

有中国特色的水稻设计育种体系建设探究

方玉^{1,2} 张琴^{1,2} 李潜龙¹ 杨慧珍² 张从合^{1,2}

(¹ 上海中科荃银分子育种技术有限公司, 上海 200030; ² 安徽荃银高科种业股份有限公司 /

农业农村部杂交稻新品种创制重点实验室, 合肥 230088)

摘要: 有中国特色的水稻设计育种体系是我国设计育种研究工作中最具有研究基础, 也是最可实现自主知识产权的一个领域。重点介绍了国家水稻商业化分子育种技术创新联盟建设这一体系的相关工作和规划。尽管还面临着诸多问题和挑战, 但只要政产学研深入融合, 就能保障该体系的全面建成和推广, 服务民族种业的跨越式发展。

关键词: 中国特色; 水稻; 设计育种; 体系

“手中有粮、心中不慌在任何时候都是真理”。我国是人口大国, 人均农业资源匮乏是我国最基本的国情。要保障国家粮食安全, 实现乡村振兴, 种业创新是源头, 需要发展更加高效和精准的设计育种^[1-2]。然而我国发展设计育种不能只走“跟跑”的路径, 需要形成具有自主知识产权的体系。水稻作为我国最重要的粮食作物, 相关研究取得了世界领先的成果, 特别是近年来我国科学家在水稻基因组学方面取得的成就, 使得水稻育种能够率先开展有中国特色的设计育种体系建设^[3-4]。

1 设计育种体系

早在人类还处于简单的种植和采收活动阶段, 就已经有育种工作的萌芽。选育更适应农业生产需要的新品种, 是促进农业发展的原动力之一, 也是人类文明进步的重要标志。尽管杂交、诱变、分子标记辅助选择、单(多)倍体等手段一次又一次地加速了育种工作的效率^[5], 但是随着极端气候频发、耕作制度和消费方式的不断变化等因素的日益

复杂, 当然还有人类从未彻底征服的饥荒, 农业生产对新品种的性状要求和选育这些品种的效率也提出了更高的要求, 要解决这些问题只能依靠设计育种。

设计育种, 顾名思义就是强调了育种工作的可设计性、精确性和高效性。很长时间以来, 育种家在育种过程中, 也进行了精心地设计。如: 利用有互补优势的材料对目标性状的定向改良, 甚至在水稻中能将高配合力的两系恢复系改造成三系不育系等^[6-7]。然而在传统育种过程中, 要高效地选育综合性状优异的品种, 需要育种家有极为丰富的田间经验积累, 且田间杂交和筛选工作量巨大, 成功的概率极低。这也导致, 我国育种家队伍规模世界第一, 但种业发展仍落后于跨国公司^[8]。万建民院士曾于2006年提出了作物分子设计育种的概念: 是在庞大的生物信息和育种家的需求之间搭起一座桥梁, 在育种家的田间试验之前, 对育种程序中的各种因素进行模拟筛选和优化, 提出最佳的亲本选配和后代选择策略^[9]。然而, 双亲基因组互作产生的杂种优

基金项目: 上海市科技兴农项目(沪农科创字(2019)第1-3号)

参考文献

- [1] 农业农村部种业管理司. 中国种业大数据平台. [2020-07-10]. <http://202.127.42.47:6009/Home/BigDataIndex>
- [2] 陈孟强, 徐振江, 刘洪, 饶得花. 我国蔬菜新品种保护的问题与建议. 中国种业, 2018(7): 10-12
- [3] 吕方军. 农业植物新品种权保护问题研究. 泰安: 山东农业大学, 2014
- [4] 刘会宇, 朱瑞欣, 牛磊, 韩静然. 内蒙古农业植物新品种保护的现状与对策. 中国种业, 2017(4): 5-8

[5] 段瑞春. 关于香港回归后知识产权协调问题. 科技与法律, 1998(1): 41-45

[6] 刘洋, 熊国富, 闫殿海. 浅论植物新品种保护的制度效应对我省现代农业发展的作用. 青海农林科技, 2012(3): 43-46

[7] 刘洪, 徐振江, 任永浩, 李春兰, 李之林. 广东省植物新品种保护发展策略. 广东农业科学, 2006(10): 3-5

[8] 杜菁. 广东省农业知识产权保护问题研究. 社科纵横: 新理论版, 2013(4): 159-161

(收稿日期: 2020-07-10)

