

科技自立自强之路

2008年9月,中国科学院院士李家洋接到黑龙江省农业科学院(以下简称黑龙江农科院)耕作栽培研究所所长来永才的电话,希望他帮助解决东北水稻生产面临的一些难题。几天后,黑龙江农科院院长韩贵清又打来电话,邀请李家洋到东北稻区考察。

“东北是中国最大的商品粮生产基地,东北水稻是否高产、稳产直接影响国家粮食安全。既然东北有急需需求,中国科学院作为科技‘国家队’,必须迎难而上,解决这些问题。”李家洋随即安排好手头工作,欣然北上。

为祖国“精准设计”一颗水稻种子

■本报记者 冯丽妃

1 从零起步,攻关超级稻育种

9月的东北,绿色的稻田一望无际,水稻开始灌浆,稻穗变得沉甸甸的。

李家洋带领的中国科学院专家团队与韩贵清带领的黑龙江农科院专家团在哈尔滨会合,5天内马不停蹄地跑了三四千公里,一直走到祖国最北端的建三江稻区。

每到一片稻田,李家洋和考察团专家就仔细观察水稻的生长状态,讨论发现的问题。

一路上,他们看到很多稻田倒伏现象极为严重,当地主栽的优质稻品种尤为明显;有的稻田稻瘟病发病率高达百分之三四十,甚至绝收;有的品种米粒中有明显的蛋白,米质欠佳;大多数稻田种植的是圆粒品种,而非外观更漂亮、市场需求更大的长粒品种……

考察结束后,黑龙江农科院提出希望解决4个关键问题:提高产量、增强稻瘟病抗性和抗倒伏能力、提升稻米品质及稻谷出米率、改良粒形。

在水稻育种领域,改良单一的优良性状并不困难,但要多个优点综合在一起,难度则呈几何级增长。李家洋给出的应对策略是运用分子设计育种技术,培育一种集高产、抗病、抗倒伏、优质等优良性状于一体的超级稻。

1994年,李家洋放弃优厚的待遇,从美国回到中国科学院遗传与发育生物学研究所(以下简称遗传发育所),在30多平方米的实验室里白手起家,希望为祖国培育高产优质水稻。2000年,他带领团队在国内率先建立植物基因图位克隆技术方法体系,成功把单个功能基因分离出来。沿着这条技术路线,他与合作者一道,于2003年克隆出第一个控制水稻分蘖起始的关键基因MOC1,实现水稻功能基因组学研究“从0到1”的突破。

这一系列研究成果让李家洋团队处于国内外植物遗传学基础研究的第一方阵。站在学科潮头,李家洋心中萌生一个想法:“能不能把高产、抗病、优质的基因模块‘组装’起来,像设计工业产品一样‘设计’理想的种子?”

在这个想法驱动下,李家洋在我国率先提出分子设计育种的理论。他觉得,这是中国育种行业的呼唤,也是时代发展的必然。

彼时,我国常规育种通过田间表型筛选一代代的杂交后代实现,费力耗时,培育周期较长。水稻关键基因的图位克隆和功能分析,以及基因组测序、生物信息等现代生命科学技术的快速发展,为育种技术创新带来新希望。

分子设计育种,将中国的育种技术理念带到了世界前沿。为了把前沿理念与技术落到实处,从为东北设计

育种开始,李家洋带领团队从基础研究向应用研究转型,从零起步做育种,迎难而上补“短板”。

缺乏人才,李家洋就不停地“招兵买马”。具有育种和分子生物学研究经验的刘贵富来了,专门负责育种;具有生物信息学背景的余泓来了,负责搭建数据分析及大规模的检测平台;刚出校门的博士生陈明江也来了,逐渐成为育种的一把好手……这个原来主攻基础研究的课题组,逐渐转变为一支具有多学科背景、兼具基础研究与育种能力的团队。

缺少亲本材料,李家洋就向长期从事水稻种质资源收集与发掘的中国科学院院士钱前“取经”,钱前推荐了南方长粒粳作为亲本材料。研究团队在前期分析的基础上,选择东北地区推广面积较大且各具特色的两个粳稻品种——“吉粳88”和“空育131”与南方长粒粳杂交,选育适宜东北稻区的种子。

育种基地短缺也是一个关键问题。当时遗传发育所在北京的农场很小,分给李家洋团队的只有3亩水稻田。为了保证育种所需要的材料样本数,团队在天津武清租种了30多亩水稻田,又千方百计联系到当时的江苏省种子管理站南繁基地,用其25亩水稻田作为南繁基地。

