重要内容,当前采用的方法主要是对转基因作物和非转基因亲本中的关键性成分进行定性、定量分析和比较,特别是一些有害成分的变化。相比原有方法,我们最早提出的非目标表型性状比较法,具有以下三大优点:1)方法简单,容易操作;2)结果清晰易读;3)在转基因作物育种过程中进行而无需额外工作。通过该方法的应用可以加大转基因作物非期望效应的检出效率,是原有方法的有益补充。

应用非目标表型性状比较法分析转基因抗除草剂水稻 Bar68-1 非期望效应的研究结果显示,除了剑叶宽、穗长和穗粒数外,转基因水稻 Bar68-1 的株高、主穗秆长、主穗秆粗、剑叶长、剑叶宽、结实率、谷粒长、谷粒宽、谷粒长宽比、糙米长、糙米宽、糙米长宽比、产量、分蘖和再生力动态、地上生物量、穗部重量、株有效穗和千粒重等性状与非转基因亲本对照 D68 相比差异不显著。而按照

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

国家标准衡量，两品种的剑叶宽、穗长和穗粒数属于同一等级，可认为此统计学差异不具有生物学意义。应用非目标表型性状比较法研究的结果表明，转基因水稻 Bar68-1 没有检测出非期望效应。

3.6 发现转基因抗除草剂水稻 Bar68-1 对稻田杂草的群落组成和多样性的影响与其非转基因亲本对照 D68 相似，抗除草剂水稻本身对稻田杂草多样性没有发现具有危害；转基因抗除草剂水稻 Bar68-1 对稻田叶冠层节肢动物的群落组成和多样性无显著影响。

总之，该项目最早发现使用抗除草剂恢复系能够消除由于光温敏核不育系的不育性不稳定而造成的两系法杂交稻种子纯度不达标的制种风险，并提出了抗除草剂基因在作物杂种优势利用中的技术策略；率先育成了转基因抗除草剂两系早籼稻恢复系 Bar68 和转基因抗除草剂两系杂交早稻组合“香 125S/Bar68”；从除草剂用量、除草剂残留、杂草抗性治理、杂草稻治理等方面入手，揭示了抗除草剂转基因水稻商业化种植带来的环境风险和环境效益，率先提出了控制转基因水稻外源基因飘移风险的技术措施和技术指标；发现转基因抗除草剂水稻对稻田杂草的群落组成和多样性的影响与其非转基因亲本对照 D68 相似，转基因抗除草剂水稻 Bar68-1 对稻田叶冠层节肢动物的群落组成和多样性无显著影响。

4. 客观评价

4.1 国内著名专家、机构一致认同本项目最早发现和提出利用抗除草剂基因消除两系法杂交稻制种风险的技术策略。（附件 7.1 和 7.2）

江苏省农业科学院粮食作物研究所证明材料指出：袁隆平先生在 1996 年底的“863”会议上发表了“利用抗除草剂基因导入两系法杂交水稻父本，保证杂交种种子纯度”的讲话。武汉大学朱英国院士证明材料指出：袁隆平先生在 1997 年 4 月的“863”会议上提出了利用除草剂解决两系法杂交稻纯度的设想，后来袁隆平先生的学生肖国樱在《杂交水稻》上发表了这个技术策略。

4.2 湖南省科技厅组织的现场评议意见认为：Bar68 是湖南省第一个转基因水稻，该项目是一项具突破性的创新成果，其水平达国内领先。（附件 7.3）

2002 年湖南省科技厅组织了专家组对转基因抗除草剂两系恢复系“Bar68”和两系杂交早稻组合“香 125S/Bar68”进行了现场评议。评议意见认为：1) 以早籼稻两系恢复系 D68 为材料，采用基因枪法成功转化了抗除草剂 *Bar* 基因，获得了稳定表达的转基因品系 Bar68，采用 Bar68 与香 125S 所配的杂交水稻香 125S/Bar68 也具有抗除草剂的特性，除草剂抗性现场对比效果明显，这是湖南省第一个转基因水稻，标志着湖南省已形成了籼稻转基因技术体系；2) 转基因水稻 Bar68 与亲本 D68 在农艺性状、品质性状上无差别，转基因两系杂交组合香