势遗传机理一直以来不完全清楚^[10],以及田间经验丰富的传统育种家对设计育种接受需要过程等因素制约了设计育种的发展。随着全基因组关联研究(GWAS, Genome-wide association studies)、基因编辑等技术的进一步发展,特别是韩斌院士等于2016年综合利用基因组学、数量遗传学及计算生物学领域的最新技术手段阐明了水稻杂种优势的遗传机制后^[11],以基因组指导下的设计育种得到了育种家们更广泛的认可,也使得设计育种,特别是水稻的设计育种从理论研究真正地走向了生产实际。李家洋院士等于2018年提出分子设计育种是在解析作物重要农艺性状形成的分子机理的基础上^[1],通过品种设计对多基因复杂性状进行定向改良,以达到综合性状优异的目标。所以,设计育种不仅是一种新的育种方法,而是在基础理论突破后,整合育种创新链上各要素而形成的高效精准育种体系,并能通过该体系选育出符合产业化目标需求的新品种。当然,这仍需要进一步加强基础研究与应用研究的结合,更需要以市场需求为导向的科企多单位的紧密协同。

2 为什么要建设有中国特色水稻设计育种体系

种业是国家战略性、基础性核心产业。然而由于我国种业市场开放得晚,导致我国种业整体实力与国家发展的要求仍有差距^[12]。为此,我国出台了一系列促进民族种业发展的政策,特别是《国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见》(国发〔2011〕8号)颁布以来,种业发展获得了较好的政策环境。然而,种业是现代农业的“芯片”,种业的竞争核心是科技的竞争^[13],更是科技如何引领支撑产业发展的竞争。尽管我国农业农村科技创新取得了令人瞩目的历史性成就,但在当前世界种业热门的转基因技术(含基因编辑技术)等方面核心底盘技术都非我国原创,且科技与经济“两张皮”的现象仍较为严重。因此,要实现我国种业的跨越式发展,必须要基于有自主知识产权的核心基础研究成果搭建起一套引领支撑种业发展的商业化设计育种体系。以此拓展我国种业走向现代化的途径,同时向世界种业贡献中国智慧、提供中国方案。

中国杂交水稻技术世界领先,也是最耀眼的

中国名片之一。我国科学家在水稻基础研究和产业化研究方面均取得了举世瞩目的成就。2017年2月国际著名期刊Nature Plants发表的A Chinese renaissance专评文章认为,中国已经引领水稻乃至作物生物学、遗传学和基因组学研究^[14]。韩斌院士等研究成果“揭示水稻产量性状杂种优势的分子遗传机制”获得2016年中国科学十大进展,李家洋院士等研究成果“水稻高产优质性状形成的分子机理及品种设计”荣获2017年度国家自然科学一等奖,韩斌院士等于2019年开发了一种新的数量性状定位(QTL, Quantitative trait locus)方法为杂种优势育种和品种改良提供了新的策略^[15]等等,这些基础研究成果为我国建设水稻设计育种体系奠定了坚实的基础。在产业化研究方面,自20世纪70年代开始,我国育种学家率先开展了水稻杂种优势利用研究,陆续通过三系法、两系法等途径培育出大量杂交水稻品种。近年来,随着我国水稻种业企业科研能力得到快速地提升,隆平高科、荃银高科等公司在水稻种质资源创新、新品种选育和推广方面取得了较为显著的成绩,进一步强化了企业作为我国种业科技创新主体的地位^[16]。

回顾我国杂交水稻的发展历程,发挥制度优势,开展“大联合、大攻关”是成功的关键因素。新时代条件下,因企业的参与赋予了“大联合、大攻关”更深层次的丰富内涵。在政府推动下的科企深度融合为建设有中国特色水稻设计育种体系提供了路径,并能让这一成果直接地服务产业发展。最终通过在水稻育种领域的成功,引领其他作物,甚至畜禽的设计育种工作。

3 如何建设有中国特色水稻设计育种体系

建设有中国特色的水稻设计育种体系,涉及到政产学研各个环节,不仅仅是农业科技的创新,更是协同攻关过程中体制机制的创新。需要以我国世界领先的水稻基因组学研究成果为核心,以商业化应用为目标,形成从基础研究到应用研究打通创新链,从东北到华南再到海外覆盖整个水稻生态区,从稻米品质到绿色发展协同多性状研究的创新大布局。