这些举措为分子设计育种理念和技术的落地做好了准备。

2 量身定制,“精准设计”水稻品种

随着东北稻区的育种攻关拉开帷幕,李家洋带领团队像候鸟一样,每年跨越几乎整个中国,往返于北京的实验室、海南和天津的育种基地及东北的示范基地。

与传统育种一样,分子设计育种首先要做田间亲本杂交。

2008年10月,研究团队将“吉粳88”“空育131”与南方长粒粳杂交,收获了第一代种子。但这时种子的基因组合尚不纯合,后代会发生严重的性状分离。

为确保下一代水稻具有所设计的理想性状,研究团队从培育两周左右的小苗上剪下一小段叶片,用分子标记平台检测它是否含有全部要聚合的基因。

“这是分子设计育种的巨大优势。”已经成为遗传发育所副研究员的余泓说,一个基因的检测成本已从数十元下降到几元,原本在田间需要很高成本才能完成特定性状的筛选工作,现在在实验室内的初筛可以将其低成本地提前至作物生长早期进行,通过基因筛选,让育种效率大幅提高。

水稻是喜温作物。在海南和天津等地的育种基

地,刘贵富和陈明江头顶烈日,脚穿胶鞋,日复一日地观察水稻生长情况。最热的时候气温超过40摄氏度,上晒下蒸,他们双脚泡得发烫,衣服湿了又干、干了又湿,结出一朵朵白白的盐花。

单选育一个品种,他们每年就要种植三四百份不同世代的杂交后代材料。每一季,为培育不同的水稻品种,要种植、筛选近万份不同的株系材料。每份材料的田间表现,如分蘖、拔节、抽穗、扬花、灌浆等,都要一一记录清楚。

“育种不能有短板。只要一个性状差了,其他性状再好都没用。”已经成为遗传发育所研究员的刘贵富说,有时候,他们看着一个单株性状挺好,高高兴兴地带回去做小区测产试验,结果却不理想,只能继续杂交、复交或回交,再选育。

直到2012年,南繁基地的田间选育材料进行到第八代,所选育部分株系的性状终于稳定下来。李家洋带领团队从十多个综合性状表现优良的组合后代中优中选优,终于确定了一个最好的稳定株系。

这个后来被命名为“中科804”的材料,产量高、抗倒伏、抗稻瘟病、米粒长、外观品质优、口感佳,完全

符合黑龙江农科院提出的要求。2017年,“中科804”通过国家品种审定,成为我国第一个分子设计育种的标志性国审品种。

着手解决东北稻区面临问题的同时,李家洋还带领团队与浙江省嘉兴市农业科学院合作,针对长江中下游稻区水稻品种单产徘徊不前、品质较差、抗病性弱等问题,运用分子设计育种技术,培育粳粳超超级稻新品种。

他们为长江中下游稻区量身设计的“嘉优中科”系列超级稻,也通过国家品种审定,累计在江苏、浙江、安徽等地示范、推广面积超过200万亩,最高亩产达900公斤以上,比当地主栽的水稻品种增产20%以上。

2017年,李家洋团队的“水稻高产优质性状形成的分子机理及品种设计”成果,荣获国家自然科学基金一等奖。

国家最高科技奖获得者、中国科学院院士李振声评价,这是继水稻矮化“绿色革命”和杂交水稻之后的第三次重大突破,是“绿色革命”的新起点与新突破。

3 打破质疑,“稻坚强”屹立不倒

对于任何种子,拿到品种审定的“身份证”只是第一步。只有种到田地里,才能产生切实的效益。

为了让更多人更快了解和使用“中科804”,李家洋决定让它跟著名的“稻花香”同台竞技。

2018年,“中科804”第一次大面积示范推广时,李家洋团队在黑龙江、吉林、辽宁、宁夏、内蒙古、新疆布置了50多个百亩以上示范片,3000亩的核心示范区则选在“稻花香”核心产区——黑龙江省五常市。

一开始,他们在五常市的示范工作并不顺利。农民是最讲实际的,他们不管李家洋是不是中国科学院院士,有没有得过国家自然科学一等奖。当科学家拿来新品种请他们试种时,农民内心是拒绝的:“‘稻花香’每亩2000元的年收入是可以预见的,如果种新品种利润少了,谁来兜底?”

