

《科学》杂志发表水稻多粒簇生与增产机制研究重大成果——

# 这种水稻,为何“多胞胎”扎堆生长?

□本报记者 张辉 通讯员 赵明富 胡海明

3月8日,国际顶级学术期刊《科学》杂志在线发表中国农业科学院作物科学研究所、福建省农业科学院水稻研究所、中国科学院遗传与发育生物学研究所联合研究成果。该成果破译了复粒稻形成的遗传基础,发现其穗粒簇生现象与植物激素“油菜素甾醇(BR)”的含量有关,为培育高产水稻新品种提供了全新技术路径。

研究界对复粒稻簇生现象的关注已近百年。那么,什么是复粒稻?什么是簇生现象?它如何促进水稻增产呢?

## 百年未解之谜

你知道,稻谷被加工成白花花的大米之前,都经历了什么吗?

随着水稻从营养生长转向生殖生长,它们开始悄悄孕育稻穗。之后,稻穗从剑叶中抽出,这个过程叫作抽穗。稻穗有着层次分明的结构:主梗被称为穗轴,穗轴上有很多穗节,穗节上分化出一次枝梗,一次枝梗继而分化出二次枝梗。一次枝梗和二次枝梗上长出小穗梗,小穗梗上着生小穗,也就是我们常说的穗粒。一开始,小穗还是空瘪的,经过开花、授粉、灌浆后,内部才慢慢结出白白胖胖的谷粒。

常见的水稻是单粒稻——穗粒在小穗梗上单独生长,粒粒分明。不过,大自然中总是有特立独行的存在。20世纪30年代,人们发现了一种与众不同的水稻种质资源——复粒稻。从名字不难想象,它们的小穗总是多粒扎堆长在一起,通常是3粒,在视觉上就像难分难舍的“三胞胎”。这种现象即簇生,在不少农作物中都存在。由于稻穗结构和麦

穗颇为相似,复粒稻又被称为“麦颖稻”。

复粒稻的出现,引起了育种家的兴趣。原因很简单,多粒簇生意味着穗粒密度增大、数量增多,一株水稻上可以长出更多稻谷。如果把簇生基因转移到普通水稻上,就很有可能选育出更高产的新品种。

过去的百年中,国内外学者围绕复粒稻开展了大量研究,试图破译簇生现象的“遗传密码”。他们普遍认为,复粒稻“多胞胎”扎堆生长,或许与一个被命名为“CL”的簇生基因有关。那么,“CL”在哪里?是如何发挥作用的呢?大多数研究只是将其定位在水稻6号染色体上一个较大的区间内,并未精准定位和克隆到该基因。复粒稻簇生形成的机制,始终是未解之谜。

## 植物激素引发的簇生现象

中国农科院、福建省农科院、中国科学院遗传与发育生物学研究所等机构的专家,决定另辟蹊径。他们以复粒稻为背景,通过化学诱变,从包含1万份诱变株系、16万份诱变单株的群体中,筛选出2份不簇生的突变体株系,接着进行复杂的回交转育、重测序和关联分析,最终定位到了关键基因“BRD3”。他们发现,其实“CL”区间的构成极为复杂,不仅包含了“BRD3”基因,还包括了激活其表达的整个染色体区段。这就部分解释了为什么通过传统方法难以克隆到簇生基因。

“BRD3”基因,能够编码一种叫作“油菜素甾醇”(即“BR”)的植物激素。这是一种对植物生长过程影响重大的代谢物。其含量的变化,影响了水稻穗粒是“孤军奋战”还是“抱团取暖”。

前面提到,稻穗生长其实是一个不断分枝的过程。其间,它们依次发育出“一级分枝分生组织”“二级分枝分生组织”和“小穗分生组织”。这些分生组织的持续分化和相互转化最终决定了穗粒数量。

