

■大话农科

高产优质新品种是农业的基石,但传统作物育种方法周期长、效率低。近年来,随着分子生物学、基因组学和农业生物技术的发展,新的作物育种技术不断涌现,一定程度上加快了作物育种进程、提高育种效率,但在实际应用中仍存在较多不足。

日前,中国农业科学院生物技术研究所和海南农业大学的科研人员研发出一种基于单倍体诱导介导的基因组编辑技术(Haploid-Inducer Mediated Genome Editing,IMGE),可精准加快作物育种进程。相关研究成果在线发表于《分子植物》。

来自生产的迫切需求

近几十年来,得益于作物品种改良和生产方式改变(如密植、农药、化肥的使用等),作物产量特别是单产的稳步提高,为世界人口增长发挥了关键的支撑作用。而作物品种改良主要得益于育种带来的遗传增益。

然而传统育种中优良性状的针对性改良,需要将带有该优良性状或基因的材料(供体亲本)与所需改良的材料(受体亲本)杂交,再经过6-8代的回交和繁琐的背景选择,最终从后代中选择出其他性状像受体亲本、同时携带来自于供体亲本优良性状或优异基因型的个体,用于下一步育种。

“这个过程费时费力、成本高昂,而且由于受制于表型观察准确性和遗传背景影响,所得的结果并不总能与预期目标相符。”第一作者和共同通讯作者、中国农科院生物技术研究所助理研究员王宝宝说。

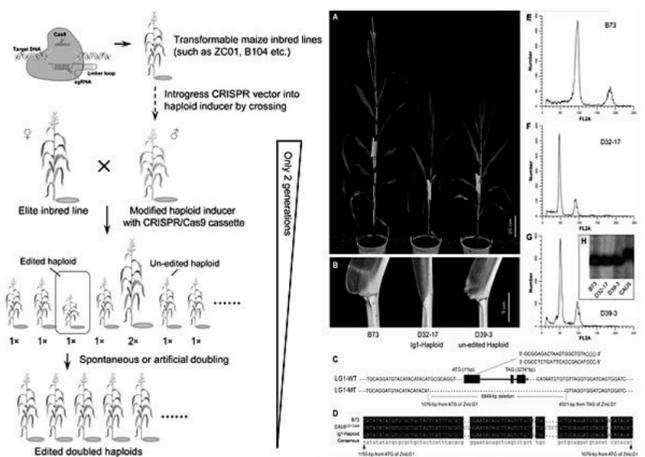
因此,生产上迫切需要一种能够快速、精准改良作物性状的育种方法,以加快作物育种的进程。

近年来,一批新作物育种技术如双单倍体技术、转基因技术、分子标记辅助育种技术、基因组编辑技术、智能不育技术(第三代杂交水稻育种技术)、杂种优势固定技术(无融合生殖技术)等纷纷涌现。其中双单倍体技术在玉米、小麦、大麦、烟草等作物育种中已得到广泛应用。

双单倍体技术与单倍体诱导系杂交,可快速创制不受遗传背景限制的单倍体,再通过人工或自然染色体加倍成为双单倍体,实现在短时间内(两代)作物优良基因型的固定,从而创制纯合的自交系以用于杂交育种或品种选育。

而以CRISPR/Cas9为代表的基因组编辑技术是一种在体内高效精准改变DNA的方法,可用于农作物高产、抗逆、优质等性状精准改良,为将来农作物选育提供一种新的革新性工具。

“基因组编辑技术的应用涉及作物遗传转化,而目前大多数作物特别是优良的商业化品种的遗传转化效率很低。”通讯作者、华南农业大学农



左图为IMGE技术路线示意图,右图为利用IMGE技术成功编辑玉米B73自交系ZmLG1基因。中国农科院生物技术研究所供图

IMGE:作物育种的“马良神笔”

■本报记者 王方

带农业生物资源保护与利用国家重点实验室教授王海洋表示,一是受到育种材料遗传转化能力限制,其应用需经过漫长的回交转育和大量的群体选择,费时费力;二是去除CRISPR载体的过程增加了育种复杂性和成本。

一种巧妙的育种策略

在这份最新成果中报道的IMGE育种策略,巧妙地将单倍体诱导与CRISPR/Cas9基因编辑技术结合起来,实现二者优势互补,成功在两代内创造出经基因编辑改良的双单倍体(DH)纯系。

王宝宝介绍,“该方法可以打破之前基因组编辑育种对材料遗传转化能力的依赖,并且创造出不含CRISPR载体的纯系。”

其技术路线是先将一个改良目标农艺性状的CRISPR/Cas9载体通过农杆菌介导的转化方法导入到一个可转化的玉米品种中(如ZC01、B104),然后通过杂交、Basta除草剂抗性筛选(保证CRISPR/Cas9载体的成功导入)和特异性分子标记检测(保证含有

