

■ 大话农科

# 再探猕猴桃基因奥秘

■ 本报记者 王方

猕猴桃起源于中国,大约 100 年前引入新西兰开始驯化和栽培。目前已在 中国、新西兰、意大利、智利等 10 多个国家大规模种植,成为风靡全球的营养最为丰富的水果之一。在科学界,猕猴桃基因组和功能基因组学备受关注。

猕猴桃基因组和功能基因组计划由安徽农业大学教授刘永胜团队和美国康奈尔大学教授费章君团队共同领导,参与单位包括四川大学、合肥工业大学、四川省自然资源研究院等高校和科研机构。日前,该团队相继在 *Plant Journal* 和 *Giga Science* 发表两项成果,进一步探索猕猴桃基因组的奥秘。

## 毛花猕猴桃基因组首揭示

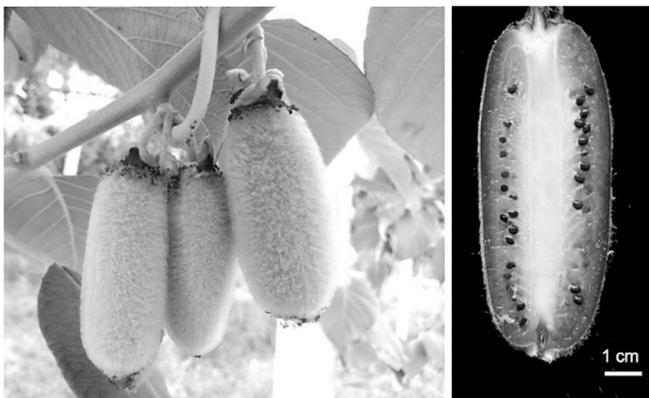
猕猴桃因其独特的风味、富含多种营养成分而受到消费者青睐,被冠以“水果之王”和“维 C 之王”之美誉。猕猴桃属中具重要经济价值的栽培种包括中华猕猴桃、美味猕猴桃、软枣猕猴桃和毛花猕猴桃等。

早在 2013 年,刘永胜团队就在《自然-通讯》上发表了我国广泛栽培的中华猕猴桃“红阳”进行的基因组测序及分析研究成果,绘制出猕猴桃全基因组序列草图。在这一基础上,研究团队日前利用三代测序技术(单分子测序)和三维基因组(Hi-C)技术,构建了毛花猕猴桃品种“华特”基因组的精细图谱。

“研究中遇到的主要难点和挑战是,猕猴桃基因组因为是雌雄异株生殖方式引起的高度杂合,基因组组装时杂合位点与重复序列不易区分。但我们利用最新三代测序技术很好地解决了这一难题。”刘永胜接受《中国科学报》采访时表示。

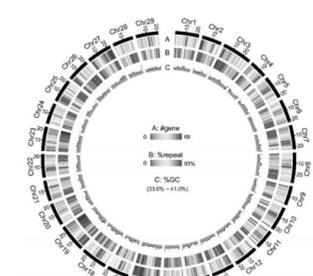
毛花猕猴桃,其果实维生素 C 含量大约是中华猕猴桃的 6 倍,且富含多种矿物质、高抗溃疡病、易剥皮、耐储藏等优点,逐渐受到猕猴桃科研工作者和产业界人士的重视和关注。江浙一带消费者喜食毛花猕猴桃并大规模种植。“华特”是浙江省农科院培育的优异毛花猕猴桃品种。

本次“华特”基因组组装质量非常高,组装后基因组的大小约为 690.6Mb,NS50 为 21.7Mb。大约 99% 的序列都能挂载到 29 条染色体上。毛花猕猴桃基因组包含 43% 的重复序列和 42850 个基因,其中



毛花猕猴桃

刘永胜供图



这项研究不仅证实了猕猴桃进化过程中两次近代基因组倍增历史事件对物种分化和物种形成的影响,而且进一步揭示猕猴桃富营养成分诸如维生素 C、类胡萝卜素、叶绿素和类黄酮等的基因组学机制,为猕猴桃品质改良和遗传育种奠定了坚实基础。