实验显示,“BRD3”基因在水稻二级分枝分生组织部位被激活,导致了该部位“BR”代谢酶含量减少。“BR”代谢酶减少后,引发一系列连锁效应,最终延迟二级分枝分生组织向小穗分生组织转变。因此,水稻有了更多时间来进行分枝,从而长出了更多二级分枝,同时还伴随着小穗梗长度缩短。更多的二级分枝,意味着能够长出更多的小穗,加上小穗梗缩短,穗粒变得更加紧凑,看起来就像扎堆一样,这就是簇生现象。

## 激活水稻高产新潜力

穗粒数增加,是否必然提升水稻单产呢?其实不然。粒数增多可能导致粒重降低,顾此失彼。

作为一种重要的植物激素,“BR”代谢酶其实有“十八般武艺”。在水稻生长发育过程中,它能够调控多种农艺性状。其含量增加,能够显著提高籽粒大小。

含量增加,水稻籽粒大小提高;含量减少,水稻籽粒数量增加。这似乎是一对矛盾。幸运的是,研究人员找到了平衡。

研究人员进一步研究发现,编码“BR”代谢酶的“BRD3”基因,仅在特定组织中被激活,作用范围被限制在一定空间内,“BR”含量降低使得穗粒数增多的同时,对籽粒大小等农艺性状并无明显影响。因此,最终能够促进水稻产量提升。

这一成果,为选育高产水稻新品种提供了新思路。

研究人员将调控“BR”代谢酶的基因导入到多个水稻品种中后发现,相对于非簇生品种,复粒稻二级枝梗数增多,穗粒数显著增加,而穗长、穗数、抽穗期和干粒重等其他产量性状都没有显著差异,最终产量增加11.27%~20.96%,且对籽粒品质没有负面影响。

过去,水稻育种领域普遍认为,水稻穗粒数和籽粒大小之间存在负相关——穗粒数越多,籽粒越小。这一研究结果则暗示,有的放矢地控制激素含量,可有效破解这种“负相关”。也就是说,精准控制激素含量,可以在水稻籽粒数量和重量之间取得平衡。不过,激素具有微量高效并易受环境影响的特点。如何通过精准控制激素,实现在不同环境条件下增产效果,还有待进一步深入研究。

其实,簇生现象在自然界许多物种中广泛存在。研究团队在其他物种中,也验证了以上簇生形成机制。它们通过对簇生辣椒和非簇生辣椒、具有簇生花的蔷薇和非簇生花的玫瑰进行“BR”代谢酶测量比较发现,和水稻一样,它们簇生与非簇生之间具有类似的“BR”代谢酶含量变化。这一结果暗示“BR”代谢酶含量控制簇生的机制在大自然中可能具有普遍性。

中国农科院作物所博士研究生张晓明,助理研究员孟文静、刘大普以及福建农科院潘德灼博士为论文共同第一作者,中国农科院作物所董红宁研究员、福建农科院赵明富研究员、中国农科院作物所钱前院士为论文的共同通讯作者。该研究得到了国家自然科学基金、崖州湾种子实验室、中国农科院创新工程、福建省“5511”协同创新工程等项目资助。

## 全国城乡建成遗产联合毕业设计活动在岚启动

本报讯(记者 张哲昊 通讯员 吴晓)10日,第九届全国城乡建成遗产联合毕业设计活动在平潭启动,来自同济大学、北京建筑大学、苏州大学、福建理工大学等全国7所高校的历史建筑保护工程专业共72名师生参与。

据了解,本次活动主题为“海洋文化视野下的遗产保护与设计”,旨在推动福建海洋文化遗产的保护传承与活化利用。活动由开题报告、现场调研、联合答辩、毕业展示等环节组成,分为“石厝回响”“船政风云”两项子课题,师生们分成两个小组共8支队伍,分别赴平潭苏平片区东占村、福州马尾船政文化遗址进行实地调研,并最终形成一系列毕业作品。

