

中国强优势杂交水稻创制与应用

邓华凤^{1,2}, 何强^{1,2}

1. 湖南杂交水稻研究中心杂交水稻国家重点实验室, 长沙 410125
2. 南方粮油作物协同创新中心, 长沙 410128

摘要 在国家高技术研究计划(863计划)支持下,中国强优势杂交水稻研究取得一系列重要成果,连续创造了世界大面积水稻单产纪录,继续保持在水稻杂种优势利用领域的国际领先地位。本文对“十一五”末以来中国强优势杂交水稻创制与应用进行了总结,包括强优势杂交种育种理论和技术、重要功能基因挖掘与开发、强优势亲本和杂交种创制、强优势杂交种产业化技术、强优势杂交种的研究示范与推广应用等方面,展望了未来5年强优势杂交水稻研究的重点。

关键词 水稻;强优势杂交种;创制

中国是世界上第一个大面积成功应用水稻杂种优势的国家。1973年成功实现三系法杂交水稻配套,1995年两系法杂交水稻研究成功。杂交水稻的推广使中国水稻总产由1973年以前的1.2亿t先后迈上1982年的1.6亿、1987年的1.7亿、1995年的1.8亿、1996年的1.9亿和1997年的2.0亿t 5个台阶,历时仅16年;但自1997—2008年的12年时间里,中国水稻总产连年下降,直至2003年降到1982年的水平,之后略有回升但持续在1.8亿t左右^[1]。

造成这一现象的根源虽与当时中国耕地面积持续减少、种植结构变化密切,但以品种间杂种优势利用为主的杂交水稻对水稻单产提高的推动也明显后继乏力。究其原因,品种间遗传基础相近、多样性狭窄,导致水稻杂种优势很难突破,使得中国杂交水稻增产效果再没有实质性提高。这种现状,并不是说明水稻杂种优势利用的重要性在减弱,而是杂种优势利用的难度不断加大;杂交水稻不能局限于品种间的杂种优势利用,需探求杂种优势利用的更高水平。

2008年以前较长时期内,中国推广的多数水稻品种由于产量增幅不显著,品质、抗性较差;水稻生产成本又大幅增加,市场竞争力弱,种粮比较效益低下,造成“种粮不赚钱”的现象普遍存在,使得农民增收困难,种粮积极性低,严重制约了中国粮食的增产和有效供给;加之,全球气候灾害频繁、人口持续增长、进口农产品的不断冲击,使得中国粮食稳定持续供给将长期面临着巨大的压力和挑战,如不及时采取积极的应对措施,将导致国家粮食安全危机。

中国政府高度重视粮食生产,2004—2009年连续发布了

《中共中央国务院关于促进农民增收若干政策的意见》《中共中央国务院关于进一步加强农村工作提高农业综合生产能力若干政策的意见》《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》《中共中央国务院关于积极发展现代农业扎实推进社会主义新农村建设的若干意见》《中共中央国务院关于切实加强农业基础建设进一步促进农业发展农民增收的若干意见》《中共中央国务院关于促进农业稳定发展农民持续增收的若干意见》6个文件,其核心皆为“重粮兴农”。在这一国家重大需求前提下,国家科技计划从“十一五”末开始将包含水稻在内的主要农作物强优势杂交种的研究列为重点支持项目。本文对中国强优势水稻杂交种的研究进展进行了简要的总结。

1 中国强优势杂交水稻研究历程

从“十一五”末开始,中国对强优势杂交水稻进行全国范围内有组织的研究开发。“十一五”期间是中国强优势水稻杂交种打基础的阶段,在此期间组织实施了国家高技术研究发展计划(863计划)在现代农业技术领域的“强优势水稻杂交种的创制与应用”重点项目;“十二五”期间是中国强优势杂交水稻快速发展阶段,组织实施了“863计划”在现代农业技术领域的“强优势水稻杂交种创制与应用”重大项目^[2-3]。