在农业农村部的支持下,国家水稻商业化分子育种技术创新联盟(以下简称“6+1联盟”)2016年8月成立。6+1联盟以“立足分子技术、着眼设计育

种、创新合作机制、实现共赢发展”为宗旨,以“整合、借力、合作、共赢”为理念聚合了中国科学院韩斌院士、中国科学院李家洋院士、中国工程院胡培松院士,以及傅向东研究员、储成才研究员、吴跃进研究员、李泽福研究员、李仕贵教授、王丰研究员等研究团队和荃银高科水稻商业化育种团队。以水稻杂种优势的全基因组解析这一科学问题为核心,以“好种、好吃”的商业化应用为导向,发挥各团队的优势,初步搭建起有中国特色的水稻设计育种体系 V1.0 版本。随后,为落实农业农村部关于联盟机制创新的要求,也是各团队在协同创新过程中的自发需求,6+1 联盟内的科研单位、科研人员自然和企业共同投资设立了 6+1 联盟“实体化”运作平台:上海中科荃银分子育种技术有限公司(以下简称“中科荃银”)。通过“利益共享、风险同担”把各方紧密地绑定在一起,持续深入地开展合作。当然,在实体化过程中,也面临着诸多问题,例如科技人员不能、也不敢到企业持股和兼职等。6+1 联盟聘请专业法律顾问,与各团队及所在单位进行多次沟通,并根据不同单位的实际情况进行协调,通过多层次、多形式的制度设计,最终实现了中科荃银的顺利落地。在中科荃银的揭牌仪式上,得到了韩斌院士、陈晓亚院士、林鸿宣院士、胡培松院士、钱前院士等知名专家,以及农业农村部、上海市有关部门的领导现场支持,在种业界引起了巨大的反响。中科荃银的落地也是中国特色的水稻设计育种体系 V2.0 版本的形成。

目前,6+1 联盟已经形成了一系列的研究成果。《一种利用水稻基因组学技术快速精准选育三系水稻恢复系的方法》《一种利用水稻基因组学技术快速精准选育三系水稻不育系的方法》《一种快速精准选育优质抗病水稻品种的方法》等方法已经申请发明专利并指导实际育种工作。联盟围绕荃 9311A、沪科 1A 等核心育种材料,通过全基因组解析,根据公司的需求提出材料改良和配组方案;各科学家团队结合自身优势,利用已知的功能基因,在不同生态区域开展相关材料改良和配组工作,高效地选育出系列强优势的或者适合不同产业发展需求的新品种等等。这些深受种业企业和老百姓欢迎的新品种和新技术,不仅服务了产业的发展,也让更多的科学家、企业家和农民认识到建设中国特色水稻设计育种体系的可行性,坚定了大家的决心。2020

年 1 月,6+1 联盟被农业农村部认定为“首批国家农业科技创新联盟”,同时也是首批认定的“标杆联盟”。

未来,6+1 联盟将全力支持中科荃银的建设发展工作。进一步优化联盟内的机制创新工作,以该平台实现联盟内的创新资源畅享,承载联盟最新研究成果并进行转化,促进联盟技术联合攻关的再升级。以持续的技术联合攻关和机制创新,努力将其打造成为国际一流的农作物分子育种技术公司,做全球杂交水稻技术的创新者和引领者,最终实现中国特色的水稻设计育种体系 V3.0、V4.0 版本!

4 讨论

万建民院士在提出作物分子设计育种的概念时指出:我们应该把握机遇,充分利用植物基因组学和生物信息学等前沿学科的重大成就,及时开展品种分子设计的基础理论研究和平台技术建设^[9]。设计育种是一个综合性的新兴研究领域,对中国种业发展来说这是一次难得的机遇,更是一个巨大的挑战。建设有中国特色的水稻设计育种体系,不仅有世界领先的研究基础,也有越来越开明开放的政策保障;能实现中国水稻种业的世界影响力得到进一步提升,更能带动民族种业迎来跨越式的发展。与此同时,我们也要深刻地认识到建设有中国特色的水稻设计育种体系,不仅面临着复杂的科研风险,也有待完善制度形成的种种制约;需要政产学研深度融合,更要在全社会形成一个尊重知识、尊重人才的良好氛围。

2020 年两会期间,习近平总书记再次强调了,“中国人的饭碗任何时候都要牢牢地端在自己的手上,碗里里主要装中国粮”。新时代建设有中国特色的水稻设计育种体系,还需要科学家们继承 20 世纪杂交水稻“大联合、大攻关”时的光荣传统,以时不我待之紧迫,以舍我其谁之担当,勇于创新,持续创新,在振兴民族种业道路上书写科学报国最美的篇章!

参考文献

- [1] 余泓,王冰,陈明江,刘贵富,李家洋. 水稻分子设计育种发展与展望. 生命科学,2018,30(10): 1032-1037
- [2] 孙好勤. 基于品种创新的中国种业强国目标的实施. 农学学报,2019,9(3): 11-15
- [3] 郭韬,余泓,邱杰,李家洋,韩斌,林鸿宣. 中国水稻遗传学研究进展

湖北省水稻品种的选育与应用现状思考

郭衍龙¹ 陈 灿²

(¹ 湖北省鄂州市农业科学研究所, 鄂州 436043; ² 湖北省种子集团有限公司, 武汉 430206)

