

■ 大话农科

# 一根黄瓜也能“顶天立地”

■ 本报记者 李晨

1月8日是2018年度国家科技奖励大会召开的日子。

清晨,黄三文和顾兴芳在进入人民大会堂参加大会之前合了一张影,成为他们科研友谊的见证。

他们同来自中国农业科学院蔬菜花卉研究所(以下简称蔬菜所),同样研究黄瓜,在同一年分别获得国家自然科学二等奖和国家科技进步二等奖。

他们各自带领团队,又在科研上开展合作,搞清楚了黄瓜基因组的“内核”,并借此指导黄瓜分子育种,创造了可观的经济效益和社会效益。

十余年来,从基因组到新品种,黄瓜科研真正实现了“顶天”又“立地”。

## 为了让黄瓜有黄瓜味儿

“黄瓜没有黄瓜味啦!”“西红柿的味道越来越淡了。”蔬菜品质已经成为老百姓关心的话题,也是我国蔬菜科研工作者的方向。

但在黄瓜基因组破译之前,蔬菜基因组到底什么样,没有人知道。“基础研究较为薄弱,导致蔬菜优良品种培育进程缓慢,分子育种无从开展。”黄三文告诉《中国科学报》。

黄瓜是葫芦科作物的模式物种,它仅有3亿个碱基对,是蔬菜中最少的。同时,在生产上,黄瓜是五大蔬菜之一,又是第一设施蔬菜。

然而,世纪之初,我国黄瓜单产水平和荷兰等发达国家相比仍有较大差距,一些黄瓜品种在不利生长条件下易发苦而严重影响商品价值。此外,消费者对外观和风味品质以及品种多样性要求越来越高。

“要解决黄瓜生产中的主要问题,亟须创新黄瓜育种的理论和技术体系。”黄三文说。

但是,国内外黄瓜遗传育种研究一直落后于番茄、白菜等主要蔬菜作物。在黄三文和顾兴芳等人提出对黄瓜开展联合研究之前,黄瓜一直没有完整的分子标记遗传图谱,最好的遗传图谱只有200多个分子标记,大部分是AFLP等不可移植的标记,且连锁群的个数大于染色体数目,不能有效地覆盖到全基因组,这严重限制了黄瓜遗传育种研究。

“制约黄瓜遗传育种研究的结构障碍是其遗传背景非常狭窄。”顾兴芳告诉《中国科学报》,黄瓜是甜瓜属的66个物种中唯一单倍体染色体数目为7的物种(其他均为12),基本上无法通过有性杂交与同属的其他物种进行遗传物质的交流。

由于遗传背景狭窄,通过常规的技术手段开发黄瓜标记非常困难,造成黄瓜遗传研究体系落后,这严重制约了黄瓜生物学研究和分子设计育种开展。

2005年至2006年,“454”和“Illumina”等新一代基因测序技术先后问世,使得以前因为效率低、耗时长、成本高而让人望而生畏的生物基因

组测序发生了根本性的变化,低成本、高效率进行生物基因组测序成为了可能。

2006年底,包括黄三文、谢丙炎、顾兴芳等在内的蔬菜所专家提出利用新一代测序技术进行黄瓜基因组测序的建议。蔬菜所时任所长杜永臣先后多次组织召开常委会和所学术委员会进行专题研究。

最后决定,为打破黄瓜分子遗传研究落后的局面,提升黄瓜分子育种研究水平,并带动我国其他蔬菜乃至园艺作物的分子育种技术发展,蔬菜所自筹千余万元资金,利用新的测序技术进行黄瓜基因组测序。

测序工作2007年正式启动后,又得到了原农业部、科技部和国家自然科学基金委员会的部分项目支持。

## 解读基因组秘密

“我们的工作相互支撑。”黄三文团队研究员张忠华告诉《中国科学报》,从项目启动伊始,两个团队的工作就紧密联系在一起。

以黄三文团队为主,蔬菜所研究人员抓住新一代基因组测序技术出现的契机,破解了第一个蔬菜作物——黄瓜的基因组遗传密码。并以此为基础,研究了世界上主要黄瓜资源的全基因组遗传变异。