“以东占村为例,各队将实地探访村内石厝,聚焦村落整体空间格局与产业现状,对全村人居环境进行整体规划设计。”活动承办方、平潭综合实验区交通运输局总工程师郑剑峰介绍说。

当天,福建理工大学建筑学院、设计学院和平潭综合实验区交通运输局还进行了历史文化遗产保护与传承创新实践基地揭牌仪式。

近年来,平潭高度重视传统村落保护利用工作,加大力度深挖与保护海岛石头厝资源,激活传统村落发展的内生动力,让海岛渔村重焕生机。就在3月初,平潭综合实验区交通运输局还与福建理工大学签订共建设计产业创新中心合作协议,依托高校技术产业优势,有力促进石头厝传统村落的保护利用与发展。

## “海丝·蟳埔”国潮非遗文化节在泉州举办



本报讯(记者 郭雅莹 通讯员 王志超 文/图)8日至11日,以“这YOUNG的丰泽 YOUNG的非遗”为主题的泉州市丰泽区2024年“海丝·蟳埔”国潮非遗文化节举行,围绕“簪花围、南少林、南武当”三大文化品牌,打造了一场传统与时尚融合碰撞的大型群众性文化活动。

本次国潮非遗文化节共设七大板块系列活动。8日上午,在泉州世界遗产点真武庙,一场祭海祈福艺术表演再现宋元时期泉州府官方祭海情景,现场民众仿佛“穿越”千年,置身于刺桐古港宏大的海洋商贸盛景中;当晚举行的海丝国潮非遗文化时尚大秀(上图),则融合了传统艺术、时尚艺术与国潮文化,演绎了独有的宋元风韵、时尚风情。9日晚,在蟳埔渔人码头,“蚝听”村口歌友会闽南语专场欢乐唱响,一群来自海峡两岸热爱闽南语的歌友,围绕“龙众登场”“蚝听歌谣”“青春岁月”“爱拼敢赢”四大篇章亮嗓开唱,超30首闽南语歌曲给线上线下观众带来视听享受和无尽欢乐。

据悉,泉州丰泽区文旅资源丰富,拥有世界遗产点4个、国家非物质文化遗产2项、省级以上非遗保护名录10项。2023年,随着蟳埔簪花围火遍大江南北,“游蟳埔、戴簪花、美自己”引领全国文旅时尚,全区接待游客数、旅游收入均居全市第一。

## 宁化纪念伊秉绶诞辰270周年

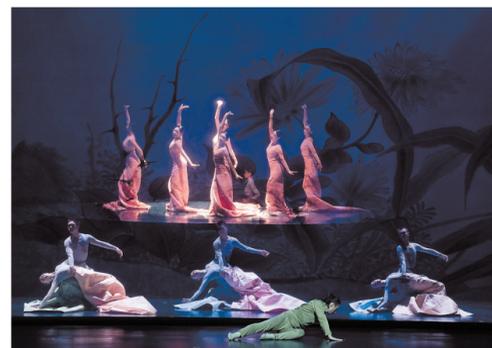
本报讯(见习记者 罗昱伦 通讯员 王靖宇 刘博文)8日,宁化县举行伊秉绶诞辰270周年纪念暨伊秉绶故居和文化园开放仪式活动,吸引广大市民和伊秉绶书法爱好者前往参观。

伊秉绶是清代著名书法家,书法五体兼擅,隶书尤放纵飘逸,被誉为“乾嘉八隶”之首。同时,他为官以“廉吏善政”著称,深受百姓爱戴。

当天,伊秉绶雕像和故居举行了揭幕揭牌仪式,主办方还举办了《伊秉绶法书》首发式和宁化县第五届“伊秉绶杯”隶书临习大赛颁奖盛典等活动。主办方表示,在宣传伊秉绶书法和文学造诣的同时,也要弘扬他正直无私、严谨谦逊的优良品格,让更多人了解、传承优秀的本土文化。