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

125S/Bar68 与对照组合香 125S/D68 (香两优 68) 在农艺性状和田间表现上无明显差异; 3) 用于种子纯度鉴定的结论和田间调查结论相符, 可以利用抗除草剂特性进行种子纯度鉴定; 4) 转基因材料的田间试验管理符合国家规定的有关程序。

总之, 该项研究技术先进, 现场对比明显, 研究结论可靠, 是一项具突破性的创新成果。其水平达国内领先。

值得特别指出的是, 当时 (2002 年) 国外还没有广泛开展两系法杂交水稻研究, 更没有育成过转基因的两系杂交稻亲本和组合。

4.3 转基因水稻 Bar68 以及转基因杂交早稻香 125S/Bar68 获得了农业部的中间试验许可、环境释放审批书、生产性试验审批书, 并完成了中间试验、环境释放和生产性试验。(附件 7.6、7.7、7.8 和 7.9)

从 2003 年 7 月-2008 年 9 月相继开展了中间试验 (农基安办字 2003-T023: 转 *Bar* 基因水稻 Bar68 及其杂交稻组合在湖南省的中间试验)、环境释放试验 (农基安审字 (2004) 第 052 号: 转 *Bar* 基因抗除草剂水稻恢复系 Bar68 及其杂交稻在湖南省的环境释放) 和生产性试验 (农基安审字 (2005) 第 095 号, 农基安审字 (2006) 第 060 号: 转 *Bar* 基因抗除草剂水稻 125S/Bar68-1 在湖南省的生产性试验)。系列自主研究和第三方检测的主要结论为:

(1) 转 *Bar* 基因抗除草剂水稻 Bar68-1 连续种植到 T_{20} 代 (1999 年-2009 年), 从 T_5 代开始没有观察到被除草剂杀死的情况出现, 表明抗除草剂基因稳定遗传和表达。

(2) 转 *Bar* 基因抗除草剂水稻恢复系 Bar68-1 在生存竞争能力、适应性、主要农艺性状等方面与非转基因水稻 D68 没有明显差别。

(3) 转 *Bar* 基因水稻 Bar68-1 对稻田节肢动物和杂草的生物多样性、主要鳞翅目害虫和主要刺吸性害虫等非目标生物以及主要病害的发生没有显著影响。

(4) 包括转基因水稻在内的栽培稻没有可能演化成为杂草; 转基因水稻也不可能向杂草及除普通野生稻外的稻属野生种转移外源基因, 并形成“超级杂草”。由于湖南省境内普通野生稻只存在于保护区和非稻田生态系统中, 且扬花期集中在 9 月中旬-10 月上旬, 因此转基因早稻 (扬花期在 6 月) 在湖南稻田生态系统中没有可能向野生稻转移外源基因。

(5) 杂草稻在杂交稻种植区极少发生或不发生, 转基因水稻向它转移外源基因的可能性很低; 利用转基因水稻抗灭生性除草剂的特点, 可以利用灭生性除草剂有效防除杂草稻, 阻断转基因水稻外源基因向杂草稻转移的途径。

(6) 第三方评价认为: 转 *Bar* 基因水稻的外源基因产物 PAT 蛋白与已知致敏原氨基酸序列没有同源性, 也没有潜在的糖基化位点, 不存在潜在过敏性。PAT

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

蛋白在模拟的胃液和肠液中快速降解，产生与其它蛋白质一样的氨基酸。

(7) 第三方评价认为：转 *Bar* 基因水稻 Bar68-1 的稻米无毒、无致敏性，营养成分与非转基因水稻无显著差异，具有实质等同性。

(8) 转基因抗除草剂水稻能方便直播和除草，秧田喷施除草剂能鉴定杂种纯度和提高大田杂种纯度，对于降低除草人力成本、减轻除草劳动强度、方便种子纯度鉴定、降低种子制种风险具有重要利用价值。

4.4 同行专家认为：将 *Bar* 基因转入水稻育成抗除草剂水稻是转基因水稻研究上取得的重大进展，转 *Bar* 基因抗除草剂水稻为解决两系杂交水稻制种中的不育性育性波动问题提供了有效解决方案。