他们证实,黄瓜原产于印度,经过人类驯化选择成为人们喜欢的蔬菜,后来传播到不同地域,形成了三个主要类型:欧亚黄瓜、东亚黄瓜、西双版纳黄瓜。东亚黄瓜与印度黄瓜的分离时间是2000多年前,与张骞出使西域给中国带来这个大众蔬菜的史实相吻合。

2009年到2013年,上述研究成果先后发表于《自然-遗传》和《美国科学院院刊》等国际顶级期刊上。

顾兴芳说,这些成果为发现黄瓜重要农艺性状控制基因提供了重要的资源和信息,也为黄瓜种质资源的育种利用提供了理论框架。以此为基础,他们克隆和定位了50多个黄瓜农艺性状基因,推动黄瓜育种进入分子设计时代。

针对黄瓜单产较低和华南类型黄瓜偶有苦味的生产问题,2014年,他们在《科学》杂志上宣布发现控制果实数目和苦味形成的关键基因。

黄三文介绍,黄瓜只有雌花才能发育成商品瓜,他们发现M基因能够控制雌花的形成,M基因是黄瓜首个得到功能确证的重要农艺性状基因,结合该基因作用途径开发了提高雌花率的基因标记,用于辅助选育高产黄瓜。

此外,黄瓜中的合成胡萝卜素C导致果实变苦,他们发现了控制黄瓜苦味物质合成的9个基因,并发现有两个“开关”基因分别在叶片和果实中控制苦味物质的合成。

“把果实‘开关’关上,不让黄瓜变苦;把叶片‘开关’打开,让叶片苦来抗虫。”黄三文说,苦味



黄三文(右)和顾兴芳在科研上开展合作,搞清楚黄瓜基因组的“内核”,并借此指导黄瓜分子育种。

物质精确调控是植物中首次揭示代谢产物的精确调控机制。

与此同时,顾兴芳团队利用黄瓜基因组大数据,构建了国际上第一张超饱和和含有10629个SNP的遗传图谱;首次发现了果实苦味基因Bi-3和显性果皮有光泽基因G,阐明了有光泽、抗黑星病、抗病毒病等性状的遗传规律;开发出与无苦味、有光泽、抗黑星病、抗病毒病等21个性状紧密连锁的分子标记。

不仅如此,黄瓜基因组研究方法体系在白菜、西瓜和番茄等蔬菜作物基因组研究中得到广泛应用。在我国多个单位的同心协力下,在《自然》《科学》《细胞》等国际顶尖期刊发表10多篇研究论文,带动我国蔬菜基因组学进入国际领先行列。

## 分子育种进入“掘金时代”

长期以来,我国蔬菜生产上品质优良、多抗和丰产性好的黄瓜品种数量不足。

顾兴芳介绍,黄瓜原有主栽品种瓜把长、瓜色暗、瓜条表面有黄线、果肉颜色发白、口感差,影响了果实外观品质和食用品质;多抗、高抗品种少,造成不同年份的丰产性不稳定。

关于黄瓜主要病害抗病性鉴定方法,更是没有形成统一标准,影响了抗病性鉴定结果的准确性及可比性,导致育种效率降低。

此外,在品质和抗病育种技术上,仍沿用常规育种手段,无简便且实用的分子标记可用,育种周期长,选择效率低,导致品种更新换代速度慢。

“基因组研究推动了黄瓜基因的‘掘金时代’。”黄三文如是说。与他同获自然科学二等奖、湖南蔬菜研究所研究员陈惠明基于基因组研究结果,培育了“蔬研”系列等新品种,成功解决了华南黄瓜品种变苦而丧失商品价值的生产难题。累计推广约100万亩,创造约80亿元的经济价值,取得显著社会效益。