39075 个基因与其他物种高度同源。

“该研究还发现毛花猕猴桃和中华猕猴桃有较高的同源性,它们的分化时间大约为 330 万年前。”刘永胜介绍,两种猕猴桃基因组都经历了一次古代倍增和两次近代倍增,但毛花猕猴桃有 1740 个基因家族扩张,1345 个基因家族收缩。

这项研究不仅证实了猕猴桃进化过程中两次近代基因组倍增历史事件对物种分化和物种形成的影响,而且进一步揭示猕猴桃富营养成分诸如维生素 C、类胡萝卜素、叶绿素和类黄酮等的基因组学机制,为猕猴桃品质改良和遗传育种奠定了坚实基础。

这支团队希望,这张在染色体水平上组装完成的猕猴桃基因组高精度分子图谱,能为猕猴桃整个产业链功能基

因挖掘和遗传改良提供理论参考和技术支持。

## 红心猕猴桃为什么红

人们不仅要求水果营养丰富,而且对其外观品质提出了更高要求。消费市场上常把猕猴桃分为绿心、黄心和红心,经济价值不一。这也意味着,了解果实色泽性状形成的分子基础,发掘色泽艳丽的猕猴桃品种资源具有重要的理论意义和实际应用价值。

刘永胜介绍,中国消费者喜欢红肉偏甜,而西方消费者喜食黄肉偏酸或酸甜适中。总的来说,猕猴桃商业化品种基本要求外形美观,比如大小适中、金黄色、卵圆形等,还要风味独特、耐储运等。

“红心猕猴桃含有大量类黄酮和花青素等生物活性物质,具有很高的抗氧化能力,营养价值极高,风味独特,深受消费者喜爱。科研工作者往往关注其合成和调控的机理及相关的功能基因。”刘永胜说。

那么,红心猕猴桃为什么红?该团队关于猕猴桃功能基因组的研究,揭示了备受关注的红心猕猴桃花青素代谢调控的分子机理。

研究人员选取的红心猕猴桃品种叫“红阳”,由四川省自然资源研究院选育,是我国第一个商业化、国际化、大规模种植的红心猕猴桃品种。

研究人员首先利用组学技术找到与花青素代谢相关的差异表达候选基因,包括 8 个转录因子和 2 个结构基因。再利用转录激活因子瞬时表达系统确定转录因子 AcMYB123 和 AcbHLH42 的协同表达是红心猕猴桃果肉内花青素合成代谢必不可少的前提条件。

双分子荧光和免疫共沉淀实验也证明 AcMYB123 与 AcbHLH42 能够形成复合体。RNA 干涉(RNAi)实验显示,敲除两个中的任何一个会导致猕猴桃果实丧失积累花青素的能力。

紧接着,研究人员用同源瞬时表达系统和稳定遗传转化技术证明,无论是烟草、猕猴桃或是拟南芥模式系统,只有同时表达 AcMYB123 和 AcbHLH42 两个转录因子才可能诱导大量花青素的合成和积累。

有趣的是,研究人员发现 AcbHLH42 还可与另一个猕猴桃花青素转录调控因子 AcMYB110 互作形成复合体,并促进花青素的合成和积累。

刘永胜表示,该项研究的意义在于发现了两组转录因子复合体参与调控红心猕猴桃花青素合成和积累,揭示了花青素组织特异性积累的分子机制,并为猕猴桃品质改良分子设计育种提供了重要的基因资源和新的技术途径。

目前我国猕猴桃育种和产业仍面临着不少挑战,刘永胜希望,以团队猕猴桃基因组学和功能基因组学的科研优势为国家猕猴桃产业发展再助力。

相关论文信息:  
DOI: 10.1038/ncomms3640  
DOI: 10.1111/tpj.14330  
DOI: 10.1093/gigascience/giz027