摘要:阐述了湖北省水稻三系不育系和两系不育系的研究与应用成果, 总结分析了湖北省近5年水稻品种选育和应用的基本现状, 对湖北省水稻育种的发展提出了建议。

关键词:湖北省; 水稻品种; 选育; 应用

20世纪70年代以来, 以武汉大学朱英国院士为代表的湖北省水稻育种科技人员发现红莲型细胞质和马协型细胞质雄性不育水稻, 培育出多个不育系并实现了三系配套, 选育出了红莲优6号、粤优938、珞优8号等代表性品种^[1], 推广面积有667万hm²。石明松先生1973年发现光敏感核不育水稻后, 湖北省开展了两系杂交水稻育种的研究工作, 取得了一系列的研究成果, 广两优476、两优234等两系杂交水稻代表性品种先后育成^[2]。自1985年以来, 在湖北省审(认)定的水稻三系品种和两系品种分别有227个和135个, 大面积推广应用的水稻三系品种和两系品种分别有148个和75个^[3]。

1 不育系的选育

1.1 三系不育系的创建 红莲型不育系的选育

开创了湖北三系杂交稻育种的先河, 从图1可以看出, 以不育系红莲A(莲塘早A)为基础选育出了丛广41A、粤泰A、珞红3A、珞红4A等一系列的红莲型不育系。武汉大学朱英国院士以海南红芒野生稻不育株作母本、江西省籼型常规水稻品种莲塘早作父本进行杂交和连续回交, 在其杂交后代中选育出稳定的不育系红莲A(莲塘早A)^[4]。广东省农业科学院利用红莲A(莲塘早A)与丛广41杂交选育出丛广41A, 再用丛广41A与粤泰B杂交选育出不育系粤泰A^[5]。武汉大学朱仁山用粤泰A与从粤泰B辐射变异的后代中筛选出早熟单株珞红3B连续回交转育, 从其杂交后代中选育出不育系珞红3A^[6], 然后用珞红3A与珞红4B进行多代回交选育出不育系珞红4A^[7]。

- 与分子设计育种. 中国科学: 生命科学, 2019, 49(10): 1185-1212
- [4] 邱树青, 陆青, 喻辉辉, 倪雪梅, 张耕耘, 何航, 谢为博, 周发松. 水稻全基因组选择育种技术平台构建与应用. 中国科学: 生命科学, 2018, 30(10): 1120-1228
- [5] 吴比, 胡伟, 邢永忠. 中国水稻遗传育种历程与展望. 遗传, 2018, 40(10): 841-857
- [6] 谢华安. 抗病虫育种实践与思考. 中国稻米, 2020, 26(1): 1-5
- [7] 王合勤, 陈金节, 张云虎, 张从合, 严志, 刘兴江, 陈琳. 优质籼型水稻新不育系茎9311A的选育. 杂交水稻, 2013, 28(6): 10-12
- [8] 廖西元. 破解我国种业科技“悖论”. 浙江农业科学, 2015, 56(5): 573-578
- [9] 万建民. 作物分子设计育种. 作物学报, 2006, 32(3): 455-462
- [10] 侯青青, 司丽珍, 黄学辉, 韩斌. 水稻复杂性状研究的新途径: 水稻重要农艺性状全基因组关联分析. 中国科学: 生命科学, 2016, 28(10): 1250-1257
- [11] Huang X H, Yang S H, Gong J Y, Zhao Q, Feng Q, Zhan Q L, Zhao Y, Li W J, Cheng B Y, Xia J H, Chen N, Huang T, Zhang L, Fan D L,

- Chen J Y, Zhou C C, Lu Y Q, Weng Q J, Han B. Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice. Nature, 2016, 537: 629-633
- [12] 张桃林. 加快构建现代种业体系 做强农业高质量发展“芯片”. 时事报告(党委中心组学习), 2019(2): 104-113
- [13] 方玉, 张琴, 张从合, 杨慧珍, 王慧, 杨韦. 科企合作支撑种业科技成果转化. 中国种业, 2020(4): 5-8
- [14] A Chinese renaissance. Nature Plants, 2017, 3. <http://doi.org/10.1038/nplants.2017.6>
- [15] Wang C S, Tang S C, Zhan Q L, Hou Q Q, Zhao Y, Zhao Q, Feng Q, Zhou C C, Lyu D F, Cui L L, Li Y, Miao J S, Zhu C R, Lu Y Q, Wang Y C, Wang Z Q, Zhu J J, Shanguan Y Y, Gong J Y, Yang S H, Wang W Q, Zhang J F, Xie H A, Huang X H, Han B. Dissecting a heterotic gene through GradedPool-Seq mapping informs a rice-improvement strategy. Nature Communications, 2019, 10(1): 2982
- [16] 方玉, 张琴, 张从合. 我国水稻种业技术创新体系建设探究. 中国种业, 2018(5): 5-8

(收稿日期: 2020-06-15)