此外,以顾兴芳团队为主,取得了几项重大原创性成果。

顾兴芳团队研究员张圣平告诉《中国科学报》,他们花十几年时间收集保存并系统评价了5637份种质,极大丰富了我国蔬菜种质资源库。

通过创建8项先进高效的抗病性鉴定和品质评价技术,团队发掘抗病优质资源19份,研制出黑星病、病毒病等8种主要病害的抗病鉴定技术和瓜把长度、黄色条纹等品质评价技术,颁布行业标准10项,为优异基因挖掘和优质多抗育种提供了种质基础。

顾兴芳还带领团队率先创制出聚合无苦味、有光泽等5-6个优质基因和抗黑星病、病毒病等5-10个抗病基因的高配合力自交系12个,攻克了优质抗病基因难以聚合的技术难题。“突破了密刺型黄瓜不抗黑星病、水果型黄瓜不抗病毒病的育种瓶颈。”顾兴芳说。

利用创制的优质多抗自交系,他们通过分子育种手段,培育出新一代优质多抗新品种8个,实现了密刺型黄瓜优质多抗育种的突破。中农16号、中农26号等,辽宁王、河北等设施黄瓜主产区总面积的50%以上;中农106号、中农18号等,成为广东、云南等7省区的主栽品种,占主产区的30%以上。

上述新品种在全国27个省(市、区)累计推广1187.9万亩,新增社会经济效益91.61亿元,其中近三年推广493.52万亩,新增社会经济效益36.97亿元。

“新品种的大面积推广,不仅为农民脱贫致富作出了积极贡献;由于其多抗性质,减少农药使用量20%以上,推动了蔬菜产业绿色发展,生态效益显著。”张圣平说。

更重要的是,顾兴芳认为,这些成果推动了行业科技进步;分子标记多基因聚合育种技术的应用,实现了黄瓜常规育种与分子育种相结合的重大变革;育成新品种的推广应用,为我国黄瓜品种占本行业市场主导地位作出了重要贡献。

## ■ 前沿

# 组蛋白修饰调控水稻干旱应答新机制获揭示

本报讯 华中农业大学教授熊立仲课题组在《分子植物》在线发表研究论文,揭示了组蛋白单泛素化修饰精细调控水稻干旱应答的新机制,对于探究植物抗旱分子机理和抗旱遗传改良具有十分重要的意义。

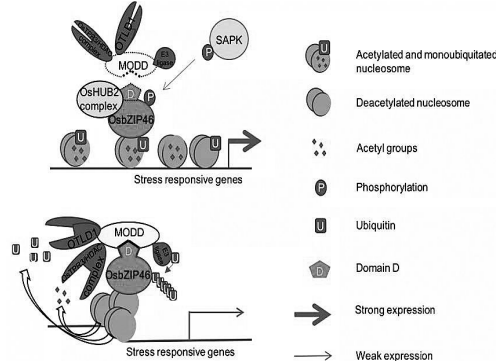
水稻作为主要的粮食作物和科学研究的模式植物,要提高自身抗旱性来增强粮食产量的稳产性,其抗旱应答分子机理研究尤为重要。

植物激素ABA(脱落酸)在植物逆境应答中发挥重要的作用,ABA的信号转导受到多种机制调节。熊立仲课题组之前的研究表明,OsbZIP46是参与水稻ABA信号转导的重要转录因子,其功能受到一个关键的结构域D的显著调控,该结构域可以与负调控因子MODD互作并招募相关蛋白复合体,从而抑制OsbZIP46功能。