单倍体诱导基因MATL)将该CRISPR/Cas9载体导入到单倍体诱导系中,创制出携带有CRISPR/Cas9载体的单倍体诱导系。之后用携带有CRISPR/Cas9载体的单倍体诱导系做父本与任何商业化自交系(如B73)杂交,根据F1种子胚的颜色挑选出候选单倍体种子(单倍体种子胚是无色的,而正常受精得到的二倍体种子为紫色)。

再根据候选单倍体的田间表现确定单倍体植株(单倍体植株与正常二倍体野生型相比,往往个体较小,发育较慢)。然后根据目标性状的变化和CRISPR/Cas9的靶位点的测序分析筛选出靶位点被编辑的单倍体。

王海洋表示,这些单倍体可以通过人工或自然染色体加倍成为纯合的二倍体植株,从而实现在两代内创制性状改良的商业化玉米品种双单倍体,大大加速作物育种进程。

利用该技术,研究人员对玉米骨干自交系B73中的ZmLG1(控制叶夹角)和UB2(控制雄穗分枝数)两个基因进行成功编辑,获得这两个位点改

造成成功的单倍体,并通过自然染色体加倍,获得编辑成功的双单倍体。

继而通过分子标记检测和测序分析,确认CRISPR/Cas9介导的基因编辑的确实发生在B73背景下。进一步的Basta抗性筛选和特异分子标记检测确认编辑的单倍体不含有CRISPR载体。

抒写育种新篇章

“利用这项技术可实现任何商业化品种中目的基因的高效精准改良,而完全不受基因型的限制,从而摆脱现有转基因技术和基因编辑体系受遗传背景的限制。”王海洋说道。

同时,IMGE的成功也为玉米单倍体形成机制的解析提供了强有力的证据,支持玉米单倍体是受精后父本的基因组丧失,而不是由未受精的卵细胞通过孤雌生殖形成的。

有意思的是,该技术与最近先正达公司科研人员提出的HI-Edit育种策略不谋而合。这两份完全独立的研究报道为该策略的可靠性提供进一步的佐证。

王宝宝表示:“近年来,新的基于油分含量和荧光蛋白标记等技术的工程化单倍体诱导系统已经被成功开发,而且目前基因组编辑技术的发展已允许多个基因同时编辑,实现多性状同时改良。这些技术的结合将大大提升IMGE的效率 and 便捷性,使其在工程化育种方面大显身手。”

另一方面,单碱基编辑、基因替换、基因敲入技术等新型基因编辑技术的发展,将为IMGE技术的应用提供更强灵活性、机动性和可控性。此外,除玉米、水稻外,小麦、大麦、烟草等植物中都已成功的单倍体诱导系统的建立。

“可以预期,IMGE与它们的结合将大力推动新一代育种技术的发展和整合,大大加快现代化作物育种的进程和效率,使这些技术像‘马良神笔’一样在作物育种的征程上描绘出壮丽的华章。”王海洋表示。

鉴于该技术潜在的重大应用前景,《分子植物》编辑部在同期发表综述性文章,认为IMGE(或HI-edit)技术与之前报道的利用基因组编辑技术获得无融合生殖株系,从而实现杂种优势快速固定的技术有望成为一批新的下一代作物育种技术,预期在今后作物育种中得到广泛应用。

而就在IMGE技术相关论文刚刚发表4天左右,即有许多作物育种公司表现出极大的关注,纷纷跟该文作者咨询技术细节。王海洋表示,该技术的一大优势就是简单易行、容易操作、接地气,只要携带CRISPR载体的单倍体诱导系构建成功,之后便是育种家擅长的杂交、单倍体挑选等工作,对育种家来说没有门槛。

相关论文信息: DOI:10.1016/j.molp.2019.03.006

高产稳产怎么产

■本报记者 王方

抗病过程是一个耗能的过程,高抗作物往往在产量相关性上表现不好;而高产作物的品种也常常面临感病的问题。抗病与高产常常是一对矛盾,只有将两者平衡好才能培育出高产高抗的作物新品种,保障粮食高产与稳产。

这是作物育种的一个挑战。在高产基因中寻找抗病基因资源正是一个新思路。日前,《自然-植物》在线发表了南京农业大学杨东雷课题组的研究论文。该研究发现miR156-IPAI1是生长与抗病交叉对话的重要调控因子,阐明IPAI1抗病的分子机制,并据此建立了一种培育高产高抗水稻新品种的育种方法。

miRNA156是植物中保守的一类microRNA,其靶基因SPL家族编码含有SBP-box结构域的转录因子。中国科学院院士李家洋首先发现水稻理想株型基因IPAI1(Ideal Plant Architecture1,IPAI1/OsSPL14)作为水稻miRNA156的靶基因,参与调控水稻多个生长发育过程。