1.1 主要农作物强优势杂交种科技专项的立项启动

确保粮食和农产品的有效供给是促进国民经济持续发展和社会稳定的重要物质基础,粮食安全更是关乎全局的重大战略问题。“十一五”末,中国粮食处于紧平衡状态;国际上

收稿日期:2016-09-13;修回日期:2017-05-09

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2011AA10A101,2009AA101101)

作者简介:邓华凤,研究员,研究方向为水稻杂种优势利用,电子邮箱:denghuafeng@sohu.com

引用格式:邓华凤,何强.中国强优势杂交水稻创制与应用[J].科技导报,2017,35(10):32-37;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2017.10.004

粮食危机也日益加剧,粮食安全必须靠自己解决;主要农产品的生产由于传统作业方式和资源的刚性约束导致继续稳定增产的难度加大;加之,市场经济全球化大背景下,中国种业受到国际种业的严重冲击。面对当时现状,2007年“世界杂交水稻之父”、中国工程院院士袁隆平、傅廷栋等11位水稻、棉花、油菜、玉米、小麦、大豆等主要农作物领域专家学者联名致信中国政府,建议国家启动一个20年的主要农作物强优势杂交种产业化科技专项,以确保2030年中国16亿人口的食物安全。国家科学技术部会同有关部门组织论证,专家建议对这一专项给予优先、长期、重点资助。至此,包括水稻在内的主要农作物强优势杂交种科技专项于2009年正式批准立项。

1.2 “十一五”强优势杂交水稻研究重点项目

“十一五”末,提出了强优势杂交水稻概念:通过利用禾本科远缘种质(亚种间、种间、属间)的遗传高度差异性,突破水稻传统杂种优势利用遗传基础狭窄瓶颈,最大限度挖掘水稻基因间互作潜能(加性、加加性、显性、超显性和上位性),创造大幅度增产、米质优良和抗性优异的新型水稻杂交种。中国各稻作区强优势杂交水稻各时期目标、评价指标见表1^[4]。目前,品种间杂种优势利用是杂交水稻的主要技术手段,鉴于其狭窄的遗传基础,增产潜力的提升范围已相当有限,因此,强优势杂交水稻是水稻杂种优势利用的更高阶段。

项目针对水稻杂种优势利用过程中亲本遗传基础窄、杂种优势潜力小等关键技术问题,重点攻克水稻种间、亚种间

表1 强优势杂交水稻各项主要指标

Table 1 Main indexes of strong heterosis hybrid rice

区域	生育期/d	区试比 CK增产	百亩方产量/(kg·亩 ⁻¹)			品质	抗性
			第1期	第2期	第3期		
			2009—2010年	2011—2015年	2016—2030年		
长江流域早熟早稻	≤105		≥570	≥600	≥620	北方粳稻达	
长江流域中迟熟早稻	≤115		≥600	≥620	≥650	到部颁2级	
长江流域中熟晚稻;华南感光型晚稻	≤125		≥660	≥680	≥700	米以上(含)	
华南早晚兼用稻;长江流域迟熟晚稻;东北早熟粳稻	≤132	5%~10%	≥680	≥720	≥750	标准,南方晚	抗当地
长江流域一季稻;东北中熟粳稻	≤158		≥830	≥920	≥1000	粳达到部颁3	1~2种主
长江上游迟熟一季稻;东北迟熟粳稻	≤170		≥850	≥920	≥1000	级以上(含)标准,南方早粳和一季稻达到部颁4级米以上(含)标准	要病虫
							害(主抗
							稻瘟病)

或远缘种间的杂种优势挖掘的技术瓶颈,建立基于现代生物技术的水稻强优势杂种利用技术体系,大幅度提高育种效率,培育有重大持续应用价值的突破性品种,培养一批水稻杂种优势利用领域的学科带头人,积极推进强优势杂交稻创新和谐团队建设;项目实施将增强中国杂交水稻育种的自主创新能力,持续保持中国在杂交水稻领域的领先优势,为保障中国粮食安全做出重要贡献。