本研究发现,具有组蛋白H2B单泛素化功能的E3泛素连接酶OsbHUB2可以与OsbZIP46互作,同时作为一个正调控因子参与ABA信号转导和干旱应答。该研究还发现,干旱胁迫过程中H2B单泛素化修饰存在动态变化,该修饰在中度干旱胁迫后显著上调,而在重度干旱胁迫又有所下降(相对中度胁迫而言)。造成这一动态变化的原因可能是由于MODD对H2Bub1修饰存在负调控;MODD可以通过招募具有组蛋白H2B去泛素化酶活性的OstOLD1负调控H2B单泛素化修饰。

这一精细调控机制为后续深入研究水稻抗旱分子机理奠定了良好的基础,为水稻抗旱遗传改良提供了新思路。(王方)

相关论文信息:DOI: 10.1016/j.molp.2018.12.005



## ■ 走近农业科技创新联盟②

# 踏“实”创新 激发活力

■ 本报记者 王方

在科创合作中,常常出现产权归属不明、创新效率较低等问题,以至于合作浮于表层、衔接无力,无法深入解决产业重大问题。如何改变这一局面?

国家农业科技创新联盟(以下简称联盟)自成立起,重点聚焦农业产业和区域发展的重大问题,陆续成立了专业、产业和区域三类联盟。联盟从优化科技创新顶层设计着手,探索出一条通过“实体化”机制激发创新活力,提升科研人员服务产业积极性的途径。

## “实体化”机制突破口

2018年4月,新疆联盟优棉科技技术服务有限公司在新疆昌吉注册成立并顺利运行。这是由联盟旗下的棉花产业联盟理事单位——中国农科院棉花研究所,以及有关常务副理事长单位兵团第七师、昌吉国家农业园区和常务理事单位中棉种业、中农优棉公司等共同出资组建的联盟实体化运行平台机构。

5月30日,联盟平台公司首届股东董事联席会议在新疆昌吉召开,部署了联盟中长期发展规划及公司市场运行等事项。这是联盟实体化推进的一个例子。

“联盟实体化工作主要以产业联盟为主,这是‘实体化’机制的重要突破口。部分产业联盟也应积极介入,开展实体化运作,推动联盟做实做深。”联盟秘书长、农业农村部科技教育司司长廖西元表示。

联盟秘书长、中国农科院副院长梅旭荣对此表示支持:“‘实体化’机制的实施,对于联盟围绕产业需求服务、获取产业信息、集聚产业人才、提供产业技术服务及构建产业网络具有前瞻性、开放性、基础性平台作用,对于联盟引领各领域产业实现整体跃升具有重大意义。”

实际运行过程中,“实体化”机制衍生出研究机构实体化、运营机构实体化和服务机构实体化等一系列形式。

研究机构实体化是指联盟建设面向问题导向和需求导向,汇聚了过去难以聚合的行业内顶尖科研团队力量。联盟发挥平台作用,

建设科研联合攻关实体机构。

运营机构实体化是根据自愿原则,将企业、专家团队等不同联盟成员以现金和期权的形式分配股权,并基于此建设联合性经济实体,为联盟内产学研多主体紧密合作、共赢发展做制度框架。

服务机构实体化是指联盟承担了行业内公益性服务的重要任务,联盟牵头通过与地方政府、科研力量、企业多方协作实质化,形成了覆盖一二三产的产业社会化服务框架。棉花联盟正是采用这一形式。

## 加强衔接“集团军式”作战

“实体化对联盟发展起到了重大推动作用,对经济、产业和社会等产生了较大影响。”廖西元说。

实体化加深了联盟管理融合度,激发联盟成员主人翁意识,通过联合产业联盟成员注册经济实体,实现经济效益增长,促进优秀科研院所和高校基础性研究成果向企业转移。

渔业装备联盟的牵头单位捷胜海洋装备股份有限公司联合中国水科院渔机所、上海海洋大学、青岛鲁海丰投资等9家单位,共同出资成立产业实体——梅山玻璃钢船舶设计研究院,主要从事玻璃钢船舶设计、工艺、装备及船舶标准化研究工作。