■ 动态

## 少分蘖多产出 调控水稻好株型

通过酵母双杂交筛选鉴定出一个重要的互作蛋白 IPA1,即理想株型调控因子 OsSPL14。IPA1 对水稻株型发育的调控主要通过调控下游关键基因 OsTB1 及 OsDEP1 来实现。有趣的是,在这两个基因的启动子中均发现 OsSH1 识别基序的存在,且 OsSH1 可直接结合 OsTB1 及 OsDEP1 的启动子。

在突变体 SH1 中,OsTB1 及 OsDEP1 的表达水平显著上调。进一步研究发现,OsSH1 可降低 IPA1 对 OsTB1 及 OsDEP1 启动子的结合能力并抑制其下游靶基因的转录激活活性,进而协同调控水稻株型的发育。

该研究成果从分子遗传学的角度阐明转录因子 OsSH1 在水稻分蘖及穗分枝形成过程中的关键作用,对进一步通过植物株型改良进而提高作物产量具有重要指导意义。(王方) 相关论文信息: <https://doi.org/10.1105/tpc.19.00023>

## 经济林专业重返我国高校

北京林业大学在全国率先设立的经济林专业,从今年起开始招生。这个专业主要培养从事经济林良种选育、经济林机械与智能化栽培管理、林下资源开发利用、经济林基地规划设计、经济林产品贮藏加工、经济林产品营销等方面工作的高级复合型专业技术人才,以适应社会发展的需要。

据了解,早在 1958 年我国开始设立经济林专业,但在 1997 年学科专业目录调整中,被并入林学专业,经济林专业人才培养受到严重影响,难以满足经济林产业快速发展对人才的需求。

据悉,经济林特指以生产果品、木本粮食、木本油料、木本蔬菜、饮料、调料、工业原料和药材等为主要目的的经济林木。

我国经济林约占林业用地 1/9,是山区的支柱产业,对社会经济发展和提供农林产品具有不可替代的作用。目前经济林生产模式已由传统的一家一户、自产自销经营模式转变为集中连片、品牌化经营。

经济林的快速发展,急需大批具有经济林现代化栽培、经济林产品贮

藏加工、经济林产品市场营销的理论基础和专业技术的复合型人才。

为了适应美丽中国建设和乡村振兴战略的需求,该校设立的经济林专业将承担经济林人才培养、科学研究、维持产业健康和林业可持续发展的重任。

该校教务部门负责人称,增设这个专业符合当前经济社会发展需要和建设“双一流”的定位,对健全我国林学类专业体系、提升林学一级学科的整体水平具有重要意义。

据悉,该校在师资条件、实验室、教学实验基地建设方面具备了培养经济林人才的实力和基础。该校从 1990 年起招收经济林方向硕士,1998 年招收博士生。目前建有栽培生理生态实验室、苗木培育实验室、分子生物学实验室、组培实验室、经济林产品加工实验室等。主要从事板栗、枣、蓝莓、榛子、核桃、仁用杏、油橄榄、油茶、文冠果、无患子、元宝枫等经济林树种研究。基于显著优势,该校在京、冀、内蒙、云、贵等地形成了稳定的经济林科研和实践基地。(铁铮)

# 南繁路上追梦人

■ 本报记者 程春生

春天的海南,烈日炎炎,山西省农科院南繁育种基地的科研人员完成了半年时间的农作物加代、杂交、鉴定等科研试验,带着收获的种子返回北方播种。

从上世纪 80 年代开始,山西农科院累计有 3500 余人次的科研人员,像“候鸟”般不辞劳苦地往返于南繁路上,开展了玉米、高粱、谷子、大豆、蔬菜等近 20 种农作物的繁育试验。

“南繁育种极大地加速了农作物品种的选育进程和更新换代,为山西特色农业发展提供了有力的科技支撑。”山西省农科院党委书记李斌告诉记者,仅“十二五”期间,该院通过省级审定(认定)农作物新品种就有 246 个,占全省审定品种数量的 48.7%,其中,60% 以上的品种都经过了南繁加代和育种试验。