通过“十一五”国家专项经费的投入,项目整合了湖南杂交水稻研究中心、武汉大学、福建省农业科学院、中国水稻研究所、天津市水稻技术工程中心、广东省农业科学院、四川省农业科学院、安徽省农业科学院、南京农业大学9家长期从事水稻杂种优势利用研究的优势单位进行联合攻关,汇集了一大批水稻杂种优势利用研究的人才队伍,经过2年攻关,取得一批阶段性重要成果:杂种优势利用取得重大进展,拓宽了杂种优势利用范围;建立了聚合多个有利基因的优异基因轮回选择库,创制了一批优异种质,培育了8个强优势杂交水稻

亲本,创制了9个在区域试验中比对照增产10%以上的强优势杂种新组合;推广强优势杂种500万亩(1亩=667 m²),增产稻谷2.5亿kg,取得了显著的社会经济生态效益。

1.3 “十二五”强优势杂交水稻研究重大项目

项目在“十一五”形成团队和取得阶段性成果的基础上,重点攻克水稻亚种间甚至远缘种间杂种优势利用的瓶颈,突破水稻规模化高效安全制种核心技术,形成强优势杂交水稻育种技术体系及规模化安全高效制种体系,实现水稻杂种优势利用领域关键核心技术的重大突破,创制一批强优势杂交水稻突破性产品,为培育具有国际竞争力的新兴种业集团提供技术支撑,建设具有国际领先水平的水稻杂种优势研究团队,全面提升中国水稻杂种优势利用的自主创新能力和粮食综合生产能力。

通过“十二五”国家科研专项经费的投入,整合了湖南杂交水稻研究中心、武汉大学、福建省农业科学院水稻研究所、中国水稻研究所、天津天隆种业科技有限公司、四川省农业

科学院水稻高粱研究所、南京农业大学等 18 家长期从事水稻杂种优势利用研究的优势单位进行联合攻关,通过 5 年的努力,培育了 81 个强优势亲本;创制了 28 个在区试比对照增产 10% 以上强优势杂交水稻新组合,并在全国推广 2883 万亩,增产稻谷约 14 亿 kg;获得包括中国“国家科技进步”特等奖、“国家技术发明”二等奖在内的国家、省部级成果奖励 12 项;通过袁隆平、朱英国、谢华安等老一辈科学家传帮带,一批青年骨干迅速成为中国水稻杂种优势利用的研究主力。

2 中国强优势杂交水稻研究的进展

经过 7 年的科技攻关,在强优势等重要性状功能基因挖掘、强优势亲本和强优势杂交种创制,以及亚种间杂种优势机理、强优势杂交种种子生产技术等方面取得了显著的成绩,部分领域取得重大成果;创造性提出了强优势杂交稻株型育种理论,育成了一批强优势杂交种,实现了中国超级稻研究第 3、第 4 期育种目标,百亩示范创造了全国不同生态区水稻大面积单产的纪录;攻克了籼粳杂种存在的 4 大难题,成功培育籼粳杂交强优势杂交种^[5-6]。

2.1 强优势杂交水稻育种理论和技术创新

1) 长江流域强优势中籼杂交育种理论和技术。围绕探索水稻产量潜力不断突破核心主题,袁隆平创新性提出了“高生物学产量、高收获指数”半高秆强优势杂交水稻选育理论,结合“三系两系并举,形态改良与亚种间杂种优势利用相结合”超高产杂交水稻育种技术,创立了长江流域强优势中籼杂交育种技术;该技术创制了一批产量潜力持续突破的强优势杂交水稻,如“十一五”创制的强优势杂交种百亩示范亩产量为 853.9 kg,“十二五”初创制的杂交种百亩示范亩产量为 926.6 kg,“十二五”末创制杂交种达到 1.026 t,相继实现中国超级稻研究第 3、第 4 期亩产 900、1000 kg 的育种目标,连续创造了世界大面积水稻单产纪录;有效推动中国杂交水稻育种由传统的经验育种向高效育种转变,大幅度提升长江流域杂交中籼水稻育种效率和技术水平,在同类研究中居国际领先水平。该技术成果是 2013 年国家科技进步特等奖“两系法杂交水稻技术研究与应用”主要创新内容之一。