按照出资比例,风险共担、利益共享,研究院旨在推进玻璃钢船舶产业从基础研究到产业应用推广中各环节衔接,发挥联盟“集团军式”作战优势,促进渔业装备科技整体发力。

再如研究机构实体化——农业废弃物循环利用联盟正积极筹备国家农业环保创新产业科技研究院,注册资金由6家单位提供。研究院设立专家委员会和首席专家。首席专家由中国农科院农业环境与可持续发展研究所、农业农村部规划设计研究院推荐委任,负责推动组建技术团队,开展技术攻关、技术集成,制定技术解决方案并指导实施。

“这破解了过去联盟在合作研发过程中产权归属明晰度不够的问题,联盟成员也因

此可以在法律框架下发挥联盟发展的决策权,获得相应的收益。”联盟办公室主任、中国农科院科技局副局长熊明民表示。

同时,依托联盟示范基地和农场,开展技术服务和新品种展示示范等,进一步促进联盟对产业的提升作用。

## 平台孵化:更多成果 更大价值

“联盟实体化加大了联盟服务产业的参与度。新建实体以科研院所作为创新主体,加强与企业深度合作,支持企业以核心技术打造产业优势,以系列技术的开发全方位延长产业链,逐步由单一的技术和产品优势转化为整个产业的系统优势。”梅旭荣说道。

目前,在梅山玻璃钢船舶设计研究院和其他联盟成员的共同努力下,已完成玻璃钢渔船产业链配套产品4项,其中玻璃钢远洋渔船制冷系统、渔捞装备系统已实现批量生产。

2017年,渔业装备科技创新联盟以渔业船舶综合服务平台为基础,渔业装备科技创新联盟相关企业共同投资成立了宁波易船达科技股份有限公司,开展渔业船舶综合服务平台建设。

平台自正式运营以来,公司拥有大数据分析系统、售后服务系统等多个软件著作权。目前交易额已达4200多万元。平台未来3年目标为拥有线上交易10亿元,最终实现“百万渔船、百亿订单”。

熊明民表示:“通过多方合作及研发团队高效合理配置,为促进产业链中各主体在良性组合中催生出有价值的科研成果、技术模式和可持续运行的机制提供了孵化器。”

渔业联盟通过项目实施及推广,将改变目前国内渔船行业信息化程度低、船东对船舶管理混乱、产品质量与市场价格混乱等现象。平台将与渔业船舶相关的各类数据进行整合,并对渔船各类数据进行合理使用,力争为渔业从业者创造新的更大的价值空间。

“下一步,我们将会把实体化机制的经验向更多适宜的联盟推广。”熊明民说。

# 世界首个桉树三倍体诞生记

■ 本报通讯员 铁铮

世界上首个桉树三倍体被中国科学家率先获得。这是我国在桉树多倍体育种中取得的最新突破。

这一新进展之所以重要,是因为桉树是世界三大用材造林树种之一。全球超过100个国家均有种植,其人工林总面积超过2000万公顷。在我国,桉树人工林种植面积超过440万公顷,占全国人工林总面积的7%。桉树每年提供超过25%的木材和40%的木浆产量,综合年产值超过3000亿元。

遗憾的是,目前世界桉树栽培主要以杂交品种为主,连续多年未见突破性品种诞生。攻克桉树遗传改良技术的瓶颈,成为桉树良种选育跨越式发展的关键。

这项成果在国际知名林业开源期刊Forests在线发表后,北京林业大学林木分子设计育种高精尖创新中心PI康向阳教授讲述了世界首个桉树三倍体诞生的历程。

早在2008年,北京林业大学就开始与广西国有东兴林合作开展桉树倍性育种研究。在康向阳的指导下,青年教师杨璐经过硕士转博士研究生以及博士后的持续10年潜心研究,终于在桉树多倍体育种领域取得重大突破。

自然界中的植物染色体多为二倍体,而一些植物通过科学有效的遗传育种手段使其染色体增加一倍为三倍体后,其各种生长指标都会大幅度提高。因此,众多科学家都潜心于多倍体育种研究,用以选育出新的树木良种。

