

探寻“结球”生菜好吃背后的秘密

■本报记者 张晴丹

没放生菜的汉堡是没有灵魂的，蔬菜沙拉里也必有生菜的身影。近年来，生菜已经成为颇受消费者喜爱的食物，其中结球生菜因营养丰富且口感更加清脆、鲜嫩，在众生菜中“脱颖而出”。

结球生菜如何形成叶球？这引起了科学家的好奇。

然而，与模式植物不同，蔬菜种类繁多，有上百种，结球又是蔬菜里特有的性状，其复杂性让国内外相关研究止步不前。

近日，华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室匡汉晖课题组攻坚克难，通过正向遗传学方法成功鉴定了控制生菜结球的基因，并且用遗传转化验证了该基因功能和作用机理，对结球蔬菜的品种选育有着重要的科学意义。

相关研究成果发表在美国《国家科学院院刊》上。

遗传研究困难重重

人们通常所说的生菜在分类学上属于叶用莴苣，而茎用莴苣则被人们称为莴笋。作为重要的大宗蔬菜之一，莴苣属于菊科，起源于地中海地区，具有非常丰富的栽培类型，包括罗马生菜、散叶生菜、奶油生菜、结球生菜、油麦菜、莴笋等。

“莴苣不同栽培类型之间的形态差异较大，但不同类型之间可以进行杂交，并能产生可育的后代。因此，莴苣是研究植物形态发生及进化的优良材料。”匡汉晖在接受《中国科学报》采访时表示。

这里面，生菜的“结球”特性引起了课题组的兴趣。

结球是叶片发育的特殊表型。结球蔬菜的叶片都有一个共同特征，即叶片由外向内弯曲、层层包裹，由叶片构成一个球状结构，这样的叶球里几乎是无菌状态，非常干净。

从生物学角度来看，结球性状与植物传宗接代的“使命”有些背道而驰。植物生长的目的是把自己的基因传递给下一代，结球以后，植物开不出花来，就会灭种。

这对于植物繁衍“有害”的性状，却受到人工选育的青睐。

“结球蔬菜的叶球拥有更脆嫩的质地，口感也更好，而且便于机械化收获、易存储、货架期长，因此结球生菜深受市场喜爱，占整个生菜产量和消费的一半以上，有些地方还靠

2020 年 12 月 22 日 星期二

编辑 / 李晨 校对 / 何工劳 Tel: (010) 62580690 E-mail: agriweekly@stimes.cn



▲结球生菜大约在第十片叶子开始向内弯曲，逐渐发育成一个球形。

►匡汉晖在实验大棚对结球生菜进行去雄杂交。

匡汉晖供图

种植结球生菜来脱贫致富。研究结球生菜具有现实意义。”匡汉晖说。

然而，这条路并不好走。几十年来，国内外科学家都在开展相关研究，但关于蔬菜结球的秘密却一直未能破解。

“原因在于，结球是多基因控制的数量性状，这就导致我们难以寻踪溯源。”论文共同第一作者、华中农业大学园艺林学学院博士毕业生严承欢在接受《中国科学报》采访时说。

不仅如此，和一些传统蔬菜相比，结球生菜更易受环境影响，比如光照、温度等因素都可能会影响结球表型。这些因素造成其遗传研究非常困难，此前一直没能找到叶球形成的遗传调控基因。

找到基因 完成双验证

想要找到这个“主角”谈何容易。课题组选用结球生菜与罗马生菜进行杂交获得F1代后，进一步自交获得F2群体。课题组成员对F2群体的结球表型进行分析发现，群体中结球性状由紧密结球到完全不结球的连续分布，表明该遗传群体中结球是一个数量遗传性状。