2) 红莲型强优势杂交水稻育种理论和技术。突破了制约红莲型杂种优势利用的遗传障碍和技术瓶颈,发现了红莲型细胞质雄性不育水稻不育性受线粒体基因 *Orf79* 控制及其育性双基因恢复模式,进而克隆了恢复基因 *Rf5* 和 *Rf6*,阐明了水稻配子体细胞质雄性不育和育性恢复的分子机理;创立了红莲型强优势水稻杂交种育种技术,并定向培育出红莲型强优势杂交种;该技术拓宽了杂种优势利用范围,保持了水稻杂种优势利用的生物多样性,原创性成果居国际领先水平;部分成果获 2013 年湖北省科技进步特等奖。

3) 水稻籼粳杂种优势利用相关基因挖掘与新品种创制技术。通过发掘出水稻广亲和、早熟和显性矮秆基因,开发相应分子标记和育种技术,创制的水稻籼粳亚种间杂交种具

有强大的杂种优势,比一般籼型亚种内杂种增产 15% ~ 30%。该技术突破限制亚种间杂种优势利用的技术瓶颈,创造性攻克了籼粳杂交种存在育性差、结实率低、植株偏高、易倒伏等 4 大难题;在同类研究中居国际领先水平。成果荣获 2014 年国家技术发明奖二等奖。

2.2 基因挖掘、开发与强优势亲本创制

1) 水稻基因精细定位、克隆,特别是重要性状功能基因精细定位和克隆,具有重要的基础理论意义和应用价值。“十一五”末以来,项目精细定位了水稻柱头外露率的 *QTL*、雄性不育基因 *vr1*、显性小粒基因 *Mi3*、新粒型相关 *QTL*、千粒重 *QTL*、提高穗粒数的 *QTL*、小穗簇生基因 *C1*、抗稻瘟病基因 *Pi-y43(t)* 和 *Pi-25*、提高耐热性的 *QTL*、株型新基因 *mtnl*、显性窄叶突变体 *Dnal1*、淡黄叶突变体基因 *pyl(t)*、条纹窄叶突变体 *ns11*、茎秆脆性及叶尖枯死突变体 *fld1*、叶片早衰突变体 *esl4* 和 *esl5* 等重要性状基因或 *QTLs* 28 个;克隆了水稻抗条纹叶枯病基因 *STV11*、抗褐飞虱基因 *Bph3*、响应光周期且提高产量的新基因 *DTH7*、产量基因 *GY6*、耐低温发芽 *qLTC-9* 等 5 个基因,为下一步深入研究和应用奠定了坚实基础。

2) “十一五”末以来,项目开发了杂种优势相关基因 *Hw3* 和 *Hw4*、温敏核不育系基因 *tms9*、BT 型细胞质雄性不育恢复基因 *Rf-1a*、红莲型强优势恢复基因 *Rf5* 和 *Rf6*、抗褐飞虱主基因 *Bph3*、稻瘟病抗性基因 *Pi-25* 和 *Pita*、抗条纹叶枯病 *QTL* (*Qst-11*)、水稻粒长位点 *qGL7*、米粒型主效 *QTL*、淀粉合成途径中 5 个关键酶基因,以及籼粳交 *S5*、*S7*、*S8* 和 *S9* 不育位点等与产量、米质、抗性、杂种优势相关重要性状基因或 *QTLs* 的 43 个实用分子标记,为强优势杂交水稻分子设计育种提供了技术支撑。