事实确实如此。康向阳提供的初步数据证明,与桉树二倍体相对照,新培育出的三倍体株高、地径生长等均提高了约1.3倍,而叶面积增大1.8倍,光合速率高1.6倍,表现出了显著的营养生长优势。这对于桉树这一重要树种的人工林经营等显然有十分重要的价值。

时间追溯到上世纪80年代,北京林业大学教授朱之伟就开始了毛白杨三倍体育种的研究探索。90年代初,正值青年的康向阳加入这个团队,并经过大量的细胞染色体镜检观察,成为三倍体毛白杨选育成功的证明人。当选为中国工程院院士的朱之伟辞世之后,康向阳带领团队继续在多倍体育种道路上艰难跋涉,解决了一个个技术难题,并应用于青杨、响叶杨等杨树多倍体育种,技术逐渐走向成熟。

林学界一直有“南桉北杨”的说法,指的是杨树在北方是当家树种,桉树则在南方造林中饰演着重要的角色。杨树育种难关攻克之后,康向阳开始将研究向桉树拓展。

康向阳在众多学生中欣喜地发现,杨璐在本科生阶段就对育种具有浓厚的兴趣。指导硕士生开题时,康向阳和他选定了桉树育种方向。从那开始,杨璐就成了这个团队的主要研发人员。为了这项研究,杨璐仅完成硕博连续就用了7年。并非他不刻苦,也不是导师不上心,而是桉树这个树种的特殊性,让“加倍”难上加难。

遇到的第一关是桉树的基础研究十分薄弱。世界上虽然生长着900多个桉树种,但想尽一切办法广泛搜集之后,还是没有查到一篇与生殖生物学相关的研究文献。拜托桉树故乡澳大利亚的学者帮忙查找,依然没有结果。毫不夸张地说,他们的研究是从零开始的。

第二道难关是取材难、处理难。桉树是高大乔木,一般都有十几米高。每次取材时都需要在搭起的高高架子上爬上爬下。因为不知道桉树花芽什么时间形成、减数分裂什么时候开始,需要时时跟踪。一年中总有几个月蹲守在东门林场,每天随时采样、随时检测,其中的困难不胜枚举。

东门林场位于亚热带季风气候区,炎热多雨,常有台风突袭,既会影响植物发育进程,也给野外作业带来诸多不便,不断干扰试验进程。仅仅生殖生物学一个环节,摸清桉树基本规律就花了3年时间。终于,桉树何时开始开花,何时花期结束,何时进入减数分裂,何时适合进行处理等,都在他们的掌握之中。

试验处理后的花蕾一点点变化、慢慢地发育。花蕾长成果实,果实成长成熟。收获加倍处理的果实,播种育苗,苗子一点点长大,再一株株检测倍性。从春秋款,从冬到夏,在这样循环往复的过程中,时光流逝而去。在康向阳的指导下,在东门林场的支持下,杨璐又在与桉树陪伴中度过了3年博士后岁月。

2017年冬天,他用流式细胞仪快速检测了不同处理组合的上千株桉树苗幼叶片之后,终于发现了令人魂牵梦绕的那一组多出来的染色体。

尽管巴西等国的专家们也在做类似的试验,但三倍体桉树在世界上首次获得,是由中国科学家完成的。

康向阳告诉记者,获得的三倍体桉树生长性状表现突出,预示多倍体育种将会给桉树育种带来革命性的转变。最艰难的日子已经过去,但距离育成能应用于生产的良种还有漫长的路要走。他希望杨璐等青年团队能够争取到国家资金支持,能创制出更多可供选择的桉树三倍体,让国家珍贵的林地生产出更多的木材,真正成为“金山银山”。

在这条道路上,他和他的团队还会继续努力。

相关论文信息:DOI:10.3390/F9110728