华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室的 Ying Cui(通讯作者林拥军)、南开大学生命科学学院的 Haiwei Chen(通讯作者陈德富、陈喜文)、江苏省农业科学院的汤日圣研究员、中南大学研究生院/杂交水稻国家重点实验室的杨益善博士、上海交通大学生命科学与技术学院的 DONGER LIU (通讯作者杨立桃 / 张大兵)、南京农业大学的宋尚新(通讯作者周光宏)及 Shangxin Song(通讯作者肖红梅)、南京晓庄学院的张頔(通讯作者张边江)、海南大学农学院的何美丹(通讯作者袁潜华)、湖北省农业科学院经济作物研究所的宋志红(通讯作者李国荣)、南京农业大学杂草研究室的孙光辉(通讯作者宋小玲)等认为我们将 *Bar* 基因转入水稻育成抗除草剂水稻是转基因水稻研究上取得的重大进展，育成的早籼稻两系恢复系 Bar68-1 具有抗除草剂特性并可稳定遗传，利用抗除草剂亲本 Bar68-1 与香 125S 配组育成了转基因抗除草剂两系杂交稻香 125S/Bar68-1，田间试验结果表明该组合各项经济性状稳定，生长整齐，抗倒伏能力比对照强，秧田喷施除草剂能明显提高大田的杂种纯度，显著提高产量。德国巴伐利亚卫生和食品安全局(Bavarian Health and Food Safety Authority)的 Patrick Guertler 认为转基因抗除草剂水稻有助于提高稻谷产量。浙江大学农学院的 Nguyen Ba Thang(通讯作者石春海)认为我们的转 *Bar* 基因抗除草剂水稻为解决两系杂交水稻制种中的不育性育性波动问题提供了有效解决方案。华中农业大学植物科学技术学院的肖本泽博士对此表示赞同，同时指出我们的转基因抗除草剂水稻是解决免耕直播、免耕抛栽杂草问题的理想途径。

4.5 同行专家认为：水稻花粉漂移距离、漂移频率等数据可信，转基因水稻非预期效应评价结论可靠，转基因水稻对农田杂草群体结构和节肢动物群落多样性的影响研究、对稻纵卷叶螟田间自然种群影响、对黑肩绿盲蝽的影响研究均值得充分认同和肯定。

中国水稻研究所的陆永良(通讯作者余柳青)、江苏省农业科学院的汤日圣研究员、南京农业大学植物保护学院的牟文雅(通讯作者陈法军)对我们重要科

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

学发现提到的水稻花粉漂移距离、漂移频率等数据表示认可，并认为该数据对分析基因漂移引起的生态风险有重要价值。

法国农业科学院 (INRA) 的 Henri Darmency、韩国庆北国立大学 (Kyungpook National University) 的 S. K. Dhungana (通讯作者 D.-H. Shin)、哈尔滨医科大学公共卫生学院的王森 (通讯作者杜晓燕) 对我们的转基因水稻非预期效应评价结论表示认同。

中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室的李云河 (通讯作者吴孔明院士)、中国热带农业科学院热带生物技术研究所的左娇 (通讯作者郭安平)、上海市农业科学院生态环境保护研究所的季香云 (通讯作者姚英娟)、广东海洋大学农学院的李伟 (通讯作者郭建夫) 等对我们完成的转基因耐除草剂作物对农田杂草群体结构和节肢动物群落多样性的影响研究给予了充分肯定。湖南师范大学生命科学学院的段妍慧 (通讯作者颜亨梅)、广东海洋大学农学院的李伟 (通讯作者郭建夫) 等同时对抗除草剂转基因水稻对稻纵卷叶螟田间自然种群影响等研究表示认同。浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所的何晶晶 (通讯作者郑许松、吕仲贤) 对我们的转基因水稻对黑肩绿盲蝽的影响结果表示认同。

4.6 论文被国内外 SCI 期刊和中文核心期刊广泛引用。据不完全统计，代表性论文累计他引次数 100 次以上。

他引 SCI 刊物主要有: Scientific Reports, Journal of Agricultural and Food Chemistry, PloS ONE, Pest Management Science, Plant Biotechnology Journal, Euphytica, Biological Control, Ecotoxicology, Food and Chemical Toxicology, Journal of Agronomy and Crop Science, Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Journal of Consumer Protection and Food Safety), Biologia, Journal of Animal and Plant Sciences 等。他引的国内刊物主要有:《中国农业科学》、《杂交水稻》、《中国水稻科学》、《植物学报》、《遗传》、《植物遗传资源学报》、《农业现代化研究》、《湖南农业科学》、《生态学杂志》、《应用昆虫学报》、《热带作物学报》、《植物保护》、《中国热带农业》、《南方农业学报》、《广西植物》、《热带亚热带植物学报》、《杂草学报》、《食品科学》、《种子》、《农业经济》、《湖北农业科学》、《江苏农业科学》、《华中农业大学学报(社会科学版)》、《环境昆虫学报》、《中国农业科技导报》、《生物安全学报》、《山西农业科学》等。