3) 强优势亲本创制。“十一五”末以来,根据全国各稻作区育种目标和已经鉴定出的各种重要育种性状的基因/主效 *QTL*、相关功能基因或候选基因序列的信息,制定已有优良基因轮回选择库中品种改良的亲本选配和后代选择策略,将常规育种与分子标记选择相结合,创制了一批强优势亲本。例如,创制高配合力、高柱头外露、育性稳定光温敏核不育系培矮-2S、509S、Bph68S、N118S、N8158S、RGD7S、L62S、L39S、L6S、DS、雨03S、雨06S、509S、2311S、广莱 S、皖矮 918S、标泰 S 等 17 个;创制高配合力、高柱头外露、抗性好、强优势三系不育系有福香 1A、炳 1A、隆 1A、832A、湘福 A、安丰 A、吉丰 A、早丰 A、长泰 A、润 A、福稻 A、恒达 A、珞红 4A、西大 2A、西大 3A、旌香 1A、旌 2A、旌 3A、旌 5A、泸 6A、绿 1A、旌 6A、长梗 1A、L6A、隆 17A、18A、福香 A 等 26 个;利用远缘杂交、外缘 DNA 导入、亚种间杂交,丰富了水稻遗传多样性,通过生态育种和分子标记辅助选择聚合多个有利基因建立优异基因轮回选择库,从轮回选择库中选出了高配合力、强优势恢复系 R1128、R8117、远恢 2 号、中恢 161、湘恢 116、P143、R456、R9624、C439、C787、C82、C1496、C62、C781、R19、R15、R144、R35、R438、R263、R1415、西恢 18、西恢 19、西恢 20、西恢 21、

德恢 923、泸恢 9 号、西恢 952、宁恢 9 号、宁恢 821、福恢 616、福恢 676、福恢 667、福恢 696、福恢 919、广恢 368、广恢 558、广恢 618、广恢 562、航恢 1173、C84、天美恢 8 号等 44 个。这 87 个强优势亲本的创制有力地支撑了中国强优势杂交水稻的研究。

2.3 强优势杂交水稻突破性品种创制

“十一五”末以来,利用常规育种与分子育种相结合的技术体系,聚合优质、高产、多抗等优异基因,实现产量、米质和抗性全面改进和提高,培育集优质、高产、抗病和广适性于一体的强优势杂交水稻新组合(图1)。根据全国各稻作区育种目标和生态条件,通过强优势亲本大群体测配和规模化测试,创制了Y两优3218、双两优1号、申优繁15、皖稻153、五优308、宜优673、天优华占、隆优1715、株两优173、Y两优2号、交源优69、泸香658、云光109、川谷优918、两优616、金汇优50、新稻40号、18优75、天优华占、中谷优8号、春优84、辽16优06、辽73优62、隆优467、广优673、Y两优676、荣优225、安丰优5618、吉丰优3550、聚两优747、聚两优750、吉丰优208、吉丰优3301、金稻优618、Y两优1173、川谷优425、德优4727等37个在区试比对照增产10%以上或在百亩示范中创造所属稻作区水稻单产纪录的强优势标准水稻杂交种。



图1 中国两系法强优势杂交水稻

Fig. 1 Strong heterosis hybrid rice of two-line method in China

2.4 强优势杂交水稻产业化技术研究

“十一五”以前,中国强优势杂交水稻的发展瓶颈主要是安全高效的制种技术,已有的粳稻不育系柱头外露和异交率均不到30%,其制种亩产量100 kg左右,严重限制了强优势杂交水稻的产业化。不突破这一技术瓶颈,中国强优势杂交水稻的发展势必严重受阻。通过种质资源创新,获得了粳稻柱头外露突破性种质;建立了创制高异交率粳稻不育系的核心技术,创制了一批柱头外露率高达90%、异交率高达70%粳稻三系不育系;建立强优势粳稻杂交种规模化高效安全制

种技术。利用该技术,粳稻不育系繁殖亩产量达到330 kg,制种示范产量达到373 kg。这一成果居国际领先地位,对于提高中国强优势杂交水稻制种产量、降低制种成本提供了突破性的技术支撑,对推动中国未来强优势杂交水稻的跨越式发展意义重大。