据了解,以伊秉绶诞辰270周年纪念活动为契机,宁化县还将举办“宁化伊秉绶奖”海内外书法篆刻作品展、伊秉绶文化学术研讨会等系列纪念活动,进一步打响客家名人文化品牌,挖掘特色历史底蕴,持续推进文旅深度融合,展现宁化本土文化的魅力。

## 中国现代舞诗剧《诗忆东坡》在美首演



8日,中国现代舞诗剧《诗忆东坡》8日晚在美国首都华盛顿肯尼迪表演艺术中心首演,正式开启为期2周共计8场的美国巡演。当晚1500余名观众观看了首演。 新华社



▲男女老少观灯。

▲霍童线狮表演。

## 线狮舞动 非遗绽放

### 蕉城霍童“二月二”灯会拉开帷幕

本报讯(记者 尤方明 通讯员 褚子强 文/图)10日晚,中国历史文化名镇宁德市蕉城区霍童镇热闹非凡,一年一度的“二月二”灯会拉开帷幕,舞龙、线狮、铁枝、纸扎等民俗文化活动吸引八方来客。

当晚7时30分许,在锣鼓声中,一条金龙“横空出世”,拉开了灯会展演的序幕。金龙于空中闪转腾挪,沿里弄巷堂逶迤蛇行,场面蔚为壮观。紧接着,霍童线狮

的出动使灯会渐入高潮。10余名表演者牵绳立于舞台后,操纵狮子在狮棚上表演。三只“雄狮”时而坐立朝拜,时而跃起抢球,时而登山下岭,时而相互依偎。舞台在人群的簇拥下缓缓向前,沿霍童主街巡游环绕一周。

“为迎接甲辰龙年,我们特意请老艺人花费大半年时间手工雕琢了新狮棚,狮子也披上了红衣,寓意新年红红火

火。”霍童线狮省级非遗代表性传承人陈新杰说。

灯会上,霍童镇万全境、华阳境、忠义境、宏街境等四“境”(古代流传而来的以神祇为标志的社区,记者注)群众以姓氏为单位执灯出游,祈求风调雨顺、国泰民安。其间,《导弹之父钱学森》《一带一路》《沙家浜》等纸扎作品色彩斑斓、生动逼真,亦吸引在场游人驻足。

## 百里水上福道 千年闽都画卷

### 福州龙舟巡回赛开赛

本报讯(记者 肖榕)10日,2024年度“百里水上福道 千年闽都画卷”龙舟巡回赛第一站——“乐享平安”晋安湖龙舟竞速赛正式开赛,共有16支龙舟队伍参赛。

本站赛事由福州市体育局、福州市晋安区人民政府和福州水务集团有限公司主办,以龙舟500米直道竞速为竞赛项目。

作为福州最具群众基础的体育赛事之一,本年度龙舟巡回赛第一站便呈现出极高的水平。在率先举行的小组赛中,8支队伍经过激烈角逐进入决赛。在决赛环节,龙舟鼓响彻湖心,龙舟健儿奋勇争先,落桨处浪花飞溅,引得观赛群众连

连叫好。最终,福州长乐汇泉队获得第一名,福建云厨龙舟队与长乐区队三溪运动者龙舟队分获第二、三名。

据了解,本年度龙舟巡回赛的赛事规模不断扩大,参赛队伍数量由去年的12支增至16支,福州各区县队伍及在榕高校代表队踊跃参与,使赛事成为展示福州龙舟运动蓬勃发展的一个窗口。

同时,本年度龙舟巡回赛的赛事数量增至8站,竞赛水域由原来的鼓楼、台江、仓山、晋安等四城区扩展至马尾区、长乐区、闽侯县、福州高新区等地的相关河道,在呈现人水和谐共生的山水城市人文魅力的同时,也让更多市民游客感受福州龙舟的独特魅力。



10日,2024年度“百里水上福道 千年闽都画卷”龙舟巡回赛首站在福州晋安湖举行。 新华社