来自国外的他引第一作者 (通讯作者) 主要有 Patrick Guertler、Henri Darmency、S. K. Dhungana (D.-H. Shin) 等; 来自国内单位的他引第一作者 (通讯作者) 主要有 Ying Cui (Yongjun Lin)、DONGER LIU (LITAO YANG /

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

DABING ZHANG)、Nguyen Ba Thang (Chunhai Shi) 、Luhua Zhang / Haiwei Chen (Defu Chen / Xiwen Chen)、Shangxin Song (Hongmei Xiao)、X. Mo (M. L. Xu/H. M. Yan)、Xiaowei TIAN(Huaqi WANG)、Fang WANG (Gongyin YE)、Yunhe LI (Yufa PENG)、李云河 (吴孔明)、陆永良 (余柳青)、杨益善、朱飞舟 (陈立云)、段妍慧 (颜亨梅)、牟文雅 (陈法军)、孙光辉 (宋小玲)、何晶晶 (郑许松、吕仲贤)、左娇 (郭安平)、何美丹 (袁潜华)、李伟 (郭建夫)、肖本泽、宋志红 (李国荣)、宋尚新 (周光宏)、朱英 (刘作易)、黎垣庆、段发平、汤日圣、陈旭升、宋家永 (尹钧)、季香云 (姚英娟)、汪赛男 (刘旭霞)、张頔 (张边江)、付争艳 (唐华仓)、梁力文 (邢永忠)、张颖聪 (谭耀文)、刘建、王森 (杜晓燕) 等。

他引论文涉及的作者第一单位主要有法国农业科学院 (INRA)、韩国庆北国立大学 (Kyungpook National University)、德国巴伐利亚卫生和食品安全局 (Bavarian Health and Food Safety Authority)、华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室、中国农业科学院植物保护研究所、中南大学研究生院/杂交水稻国家重点实验室、中国水稻研究所、浙江大学农学院、南京农业大学植物保护学院、南开大学生命科学学院、湖南农业大学水稻科学研究所、上海交通大学生命科学与技术学院、南京农业大学杂草研究室、中国科学院华南植物研究所、中国热带农业科学院热带生物技术研究所、南京农业大学动物科技学院、湖南师范大学生命科学学院动物生态研究室、广东海洋大学农学院、浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所、河南农业大学国家小麦工程技术研究中心、华中农业大学植物科学技术学院、海南大学农学院、江苏省农业科学院经济作物研究所、湖北省农业科学院经济作物研究所、贵州省生物技术研究所、哈尔滨医科大学公共卫生学院、南京农业大学教育部肉品加工与质量控制重点实验室、广州市果树科学研究所、河南农业大学经济与管理学院、江苏省农业科学院农业生物学重点实验室、华中农业大学文法学院、江西省农业科学院农业应用微生物研究所、南京晓庄学院、上海市农业科学院生态环境保护研究所等。他引博士、硕士学位论文涉及单位有中国农业科学院、中国农业大学、南京农业大学、浙江大学、西北农林科技大学、华中农业大学、华南农业大学、湖南师范大学、湖南农业大学、华中师范大学、四川农业大学、广西大学、海南大学、南昌大学、西南政法大学、中国海洋大学、中国计量学院、沈阳农业大学、福建农林大学、江西农业大学、扬州大学、湖北大学、河南农业大学、河北农业大学、吉林农业大学、延边大学、南京信息工程大学、上海师范大学、杭州师范大学、河北科技大学、浙江工商大学等。