3 中国强优势杂交水稻示范与推广应用

3.1 强优势杂交种阶段目标的完成历程

中国强优势杂交水稻示范已经历了2个阶段。

1) 强优势杂交水稻起步阶段(2009—2010年):该阶段全国各稻区强优势杂交水稻百亩示范要实现第1期目标(表1)。主要在西南、华南、长江中下游等稻区的湖南、湖北、贵州、安徽、广东、福建6省建立Y两优3218、珞优8号、五优308、宜优673等强优势杂交水稻以及强优势苗头新组合徽两优6号的百亩示范片累计30个,其中华南稻区早晚兼用型强优势杂交种、长江中下游一季强优势杂交中稻、长江上游迟熟一季强优势杂交种均实现了第1期目标,具体示范效果见表2。

2) 强优势杂交水稻发展阶段(2011—2015年):该阶段全国各稻区强优势杂交水稻百亩示范要实现第2期目标(表3)。主要在西南、华南、长江中下游、北方、黄淮海等稻区的湖南、海南、云南、四川、重庆、河北、安徽、河南、江西、湖北、广东、广西、山东、浙江、陕西、江苏、福建、内蒙古、上海、辽宁等20个省市区的106个生态点进行了Y两优2号、天优华占、春优84、广两优676、泸香658、云光109、川谷优918、川谷优425、德优4727等强优势杂交种的百亩示范,各稻区第2期强优势杂交种完成情况见表3,其中,长江上游、中游稻区强优势杂交种示范产量还达到了表1中拟定的第3期目标(2016—2020年)。

3.2 全国强优势杂交水稻推广应用情况

1) 第1期中国强优势杂交水稻推广情况。2009—2010年期间,创制的强优势杂交水稻Y两优3218、双两优1号、申优繁15、皖稻153、五优308、宜优673、天优华占等新组合在湖南、湖北、安徽、广东、福建、四川等粮食主产区示范推广种植500余万亩,比当地主栽品种亩增产50 kg以上,累计新增稻谷2.5亿kg,按2010年稻谷最低收购价1.94元/kg计算,直接新增经济效益4.85亿元。

2) 第2期中国强优势杂交水稻推广情况。2011—2015年期间,创制的强优势杂交水稻Y两优2号、吉丰优3550、金稻优368、安丰优5618、天优华占、春优84、泸香658、云光109、川谷优918、德优4727等新组合在湖南、湖北、安徽、广东、广西、福建、浙江、四川、河南、云南等主要粮食主产区示范推广种植余2880多万亩,普遍比当地主栽品种亩增产50 kg以上,累计新增稻谷超过14亿kg,按2015年稻谷最低收购价2.76元/kg保护价计算,直接新增经济效益38.64亿元。

表2 中国强优势杂交水稻百亩示范第1期目标任务完成情况

Table 2 The completion of the first phase goal of 100-mu demonstration strong heterosis hybrid rice in China

稻区	稻作类型	强优势杂交种	产量/(kg·亩 ⁻¹)	
			第1期目标	验收产量
华南稻区	早晚兼用型	五优308	≥680	722.6
长江上游稻区	迟熟一季	德香1403	≥850	862.6
长江中游稻区	一季中粳	Y两优3218	≥830	853.9
长江下游稻区	一季中粳	徽两优6号	≥830	838.4

表3 中国强优势杂交水稻百亩示范第2期目标任务完成情况

Table 3 The completion of the second phase goal of 100-mu demonstration strong heterosis hybrid rice in China

稻区	稻作类型	强优势杂交种	年份	产量/(kg·亩 ⁻¹)	
				第2期目标	验收产量
华南稻区	早晚兼用型	广两优676	2013	≥720	802.8
云贵高原稻区	迟熟一季中粳	超优千号	2015	≥920	1067.5
长江上游稻区	迟熟一季中粳	德优4727	2015	≥920	1047.2
长江中游稻区	一季中粳	Y两优2号	2011	≥920	926.7
		Y两优900	2014		1026.7
长江下游稻区	迟熟粳稻	交源优69	2011	≥720	836.4
黄淮海粳稻区	迟熟粳稻	18优75	2013	≥720	853.2