李家洋团队跟农民签订协议,如果每亩收入水平低于“稻花香”,就补齐到2000元。有人签了协议,后来又把种子退了回来,“俺们种了十几年的‘稻花香’,种惯了”。

时间过得飞快,4月播种,转眼就到了9月收获季节。这一年,水稻收获前遇到连阴雨加台风,灾害过后,农民的观念彻底变了。“稻花香”几乎全部倒伏,而旁边示范田里的“中科804”却屹立不倒,“稻坚强”的形象由此深入人心。

随后测产结果揭晓。相比“稻花香”,“中科804”每亩增产200斤以上,可减少灾害损失30%,整精米率提高8%。高产、抗逆、优质特性兼具,让它成为名副其实的“超级稻”。

“中科804”寄托了李家洋的科研初心。他学成回国后成立的课题组编号就是“804组”,这是他逐梦水稻育种的起点。

继“中科804”之后,李家洋团队在2018年又为东北稻区设计出更抗倒伏和抗病、口感更好、产量更高的“中科发5号”和“中科发6号”系列国审水稻品种。

“中科发”系列水稻的命名也含有深意。“中科”代表中国科学院或中国科技,“发”既代表遗传发育所从事的科学研究,也有持续发展、发达之意。李家洋希望,遗传发育所推出的这一系列品种能够“蒸蒸日上、持续发展”。

如今,李家洋的期待已经成为现实。“中科发”系列品种已成为东北种植面积最大的水稻主栽品种之一,产量普遍比当地原有主栽优质品种提高20%以上,连续多年入选黑龙江省和吉林省主导或主推品种。这一系列品种外观品质优、口感佳、出米率高,在东北稻米市场已经形成独立的收购价格体系,每斤收购价格比普通稻谷至少贵0.3元。“中科发5号”被当地农民亲切地称作“发5”“神5”。

2023年,“中科发6号”荣获农业农村部组织的第四届全国优质稻评选粮稻组金奖。2024年,“中科发5号”荣获农业农村部组织的第五届全国优质稻评选粮稻组金奖。

让已经作为遗传发育所副研究员的陈明江深有感触的是,随着“中科804”和“中科发”系列品种的推广,质疑声消散了。“现在很多种子公司时常跑过来问,有没有新的‘中科发’品种可以转化推广。”

4 向种图强,引领种业振兴潮流

俗话说,种子是农业的“芯片”。在余泓看来,种子跟芯片有两方面十分相似——高科技含量、低成本扩张。

“作为育种人,看到一个高科技‘拳头产品’被创制出来并迅速大面积推广,能保持10到20年的优势,且给社会创造了价值,是对我们最大的肯定和回报。”余泓说。

从2008年“揭榜挂帅”,到2018年为东北稻区量身设计出理想的种子并大面积推广,李家洋团队和合作者用了整整10年。

回顾这段历程,李家洋认为,成功得益于4个因素。“第一,将生产实践与基础研究相结合,用基础科学解决生产问题;第二,有好的团队和合作伙伴,大家有共同兴趣,互相信任,齐心协力;第三,有挑战科学难题的信心、勇气和精神;第四,有锲而不舍的精神,直面困难,决不动摇。”

自从李家洋提出分子设计育种理念,并带领团队在这个领域崭露头角,这项育种技术引领了我国生物育种的潮流。截至2019年,由遗传发育所主导的中国科学院战略性先导科技专项(A类)“分子模块设计育种创新体系”项目,已有来自全国20多家研究单位的200多名科学家采取分子模块设计育种这种新手段,创制了水稻、大豆、小麦、鲤鱼新品系200个,审定新品种27

个,并在主产区大面积推广。

“分子设计育种为我国生物育种提供了先导性、系统性解决方案,对引领我国品种升级换代具有重要意义。特别是在水稻方面,为确保主粮绝对安全提供了‘用得上,有影响’的科技支撑。”该专项首席科学家、遗传发育所原所长薛勇彪说。

李家洋心里有“一盘棋”:中国有5个水稻主产区,其中4个是战略区,稻区、东北稻区、华中稻区、华南稻区,气候、温度和面临的病害各不相同,他希望因地制宜,为不同稻区“设计”不同的水稻品种。

根据这一思路,如今,李家洋团队采用分子设计育种技术培育的国审和省审水稻品种已达20多个。2020年以来,他们在长江中下游地区选育的双季早粳新品系“中科发早粳1号”,实现了我国早粳“零的突破”,推动建立我国首个早粳品种的区试方案和审定标准,让中国老百姓提前一个季度就能吃上好吃的新粳米。

在李家洋看来,分子设计育种的思路和技术手段有广阔的应用空间,不仅适用于水稻,还适用于玉米、小麦、油菜、大豆和很多蔬菜、水果、畜禽。用好这一利器,将为我国种业发展、粮食安全提供坚强的科技支撑。



- ①“中科发”系列水稻成熟了。
- ②团队为东北稻区“精准设计”的不同品种大米。 本报记者丁典/摄
- ③“中科804”稻谷(上)和稻米。
- ④2018年“中科804”五常示范片现场。
- ⑤双季早粳稻。 冯丽妃/摄

本版图片除署名外均由遗传发育所供图
蒋志海制版



李家洋(左)、刘贵富查看水稻生长情况。