为了突破数量遗传性状由多基因控制的研究障碍，就需要在短期内进行单基因化。这就相当于要把一个多维空间“降成”一维，其中的艰难可想而知。

“通过比较结球和不结球性状在遗传上的差异，我们在生菜的4号和7号染色体上发现了两个主效的结球位点，并将其命名为LHL1和LHL2。对这两个位点分别单基因化及遗传定位，结果发现LHL2位点效应更强。论文中我们选择了这个位点进行进一步研究，将其锁定在了一个约450kb的区域，对这个区域进行基因注释发现，该区域共编码有11个基因。”严承欢介绍。

其中，一个玉米KN1基因的同源基因引起了课题组的注意，也就是LsKN1。在玉米中，KN1基因是控制植物茎尖分生组织发育的基因。

实际上，LsKN1基因并不是结球生菜独有的，它在所有生菜和莴笋里都有。因为变异才导致结球，而变异则是由一个转座子引起的。

课题组发现，结球生菜中该基因的第一个外显子中插入了一个转座子，转座子的插

进展

高质量蛇瓜基因组首次发布

本报讯 近日，《园艺研究》在线发表了北京市农林科学院蔬菜研究中心(国家蔬菜工程技术研究中心)副研究员左进华团队与英国诺丁汉大学教授 Donald Grierson 团队、美国康奈尔大学 BTI 研究所教授费章君团队的研究论文，揭示了蛇瓜基因组及其果实成熟的调控机制。

蛇瓜是一种葫芦科植物，因其果形细长弯曲似蛇而得名，长度可达1.5~2.0米，瓜形奇特，色彩斑斓，果实营养价值丰富，是集观赏、食用和药用价值于一身的优良作物。

该团队在国际上首次发布了高质量的蛇瓜基因组。研究人员采用第三代测序技术、Illumina 测序和 Hi-C 技术相结合的方法，将99.89%的序列锚定到11条染色体上，最终生成了919.8Mb的基因组组装，是迄今为止报道的葫芦科植物中最大的基因组之一。该基因组含有22874个蛋白质编码基因，而重复序列占整个基因组的80.0%，该研究为蛇瓜基因发掘和遗传育种提供了精准的基因信息。

系统发育分析表明，丝瓜与蛇瓜的近缘关系最为密切，并在4700万~3300万年前由它们的共同祖先分化而来。这项结果将分化年代缩小至更精确的范围，并为丝瓜基因组进化提供了理论依据。

该研究对蛇瓜果实3个不同成熟期进行了转录组测序和分析。在果实发育阶段，共鉴定出了480个差异表达基因；而在果实成熟阶段，则鉴定出4801个差异表达基因，并进一步系统解析了与果实品质，如色泽、质地、抗病性、植物激素等相关候选基因在不同成熟期的表达谱。

该研究还以糖基水解酶家族构建了该基因家族系统发育树，分析了质地相关基因在蛇瓜和模式物种拟南芥以及近缘物种南瓜和丝瓜中的进化关系。研究发现，在两个糖基水解酶家族28和35中，南瓜和丝瓜是与蛇瓜基因家族关系最近的物种。(王方)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41438-020-00423-9>

扶贫纪事



田凤坪村油菜花海

中国农科院供图

2020年是脱贫攻坚收官之年。突如其来的新冠肺炎疫情，严重影响了扶贫产业食用菌的销售和生产，成为脱贫攻坚的严峻挑战。

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所研究员张金霞带着她心爱的蘑菇，扶贫攻坚33年。疫情期间，她和团队每天都保持着与贫困户的联系，了解生产和销售情况，开展技术指导、疏通销售渠道，为全国食用菌不误农时、安全生产提供重要的技术保障。

不仅仅是一个张金霞，在近日举行的中国农业科学院脱贫攻坚与成果转化工作会上，中国农业科学院(以下简称农科院)院长唐华俊介绍，该院“集成运用八种帮扶方式，精心打造四种帮扶模式，强力支撑五大主导产业，为现有标准下贫困人口全部脱贫、贫困户摘帽贡献了农科力量”。