4 “十三五”中国强优势杂交水稻研究展望

在前2个五年计划的基础上,“十三五”中国强优势杂交水稻研究,实施“藏粮于技”战略,创制一批强优势杂交种突破性产品,大幅度提升中国杂交水稻优势水平,不断向水稻更高产量冲刺,从根本上应对中国未来16亿人口、耕地减少以及生态环境恶化等压力。

4.1 “十三五”中国强优势杂交水稻研究的背景与目标

中国耕地面积刚性递减,逼近18亿亩红线,靠传统种植规模保粮食产量持续增长的低效能做法已不能适应现代农业转型发展的需要。近年来,尽管中国农业科技创新对粮食增产贡献率逐年提高,已达到56%,但与发达国家相比还有很大差距。在这种情况下,丝毫不能松懈粮食科技创新,必须进一步依靠科技进步提高粮食单产,将新时期国家粮食安全战略落到实处。

“十三五”中国强优势杂交水稻研究将迎来全面进入精准高效育种的重要战略机遇期。针对目前中国水稻杂种优势利用过程中,杂种优势群不明、遗传基础狭窄等关键问题,要重点研究水稻杂种优势利用新技术、新方法,突破禾本科种间、亚种间、地理远缘种间杂种优势利用的技术瓶颈,以扩大杂交水稻遗传基础,丰富其遗传多样性,实现杂交水稻更高产量潜力的新突破,跳出中国水稻总产和单产徘徊不前的窘境。

在“十一五”、“十二五”强优势杂交水稻研究所取得成绩的基础上,“十三五”中国强优势杂交水稻研究,围绕关心中

国经济发展和社会稳定的全局性重大战略需求,继续联合全国各稻区水稻杂种优势,利用优势单位进行大协作攻关,针对各水稻主产区水稻育种中存在的重大科学问题,创建不同稻作生态区水稻杂种优势类群,建立基于现代分子生物学的杂种优势,利用预测和亲本快速选育技术体系,克服传统育种的盲目性,显著提高强优势杂交种新品种的选育效率,创制一批突破性强优势杂交种,以支撑中国各大稻区水稻生产能力和国家粮食综合生产能力,保障国家粮食安全和粮食有效供给。

4.2 “十三五”中国强优势杂交水稻研究的重点任务

“十三五”中国强优势杂交水稻的重点研究任务,主要从如下方面开展研究。1) 水稻杂种优势核心种群构建与资源创新。挖掘水稻高产、高光效、耐热、耐寒、抗病虫、重金属低富集、养分高效等重要性状功能基因,创建优异基因轮回选择库,创新水稻杂种优势利用核心种质,创建全国不同稻作区水稻杂种优势类群及其利用模式。2) 强优势杂交水稻高效育种技术研究。利用分子标记辅助育种、细胞工程、高通量SNP标记等技术建立不同稻作区强优势杂交水稻亲本快速选育技术;研究不同稻作区水稻杂种优势预测与利用技术,建立和完善相应的强优势杂交水稻高效育种技术体系。3) 水稻杂种优势利用新技术、新方法研究。研究稻属远缘种、亚种、近缘种、生态群间优异基因利用和杂种优势利用新技术、新方法,并建立关键育种技术体系,拓展强优势杂交水稻遗传基础;研究红莲型不育、光敏核不育、新型可控雄性核

不育利用技术,建立安全型水稻杂种优势利用新技术;研究适应现代农业转变的轻简栽培、集约化、机械化生产的强优势杂交种新株型育种技术。4) 强优势水稻骨干亲本创制。利用不同杂种优势类群,创制各稻区强优势突破性新材料,培育高配合力、高异交率的新型雄性不育系及强恢复系。5) 强优势杂交水稻新组合创制。根据全国各稻作区育种目标和生态条件,确定强优势杂交水稻的选育指标,利用强优势亲本大群体测配,通过生态育种、穿梭育种和规模化测试,选育聚合高产、优质、抗病虫、抗逆等优良性状基因的、适于现代耕作制度的不同生态类型水稻强优势杂交种新组合,并适宜生态区进行大面积示范与推广。6) 培育以中青年为主的中国水稻杂种优势利用的研究领军人才和世界一流团队。