该院新建的南繁育种基地,位于海南三亚市乐东县一个偏僻山村。从研究员、博士到刚上班的大学生,无论是整地播种,还是施肥浇水,样样农活都要亲自动手干。据该基地负责人介绍,海南岛的地理纬度较低,阳光强烈,阳光越烈对农作物授粉越有利,所以,农作物授粉期最怕阴雨天。为此,育种人员不仅要忍受蚊虫叮咬,同时要承受强烈的太阳紫外线辐射,到了授粉繁忙季节,他们每天从早忙到晚,饭都顾不上吃,甚至带着干粮下地。

郑向阳是山西省农科院谷子研究所研究员、玉米专家,他连续

16 年参加海南育种,他爱人李会霞是一位谷子育种专家,他们夫妻有 6 个春节是一同在海南基地度过的。今年,郑向阳不仅管理着整个基地的 200 多亩试验田,而且还要完成自己的玉米科研试验。“只要能培育出农民认可的优良品种,再苦再累心里也是甜的。”郑向阳总是这样说。近几年,他主攻玉米的矮秆、低穗位、抗倒、易脱粒新品种选育,并取得了可喜成果,先后选育出一批受农民欢迎的玉米新品种,获得了山西省科技进步奖等多个奖项。

山西省农科院高粱研究所分子育种研究室主任、研究员平俊爱,先后参加南繁育种已有 8 年,今年的春节、元宵节都在试验田度过。她担任国家谷子高粱产业技术体系“硬型晚熟专用高粱育种”岗位专家,也是“酿造专用高粱育种与利用山西省科技创新重点团队”带头人。通过南繁育种,她与团队成员共同育成的新型 A3 细胞质饲草高粱“晋草 1 号”等系列品种,攻克了我国种草养畜、快速发展畜牧业的重难题;育成了株高矮、抗倒伏、耐密植、适宜机械化栽培的“晋杂 34 号”高粱新品种,填补了我国高粱中晚熟机械化品种的空白。他们培育的品种在全国 20 余个省区累计推广 1000 余万亩,创社会效益 8 亿元左右。

这些农业科技人员,长期工作在天涯海角,不仅是一群追赶太阳的人,更是一群为育种事业锲而不舍的追梦人。“培育一个优良品种,从基础材料的组建、选系、组配到鉴定、试验,整个程序下来需要十几年的时间。”山西省农科院玉米育种专家王建军这样认为,无论是在研究所,还是海南基地,在漫长的科研过程中,要耐得住枯燥寂寞,经得起风吹雨打,打得住心理压力。

“一代又一代的南繁农科人,就是这样在日复一日的劳作中,磨炼出了艰苦奋斗的优良品质。”李斌说。

# 牡蛎家族的“土豪金”

■ 本报记者 廖洋 通讯员 冯文波

当下正值牡蛎肥美的时节,在山东、辽宁等沿海居民的餐桌上,一种外壳呈金黄色的牡蛎凭借“高颜值”的形象备受追捧,被大家称为牡蛎界的“土豪金”。这一通体金黄、自带光芒的牡蛎品种,便是中国海洋大学水产学院院长李琪教授与他的团队历时八年精心选育的我国第一个高端牡蛎品种——长牡蛎“海大 2 号”。

## 历时八年四代选育 终获“高颜值”牡蛎

牡蛎,俗称蚝,又名蛎黄、海蛎子等,味美且营养价值丰富,是颇受大众喜爱的“海味”。在欧美等发达国家,牡蛎价格昂贵,经济价值十分可观。“长期以来,我们国家的牡蛎养殖没有高端品种,多为大路货,严重制约了这一行业的发展。”李琪说。

为了改变我国牡蛎养殖业良种匮乏的问题,2014 年李琪带领科研团队成功选育出了我国第一个牡蛎新品种——长牡蛎“海大 1 号”,不仅填补了我国牡蛎良种培育的空白,而且对实现海水养殖良种化,推动牡蛎养殖业持续、稳定、健康发展,起到了引领示范作用。

