

建宁县溪口镇枫元村杂交水稻制种基地 肖开涯摄

核心提示

为什么有的水稻品种耐旱,有的不耐旱,有的抗病,有的不抗病,有的自带清香,有的不带清香?

近年来,我省水稻育种工作者深入基因层面,破译水稻遗传密码,在此基础上,开展分子设计育种研究与实践,进行一场水稻育种的“精准革命”。

破译水稻的遗传密码

□本报记者 张辉 通讯员 胡海明 李平

寻找水稻耐旱“开关”

春耕时节,福州市科技情报研究所科技下乡服务团队来到罗源县松山镇北山村,开展农技指导。一见到城里来的水稻专家,于国胤就迫不及待提出了技术需求:“能不能推荐几个耐旱品种?”

于国胤是罗源县北山湾农业合作社理事长,合作社的120多亩耕地连年种植水稻。去年夏天的那场旱情,让他心有余悸。“一连热了两个月,没下几场雨,又赶上中稻拔节孕穗期,花粉活性下降,影响了结实率。”面对极端天气,于国胤在田埂上急得团团转。后来,他不得不打机井引水,并在农技专家的建议下调整施肥方案,才勉强保住了产量。

之后,于国胤就产生了引种耐旱品种的想法。一直关注“三农”动态的他,不久前从报纸上看到了一则好消息——《水稻耐旱“开关”,找到了》。这里的“开关”,指的是被称为“IPAI”的水稻基因。省农科院水稻抗逆分子育种研究团队(以下简称“研究团队”)最新发表的研究成果表明,该基因对水稻耐旱性具有正调节作用。

为了找到这个“开关”,该团队花了十余年时间。

“我国农业用水占总用水量的60%以上,水稻种植又是用水大户。”省农科院水稻研究所所长张建福说,每年,全国都有大量稻田因干旱或缺乏灌溉条件而减产。因此,提高耐旱性,一直是水稻育种的重要方向之一。

为什么有的水稻品种耐旱,有的不耐旱?为了让育种更加有的放矢,张建福希望从基因层面破译与水稻耐旱有关的“遗传密码”。

这里不能不提到明星基因“IPAI”。在水稻育种界,其更为人知的名称是“理想株型基因”。理想株型是育种家们提出的概念,基本特征是茎秆粗壮、抗倒伏、穗子大、粒多,这样产量就高。2010年,中科院院士李家洋团队在国际上首次发现了能够塑造水稻理想株型的基因“IPAI”。

“既然它能够调节水稻植株的形态,是否也有助于应对干旱等逆境呢?”研究团队提出了假设。为了验证假设,首先需要观测含有“IPAI”基因的稻株是否能应对干旱胁迫。这个过程被称为“表型鉴定”。

“可以通过化学剂诱导使植株细胞脱水,也可以在光照培养室中模拟干旱环境。”研究团队成员陈飞鹤说,表型鉴定在水稻的“四叶一心期”就要开始,在历经10天的极端干旱后再恢复浇水。经过多批次反复对比试验后,研究人员发现:敲除了“IPAI”基因的水稻,存活率极低;过量含有“IPAI”的水稻,复水后收缩的叶片逐渐舒展。

可见,“IPAI”不仅能够塑造水稻理想株型,还能赋予水稻耐旱能力。这个过程是如何发生的?这就需要进一步摸清基因的作用机制,也就是解析“代谢通路”。

研究团队通过实时荧光定量、酵母单杂、凝胶迁移、双荧光素酶等一系列复杂试验,解构了这条通路:一方面,“IPAI”能够激活另一耐旱基因“SNAC1”的表达,在与之互作中产生耐旱性;另一方面,干旱导致水稻植株中过氧化氢等物质大量积累,“IPAI”则能诱导清除这些物质以抵御干旱。

这一结论,为水稻耐旱找到了新的“开关”,同时也进一步证实,“IPAI”不仅仅是理想株型基因,还是个多功能基因。目前,研究团队正通过试验验证它是否能有效提高水稻对氮肥的利用率。

水稻基因的“解码人”