5 结论

中国强优势杂交水稻经历了7年的研究历程,在亚种间杂种优势机理、重要性状基因挖掘和核心种质资源的创新、强优势亲本和强优势杂交种创制及关键配套技术等方面取得了一系列重要成果,并向生产力快速转化产生了显著的社会经济效益,显著提升了中国各稻作区的水稻生产能力,继续保持了我国水稻杂种优势利用领域的国际领先地位。高处不胜寒,随着农作物杂种优势利用成为国际农业高技术竞争的焦点和我国种业市场的全面开放,我国杂交水稻育种将面临越来越大的国际竞争压力;我们必须尽最大努力探索水稻杂种优势利用新理论、新技术,解决杂交水稻基础理论中关键科学问题,继续保持我国水稻杂种优势利用领域的原创力。

参考文献 (References)

- [1] 中国种植业信息网—农作物数据库[EB/OL]. [2016-04-20]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>.
The planting industry information network of China—Crop database[EB/OL]. [2016-04-20]. <http://zzys.agri.gov.cn/nongqing.aspx>.
- [2] 科学技术部. 关于“十一五”863计划现代农业技术领域主要农作物强优势杂交种的创制与应用重点项目立项通知[Z]. 2010-03-23.
The document of China Ministry of Science and Technology. The Eleventh Five-Year Plan 863 Project key projects initialization notice about the creation and application of major crops strong heterosis hybrid in modern agriculture technology field[Z]. 2010-03-23.
- [3] 科学技术部. 关于863计划现代农业技术领域主要农作物强优势杂交种的创制与应用重大项目的立项通知[Z]. 2012-01-17.
The document of China Ministry of Science and Technology. The key projects initialization notice of 863 Project about the creation and application of major crops strong heterosis hybrid in modern agriculture technology field[Z]. 2012-01-17.
- [4] 邓华凤, 朱英国, 肖承和, 等. 强优势杂交水稻的研究进展[J]. 杂交水稻, 2010, 5(4): 1-4.
Deng Huafeng, Zhu Yingguo, Xiao Chenghe, et al. Prospects on hybrid rice with strong heterosis. Hybrid Rice, 2010, 5(4): 1-4.
- [5] 邓华凤, 何强. 强优势水稻杂交种的创制与应用——最终报告(“十一五”科技报告)[R]. 北京: 中国科学技术部, 2013.
Deng Huafeng, He Qiang. The creation and application of strong heterosis hybrid rice—Final report (The Eleventh Five-year Plan technology report) [R]. Beijing: China Ministry of Science and Technology, 2013.
- [6] 邓华凤, 何强, 张武汉. 强优势水稻杂交种的创制与应用——最终报告(“十二五”科技报告)[R]. 北京: 中国科技技术部, 2016.
Deng Huafeng, He Qiang, Zhang Wuhan. The creation and application of strong heterosis hybrid rice—Final report (The Twelfth Five-year Plan technology report) [R]. Beijing: Ministry of Science and Technology, 2016.

Research and prospects of hybrid rice with strong heterosis in China

DENG Huafeng^{1,2}, HE Qiang^{1,2}

1. State Key Laboratory of Hybrid Rice, Hunan Hybrid Rice Research Center, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China
2. Collaborative Innovation Center of Grain and Oil Crops in South China, Changsha 410128, China

Abstract In China, with the support of the national high technology research program, a series of important achievements have been made on hybrid rice with strong heterosis, the world record of rice yield in large area is created continuously, and the utilization of rice heterosis is in the international forefront. This paper summarizes the breeding and the application of hybrid rice with strong heterosis since the end of the 11th Five-Year Plan in China, including the theory and the technology of strong heterosis hybrid rice breeding, the discovery and the utilization of important functional genes, the breeding of parents and hybrid rice with strong heterosis, the commercial technology, the research and demonstration, and the application of hybrid rice with strong heterosis, and the research emphasis in next five years.

Keywords rice; hybrid rice with strong heterosis; breeding

(编辑 王志敏)