集成运用帮扶方式

我国是世界马铃薯第一种植大国，60%以上的种植区分布在贫困区域。从1997年开始，农科院蔬菜花卉研究所研究员金黎平就带领团队配合国务院扶贫办，在贵州省开展马铃薯产业扶贫工作，开辟了科技扶贫和产业扶贫相结合的新路子，让马铃薯实实在在地成为了当地农民脱贫致富的“金蛋蛋”。

她在连片贫困区宁夏固原市原州区、湖北恩施和内蒙古乌兰察布市等地建立研发示范基地和专家工作站，率领团队常年奔波在乌蒙山区、六盘山区和燕山太行山区等马铃薯主产区，为贫困区开展科研和农技人员技术培训。她每年参与的新品种新技术试验展示达3000多亩；先后培养510余名农技人员。

陕西省宁陕县内有大量优质蜜源植物，是中蜂的天然栖息地，养蜂承载着当地百姓的脱贫致富梦想。

农科院蜜蜂研究所专家团队深入宁陕调研。对口帮扶责任专家李建科发现，当地主要靠传统观念养蜂，饲养技术不过关，蜂病防治难。他在8个月内先后6次深入宁陕开展科学养蜂技术、蜂病防控、蜂种选育和产品加工等环节技

脱贫攻坚的“农科力量”

■本报记者 李晨

术指导。短短几年，宁陕全县中蜂数量由不足4000箱发展到1.8万箱，蜂蜜产量126吨，实现销售收入超过1000万元。

转化科技成果、组织技能培训、实施科技项目、扶持经营主体、加强产销对接、开展驻村帮扶、积极捐款捐物、培育人才队伍，农科院在扶贫攻坚中灵活运用八种帮扶方式。

唐华俊介绍，十八大以来，农科院为贫困地区开展规划咨询3100余次，现场指导农业生产2.2万次，建设示范基地1100个，推广新品种新产品新技术2000余项，培训各类基层技术人员和农牧民60余万人次，在贫困地区实施各类项目近600个，帮扶生产经营主体5000多个，辐射带动9.7万个贫困户增收，帮助销售农产品1.83亿元，累计派出180多名专家长期驻村帮扶、捐赠种子、肥料、农药等生产资料200余吨，临床兽医用品3万余套，培养“西部之光”访问学者154名。

精心打造帮扶模式

从“田间课堂”传授技术帮扶农民的“桦川模式”，到为农民供良种、送技术的“临潭模式”，再到多所联动造就的“阜平模式”，以及发展富硒产业的“安康模式”……农科院科技扶贫行动遍布全国各地。

玉米是黑龙江省桦川县种植面积最大的旱田作物。农科院作物科学研究所研究员李少昆带领团队调研发现，当地玉米生产存在品种老化、肥料配比欠佳、种植密度偏低等多个问题。

李少昆带领团队在玉米试验基地设计了不同品种、不同密度、不同肥量的10组地块，并将种植过程中产生的详细数据及时通过村委会展示公布。一年下来，玉米栽培技术试验结果让当地种植大户打心眼里服了。

在桦川，农科院建立了核心基地1100亩，示范区面积1.5万亩，实现作物平均增产10%~15%，节本增效大约5000万元，组织开展技术培训与观摩活动40多次，累计2万多人参加。依托技术示范基地，该团队在春季播种、夏季田管、秋季收获等重要时节组织田间技术培训，因地因苗讲解田间管理技术，让农民一看就懂，一听就明，一学就会，一用就灵，进一步辐射带动了周边农户和农业科技人员掌握绿色生产技术。