寻找水稻耐旱“开关”的背后,是科学家们年复一年的“解码”之路。“水稻是世界上最重要的粮食作物之一,育种技术的不断突破,有效保证了粮食安全。”张建福说,新中国成立以来,我国水稻育种技术经历了多次迭代。

上世纪60年代,随着矮秆水稻取代高秆水稻,我国水稻产量整体提升了30%。1973年,袁隆平院士团队在世界上首次育成籼型杂交水稻。随后,水稻杂交技术开始在全国推广。这一突破,让全国水稻再次增产20%。

当时,全国稻瘟病频发,高温高湿的福建尤甚。“稻瘟病大面积减产乃至绝收,有的农民指着农田无奈地说,放只鸡下去都吃不饱。”中科院院士谢华安还记得当年在三明、南平等地调研时的见闻。因此,他决定将选育抗稻瘟病杂交水稻品种作为主攻方向。

1983年,在世界稻作史上具有里程碑意义的杂交水稻品种“汕优63”应运而生。由于抗稻瘟,且丰产性好,适应范围广,该品种种植面积连续16年居全国首位,累计推广近10亿亩。

然而,无论是杂交技术,还是航天诱变育种,都属于传统育种范畴,存在着周期长、效率低、不确定性大等短板。

“我们需要从海量种质资源中筛选出可能有用的材料,做大量杂交组合,种子种到田间后观察其表现,再经一代又一代筛选,如此循环往复。”张建福说,现代农业发展,对种业提出了更快、更新、更多元的需求。

以抗稻瘟病水稻为例,尽管抗病品种层出不穷,但病原菌也在协同进化,需要不断通过品种创新,持续构建免疫屏障,抵御不同病原菌的进攻。同时,高产不再是唯一的育种目标,市场对优质、耐储藏、功能性品种有了更大需求。

引入现代分子生物技术,提高育种效率,成为国际共识。

2002年,国际水稻基因组测序计划工作组宣布,国际水稻基因组测序计划圆满完成,共测定12对染色体的3.66亿个碱基。其中,中国独立完成水稻第4号染色体精确测序,对该计划贡献率为10%。

“这相当于实现了对水稻基因的精准画像。”张建福说,这张“画像”记录了水稻DNA中数以亿个碱基的排序,不同的片段序列对应不同的基因。

但仅仅完成画像还不够——就好比面对一个陌生的英语单词,你认识每一个字母,却无从知道不同字母组合对应的具体含义。因此,完成水稻基因组测序后,摆在育种专家们面前的第二道难题,便是破译“密码”,挖掘功能基因。“什么样的基因能够让水稻更耐旱?什么样的基因能够让水稻更抗稻瘟病?”

多年来,张建福、谢华安领衔的水稻抗逆分子育种团队,一直扮演着水稻基因“解码人”的角色。经过他们年复一年的努力,一个个水稻功能得以挖掘,一个个水稻遗传密码实现破译——

去年11月,在持续研究20多年后,该团队在期刊《分子植物》发表论文,揭示了一种水稻稻瘟病抗性新机制。研究表明,蛋白质“SH3P2”起到了“安全阀”的作用,能使稻瘟病抗性基因“Pib”在日常处于稳定失活状态,以减少能量消耗,遭遇病原菌入侵时,又能迅速激活其功能。

本月3日,该团队在国际期刊《植物分子生物学》在线发表最新研究成果。该研究证实,“OsLOX10”基因有助于提高种子寿命,增强其耐储藏能力,同时在耐盐碱方面也起着至关重要的作用。

谢华安院士在福建南繁基地。(资料照片)

从“开盲盒”到精准育种

破译了水稻遗传密码后,如何将其应用到育种实践?以分子标记辅助育种为代表的分子设计育种技术,正让水稻育种从“开盲盒”走向“精准革命”。

去年丰收时节,黑土地上传来好消息:在黑龙江省泰来县示范种植的水稻新品种“闽龙1号”,在经历了北方稻区恶劣的天气状况下,依然实现了单季平均亩产干谷700公斤的好成绩。

“闽龙1号”是福建省农科院水稻研究所与黑龙江省农科院生物技术研究所联合培育的水稻新品种,该品种解决了第一积温带优质品种缺失、综合抗性不强等问题。在选育过程中,育种团队引入了分子标记辅助育种技术,精准定位抗病抗倒伏基因。