在选育长牡蛎“海大 1 号”的同时,李琪和他的团队也开启了培育我国高端牡蛎品种的创新之路。在平常出海作业或开展育种工作时,李琪发现个别牡蛎一侧的外壳呈金黄色,于是他们就把这种牡蛎挑选出来,进行家系选育,然后再从其后代中选择左右壳均为金黄色的进行交配,历经 2 代之后,再进行 2 代群体选育,对其生长速度、出肉率等进行改良和优化,又经过连续两年生产性养殖对比实验以及小规模推广示范养殖,最终培育成功了我国牡蛎的自主高端品种——长牡蛎“海大 2 号”,并于 2017 年 4 月获得了全国水产原种和良种审定委员会颁发的水产新品种证书(品种登记号:GS-01-007-2016)。

“海大 2 号”与未经选育的长牡蛎相比,平均壳高、体重和出肉率分别提高 39.7%、37.9% 和 25.0% 以上,左右壳和外套膜均为色泽亮丽的金黄色,被沿海养殖户称为“金牡蛎”“金蚝”。

回首这一新品种的培育之路,李琪表示,苗种选育期间,赤潮、台风和水质变化往往会给幼小的牡蛎苗致命打击,一旦一个代际的选育中断,他们前期的努力将付之东流。为此,李琪带领团队分别在多个不同的海区进行选育,做好备份,防范风险。“鸡蛋不能放在一个篮子里”,李琪说,这意味着他们要付出更多的时间和精力。

目前我国牡蛎养殖的年产量已占全球 80% 以上,是名副其实的世界第一大牡蛎养殖国。“我们是牡蛎养殖大国,但还不是强国。”李琪说,要想实现从牡蛎养殖大国向养殖强国的转变必须走良种培育之路。他表示,长牡蛎“海大 2 号”只是他们在培育我国高端牡蛎品种的道路上迈出的第一步,接下来还会有更多高端品种问世。

由牡蛎养殖大国向强国迈进的征途中,牡蛎育种人才的培养至关重要。李琪表示,既要立足我国现实,埋头苦干,也要向发达国家学习,开拓视野,在交流互鉴中提升创新能力,建设我国的牡蛎育种“梦之队”。

## 树立高端品牌形象 助推牡蛎产业升级

“金牡蛎太漂亮了,外壳我要收藏制作工艺。”“肉质细嫩爽滑,又甜又鲜,真赞!”……在 2019 年 1 月举行的第四届乳山(国际)牡蛎文化节上,游客对长牡蛎“海大 2 号”赞不绝口。同样感到高兴的还有北方的牡蛎养殖户。

在李琪的手机里有一个名为“长牡蛎产业群”的微信群,里面大多是辽宁省长海县的牡蛎养殖户,他们



李琪(右三)与团队成员查看长牡蛎“海大 2 号”生长情况。 中国海洋大学供图

和科研的任务很重,但李琪还是会挤出时间回答养殖户的提问。他说,看到自己培育的牡蛎养殖户愿意养,老百姓喜欢吃,不仅能产生经济效益,还有不错的社会效益,他在忙碌中自有一份快乐。

长牡蛎“海大 2 号”问世以来,凭借其符合国人审美标准的“土豪金”外壳,以及成活率高、出肉率高等特点迅速赢得了市场青睐,在山东、辽宁等沿海地区广为养殖,在打造牡蛎品牌、丰富百姓餐桌的同时,也为我国渔业“提质增效、减量增收、绿色发展、富裕渔民”的发展目标不断助力添彩。

在选育长牡蛎“海大 2 号”的过程中,李琪和他的团队收获的既有忙碌和快乐,又有系列成果,获国家专利 4 项,在国内外学术刊物上发表论文 50 余篇,培养研究生 30 余人。鉴于李琪在牡蛎育种领域的突出贡献,2014 年山东省授予他“泰山学者种业计划专家”称号。

李琪表示,苗种选育期间,赤潮、台风和水质变化往往会给幼小的牡蛎苗以致命打击,一旦一个代际的选育中断,他们前期的努力将付之东流。为此,李琪带领团队分别在多个不同的海区进行选育,做好备份,防范风险。