2019年，农民在田间地头自发拉起了“中国农科院科技帮扶桦川县玉米高产优质栽培技术田间课堂”的横幅。当年，桦川县正式宣布脱贫摘帽。

2020年2月，国家级深度贫困县甘肃省临潭县也正式脱贫摘帽。这意味着农科院兰州畜牧与兽药研究所8年来科技支撑临潭县脱贫攻坚取得

入让LsKN1基因的表达量显著上调，而没有插入这个转座子的生菜则不结球。因此，他们认定，LsKN1基因就是苦苦寻找的那个可以控制结球性状的关键。

找到这个候选基因后，另一个重要的工作是非常难做，课题组在这项工作上耗费了大量精力和时间。

“通过遗传转化互补实验，我们发现这个基因能够完全互补生菜的结球表型。进一步，我们构建了该基因的敲除突变体，其表型由结球变为完全不结球。”论文共同第一作者、华中农业大学园艺林学学院博士后余长春告诉《中国科学报》，遗传转化互补实验和敲除实验都验证了该基因是生菜中控制结球的关键基因。

品种选育“私人订制”

结球表型是一个非常重要的性状。除了菊科中的生菜和菊苣，生活中常见的结球蔬菜还有十字花科的甘蓝、白菜、抱子甘蓝。

“用我们的方法去解析蔬菜结球的性状，是一个比较好的模式，可以为甘蓝、白菜、抱子甘蓝等其他结球蔬菜的相关研究提供参考。”严承欢说。

叶子有背面和腹面，两者的作用和结构也不一样。课题组通过石蜡切片分析发现，不结球生菜叶片近轴面细胞排列整齐、紧密，而远轴面细胞排列松散，表现为明显的背腹性分化。与此相反，结球生菜近、远轴细胞相似，无明显的背腹性分化。这说明叶片的背腹性发育参与了生菜结球性状的形成。

“对结球性机理的研究可以说是对整个植物叶片发育理论研究的一个补充，起到了‘添砖加瓦’的作用。”余长春指出。

在生产过程中，结球生菜其实比较“矫情”。结球生菜对温度非常敏感，冬天结球状态很好，但容易“过火”，结出的球非常紧实，而到了夏天常常会结球“失败”，这让农民很是苦恼。

“克隆了调控结球的关键基因后，我们可以利用这个基因来辅助结球生菜品种的育种工作，甚至可以精准控制叶球的松紧度，真正实现结球生菜的‘私人订制’。”匡汉晖表示，这对整个结球蔬菜品种选育都具有一定的指导意义。

相关论文信息：

<https://doi.org/10.1073/pnas.2019698117>

绿色视野



改良前和改良后(右)对比图。

胡树文供图

要问我国哪里的盐碱地最难改良，东北平原苏打盐碱地绝对可以位列其中。

但中国农业大学资源与环境学院教授胡树文偏要知难而上，尝试啃一啃这块硬骨头。抡铁锹、打土钻、挖剖面、取土样、测土样、灌排水……历经十多年攻关，胡树文团队最终研发出天然高分子改性材料改良剂和盐碱地专用肥料，形成了物理、化学与生物相结合的盐碱地生态修复技术体系，实现了当年修复、当年高产、多年稳产。

近日，胡树文团队主持的“盐碱地快速脱盐生态修复关键技术与应用”项目完成验收。《中国科学报》获悉，以中国工程院院士康绍忠为组长，由来自北京大学、中国科学院、中国热带农业科学院、吉林农业大学、中国石油化工集团等专家学者组成的评审组认为，该项目创新性强，整体达到国际领先水平。

把自己想象成水稻的教授

“我想象自己是一棵东北平原盐碱地里的水稻，琢磨怎么能长得更好，哪些因素制约了它的发展，再对困难逐个击破。”胡树文表示，“一开始，我要在盐碱土壤里存活，得有免疫力或抗体，如果穿上抗盐的‘外衣’不就可以了么？”

借助高分子材料的知识，胡树文团队研制出了一种长效缓释钙抗盐碱剂。据胡树文介绍，播种前先把种子浸泡在长效钙里面，种子便具备抗盐碱特性。

“如果盐碱地的土壤颗粒像紧紧挨着的‘细膩面粉’，没有缝隙，盐碱怎么可能淋洗掉？所以我们施了脱盐剂，把‘细膩面粉’变成‘大米粒’和‘黄豆粒’的组合，土壤有了缝隙，渗透性提高了，盐碱就能随着水被淋洗掉了。”胡树文告诉《中国科学报》。