“常规育种中,要验证一份材料好不好,需要种到地里,全程监测其表现,再从中选优汰劣,往往要多代多点栽培几万个单株。”张建福说,分子标记辅助育种则把“海选”提前到了“赛前”。

简而言之,就是在秧苗下地前,就可以对叶片进行“扫描”,看看其中是否含有所需要的基因,提前淘汰一部分“选手”,从而大大减少后期田间鉴定和筛选的范围。

分子标记辅助育种,极大提高了筛选效率,加速育种进程。而随着大数据、人工智能、深度学习等现代科技在农业领域的推广应用,水稻育种逐渐实现智能化。

2021年,福建省作物全基因组选择育种创新平台投入使用。作为新一代育种技术,全基因组选择可视为在系统思维下建立的育种模式。

“基因与性状之间并非简单的一对一关系。”省农科院生物技术研究所作物分子设计研究室副主任陈在杰说,一个基因可能同时控制多个性状,一个性状可能受多个基因控制,不同基因之间可能相互协作,也可能相互限制,“全基因组选择关注的不是单个基因,而是全套基因”。

也就是说,系统在收集了大量基因数据和田间表现数据后,能够自动生成一套数学预测模型。之后,拿到一份育种材料后,不用种到田里,只要提前“扫描”,系统就能自动“算出”它高不高产、抗不抗病、耐不耐旱、耐不耐储藏。

目前,该平台已引入了高通量基因分型、水稻表型自动化采集及稻米品质分析等系统。这套系统,相当于为开展全基因组选择育种提供了一套自动化的“工具箱”。

以全国首台投用的国产水稻种子切片仪为例,它能够给水稻种子做“微创手术”——既能自动切片取样,用于分析基因型,又不影响种子日后正常萌芽。

“手工当然也能切,但采样板有96个小孔,时间一长眼会花,效率也低。”省农业科学院作物分子设计研究室副主任杨绍华说,自动化切割水稻种子,相当于“螺蛳壳里做道场”,技术难度很大。过去,这类设备主要依赖欧美进口,不但价格贵,还不好买。

此外,该平台的其他核心设备也都实现了“中国造”。它们能够实现种子切片取样、基因分析、表型采集、数据分析全流程自动化。“以往,国外的设备、技术和配套试剂都是捆绑销售,以至于检测成本居高不下,一年扫描50万粒种子,要投入100万元。国产技术则将单个数据点检测成本降低到了0.5元以下。”杨绍华说,该平台每日可自动扫描并获得3万个表型与基因型数据。

“当数据积累到一定的程度之后,我们就可能坐在电脑前,像设计工业产品一样,精准设计出一个水稻新品种。”陈在杰说。



陈飞鹤正在做聚合酶链反应试验。张辉摄



记者手记>>>

在融通共享中推进种业创新

□本报记者 张辉

随着生命科学、信息科学与育种科学的深度融合,基因编辑、分子标记辅助育种、全基因组选择育种等现代生物育种技术不断涌现,育种行业正经历着一场深刻的变革,逐渐从传统经验育种走向数字化、智能化、精准化。

但客观来看,现代育种技术应用的深度与广度,依然有待提高。一个不可忽视的现象是,传统育种家与现代育种家各自为战,互动有限,导致不少优异的种质资源难以充分共享。目前,我国数量庞大的农作物种质资源中,仅有极少部分通过表型与基因型鉴定,应用于分子育种领域。结果是核心基因

资源挖掘难、数据积累难、品种创新难。因此,打破体制机制与技术障碍,通过资源整合与技术协作,在融通共享与合作共赢中推进种业创新,显得尤为必要。这个过程中,尤其需要理顺产学研关系,建立健全商业化育种体系。

比如,政府部门着力搭建公共服务平台,为各地研发机构、育种企业提供材料管理、数据采集、信息共享等公益性专业化服务;科研院所应把精力重点投向种质资源收集、评价、鉴定以及底层技术创新等基础研究领域;育种企业则聚焦产业与市场需求,开发适销对路而又高产稳产的优质新品种。



建宁县溪口镇枫元村杂交水稻制种基地 肖开涯摄