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

5. 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 (x x 年 xx 卷 xx 页)	发 表 时 间 年 月 日	通 讯 作 者	第 一 作 者	国 内 作 者	SC I 他 引 次 数	他 引 总 次 数	知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有
1	作物对除草剂的抗性及其在杂种优势 利用中应用策略的探讨/杂交水稻/肖 国樱		1997, 12(5) :1-3	1997. 9. 30		肖国 樱			21	是
2	Strategy and utilization of a herbicide resistance gene in two-line hybrid rice /Molecular Breeding/Guoying Xiao, Longping Yuan, Samuel S. M. Sun*	2. 357	2007, 20 (3): 287- 292		Samue l S. M. Sun	Guoyi ng Xiao	Guoying Xiao, Longpin g Yuan, Samuel S. M. Sun	3	13	是
3	Recent Advances in Development of Herbicide Resistant Transgenic Hybrid Rice in China/ Rice Science/XIAO Guo-ying		2009, 16(3) :235- 239			Xiao Guo- ying		5	12	是
4	转 <i>Bar</i> 基因抗除草剂两系杂交早稻恢复系 Bar68-1 的培 育研究/杂交水稻/肖国樱, 唐俐, 袁定阳, 邓晓湘, 袁 隆平, 辛世文		2007, 22(6) :57- 61	2007. 11. 15		肖国 樱		3	36	是
5	我国转基因抗除草剂水稻的生态风险与控制/农业生物技 术学报/肖国樱, 陈芬, 孟秋成, 周浩, 李锦江, 于江 辉, 邓力华, 翁绿水		2015, 23(1) :1-11	2014. 11. 03	肖国 樱	肖国 樱			4	是
6	抗除草剂转基因水稻花粉漂移距离及生态风险分析/杂交		2009,	2009.		肖国			13	是

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

	水稻/肖国樱		24(4) : 78- 80	7.15		樱				
7	Detection of unintended effects in genetically modified herbicide-tolerant (GMHT) rice in comparison with non-target phenotypic characteristics / African Journal of Agricultural Research /Xianbin Jiang, Guoying Xiao*	0.263	2010, 5(10) : 1082- 1088	2010. 5.18	Guoyi ng Xiao	Xianb in Jiang	Guoyi ng Xiao, Xianb in Jiang	2	3	是
8	Effects of genetically modified herbicide-tolerant (GMHT) rice on biodiversity of weed in paddy fields / African Journal of Biotechnology / Xianbin Jiang, Xingrong Wu, Guoying Xiao*	0.573	2010, 9 (21): 3122- 3130	2010. 5.24	Guoyi ng Xiao	Xianb in Jiang	Guoyi ng Xiao, Xianb in Jiang	0	0	是
合 计								13	10 2	

6. 主要完成人情况:

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	贡献
肖国樱	1		研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南杂交水稻研究中心	对重要科学发现点 1、2、3、4、5、6 有重要贡献。为代表性论文 1、2、3、4、5、6 的第一作者和代表性论文 7、8 的通讯作者, 本项目占本人工作量的 80%。
蒋显斌	2		研究员	广西壮族自治区农业科学院水稻研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	对重要科学发现点 5、6 有重要贡献, 为代表性论文 7、8 的第一作者, 本项目占本人工作量的 80%。

申报 2017 年度湖南省自然科学奖公示

袁定阳	3	杂交水稻国家重点实验室副主任	研究员	湖南杂交水稻研究中心	湖南杂交水稻研究中心	对重要科学发现点 2 有重要贡献,为代表性论文 4 的合作作者,本项目占本人工作量的 50%。
李锦江	4		助理研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	对重要科学发现点 3 有重要贡献,为代表性论文 5 的合作作者,本项目占本人工作量的 40%。
邓力华	5		助理研究员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	对重要科学发现点 3 有重要贡献,为代表性论文 5 的合作作者,本项目占本人工作量的 40%。
孟秋成	6		研究实习员	中国科学院亚热带农业生态研究所	中国科学院亚热带农业生态研究所	对重要科学发现点 3 有重要贡献,为代表性论文 5 的合作作者,本项目占本人工作量的 40%。

7. 完成人合作关系说明

完成人合作关系说明有以下几点:

1) 本项目完成单位为中国科学院亚热带农业生态研究所和湖南杂交水稻研究中心。

2) 第一完成人肖国樱于 1990-2002 年在湖南杂交水稻研究中心任助理研究员、副研究员、分子育种研究室副主任、分子育种研究室主任,2002 年 9 月至今在中国科学院亚热带农业生态研究所任研究员、硕士生导师、博士生导师等。

3) 第一完成人及其所属研究团队在湖南杂交水稻研究中心完成本项目的重要科学发现点 1 和 2,第一完成人及其所属团队在中国科学院亚热带农业生态研究所完成本项目的重要科学发现点 3、4、5 和 6。