说起来容易，但做起来难。胡树文团队最开始选择了松嫩平原，这是由松花江和嫩江冲积形成的平原，盐碱土总面积约为300万公顷，是世界三大苏打盐碱土分布区之一。该地区土壤颗粒结构性差、透水性差、黏结性强、土粒分散。要解决这些问题，谈何容易？

啃下盐碱地这块“硬骨头”

面对这块硬骨头，胡树文带领团队成员分析重度盐碱土壤特殊的理化性质，结合盐碱土壤分布区域的气候条件、地势地貌等特点，探究这一难题的障碍因子和解决方法。

胡树文介绍，松嫩平原土壤盐碱化严重，且pH值和含盐量高，但该地区也不是没有可利用的优势，即地势平坦、地表径流发达、地下水较丰富。老一代科学家陈恩凤曾通过种稻洗盐治理盐碱地，取得了很大成功。

胡树文团队针对松嫩平原盐碱土盐碱并重、土壤结构差、养分供应不足等关键问题，成功发明了天然高分子改性材料改良剂、长效缓释微胶囊水溶性钙以及集降盐控释于一体的抗盐缓释包膜肥料，创建了快速脱盐生态修复重度盐碱荒地工程技术模式，使得脱盐效率大幅度提高。

“盐碱荒地示范区实现了当年修复、当年种植、当年高产，第一年平均亩产水稻1000多斤。土地交给种植户，不再继续改良，仍然能够实现水稻连年高产、稳产。”胡树文表示，多地示范结果均证明，一次改良，长期有效。

目前该团队在吉林省前郭县、大安市、通榆县分别建立了1.1万亩、5000亩、4000亩示范方，还在内蒙古通辽建立1000亩旱地示范方等。

相关技术在我国盐碱地分布的主要区域进行了大面积推广与应用，使用区域涵盖以水稻、玉米为主的松嫩平原苏打盐碱地地区，并且辐射到盐碱化、盐渍化区域，使得内蒙古赤峰地区甜菜、玉米等作物，通辽草原恢复、巴彦淖尔、包头等地向日葵、玉米、甜瓜等作物，山东、河北、河南、天津等地大蒜、辣椒、甜瓜、中草药以及新疆西瓜、棉花、西红柿等作物，均产生了较大经济效益。

了解土地是为了更好地利用它

“如果不长期扎根在田里，你根本就无法真正了解土地，就不能从根本上解决问题。”胡树文表示，为了提高效率，该团队在通榆县八面乡建立起简易实验室，用于部分土壤指标的测试，便于制定改良和施肥方案。

“只要工作时间允许，胡老师时常前往试验基地指导我们开展试验研究，并与同学们同吃同住。”团队成员冯浩杰说。经过长时间磨练，团队成员对盐碱地改良工作已游刃有余。他们的工作也得到了同行的高度肯定。

评审专家组认为，该项目首次提出“盐碱地快速脱盐生态修复方案”，发明了兼具置换土壤钠离子功能与黏结土壤颗粒功能的天然高分子改性材料，使黏闭的土壤孔隙度增大，水分渗透性增加，水分对盐碱离子的淋洗效率大幅度提升，上层表土返盐能力减弱。

“我国盐碱地占国土面积的10%，作为重要的后备土地资源，其高效利用对提升我国耕地的生产能力、增加耕地数量和农民收入、保障国家粮食安全、实现‘藏粮于地、藏粮于技’，确保‘把中国人的饭碗牢牢端在自己手中’，具有重大意义。”胡树文表示。

修复技术让盐碱地「鲜而不咸」

■本报记者 秦志伟