杨东雷向《中国科学报》介绍,“适度上调IPAI1可以减少水稻的无效分蘖,同时增加穗分支,增强秸秆强度,最终增加单位面积产量。因此,含有ipa1-1D与ipa1-2D两个功能获得性位点基因的水稻品种得到了大面积推广种植。”

在此项研究中,杨东雷实验室发现IPAI1可以参与调控水稻对白叶枯病的抗性,并利用病原菌特异诱导的启动子表达IPAI1培育出高产高抗水稻新品系。

研究人员发现miR156与IPAI1等靶基因的表达水平在白叶枯病菌侵染时发生改变。通过下调miR156和过表达miR156的两个靶基因IPAI1和OsSPL7,大幅增强水稻对白叶枯病的抗性。但这些水稻材料分蘖极度减少、穗子变小、育性降低,最终造成水稻产量大幅下降。

进一步研究发现,IPAI1和OsSPL7与赤霉素抑制因子SLR1互作,延缓了赤霉素诱导的SLR1降解。另一方面,在IPAI1过表达水稻中,赤霉素失活的酶EUI1上调表达,进而降低赤霉素含量。

以上两个方面的原因导致SLR1的累积,最终使IPAI1过表达水稻的赤霉素敏感性下降。遗传学分析发现提高赤霉素活性可以部分恢复IPAI1过表达水稻的感病性与发育表型。

多次检测高产的ipa1-1D与ipa1-2D的抗白叶枯病能力,发现它们与野生型具有相同的感病性。为了获得高抗与高产的水稻,研究人员利用白叶枯病菌TALE类效应因子诱导表达的OsHEN1的启动子启动IPAI1,获得转基因水稻OsHEN1::IPAI1(HIP)。

在没有病原菌侵染时,类似ipa1-1D与ipa1-2D这些转基因植株微量上调IPAI1的表达量,所以表现为少蘖、大穗、茎粗等表型,最终提高产量。当有白叶枯病菌侵染时,IPAI1被强烈诱导表达,增强抗病性。更重要的是在白叶枯病菌侵染时,HIP转基因水稻也表现为高产。

“因此,该研究发现miR156-IPAI1是生长与抗病交叉对话的重要调控因子,阐明IPAI1抗病的分子机制,并据此建立了一种培育高产高抗水稻新品种的育种方法。”杨东雷说。

杨东雷实验室长期从事抗病与产量性状互作的研究,曾阐明赤霉素与茉莉酸交叉对话调控生长与抗病平衡的分子机制,首次发现赤霉素抑制水稻抗病性。该研究得到国家重点研发项目、江苏省自然科学基金、转基因专项等项目的资助。

相关论文信息: DOI:10.1038/s41477-019-0383-2

■新农译

构建中国特色海洋牧场的蓝色梦想

■杨红生

我和我的研究团队,有一个蔚蓝色的梦想:通过认知自然,与自然共建,实现海域生境修复和资源恢复,构建中国特色的海洋牧场,从而美化环境,让大海变得更加蔚蓝。

我国海洋牧场理念始于上世纪40年代,前辈们将江河湖海都比作鱼类等其他水生生物生存繁衍的牧场。为进一步推进我国水产业发展,老一辈科学家又提出海洋牧场化的概念,分为农化和牧化两个板块。农化是指藻类、贝类等不移动或者移动甚微的这类物种的增殖养殖;牧化是指鱼类、虾蟹等运动能力比较大、范围比较广的动物增殖养殖。二者加在一起叫海洋牧场化,这就是我国海洋牧场最早的理念。

为什么要大力推进海洋牧场建设?这是我国海域资源和环境现状所决定的。目前,我国近海陆源输入总量在增加,近海营养盐存量难减,捕捞导致大型肉食性鱼类资源量下降,出现低值化和小型化,食物链的短缺使营养盐传递在较低的食物链水平,从而导致赤潮、绿潮、水母、海星、蛇尾等大规模暴发。海洋牧场建设就是一个抓手,从保护环境、修复生境做起,从而实现海洋生物资源的自我补充,一举多得,共赢多赢。

我心中的海洋牧场是什么样子的呢?我认为,相对陆地牧场而言,大海本来就有牧场,也就是传统的渔场,如世界四大渔场:日本北海道渔场,是千岛寒流与日本暖

流交汇而成;英国北海渔场,是北大西洋暖流与北冰洋南下冷水交汇而成;加拿大纽芬兰渔场,是墨西哥湾暖流与拉布拉多寒流相汇而成;秘鲁的秘鲁渔场,是由秘鲁寒流的上升流而形成。四大渔场一直保持一定的渔汛,尽管偶有年际变化。

而我国的四大渔场或者说四大天然海洋牧场,即渤海湾渔场、南海渔场、舟山渔场和北部湾渔场,就让人一声叹息了。这些原始的海洋牧场在过度捕捞和陆源污染的影响下,生态系统失衡和渔业资源衰退,天然牧场不复存在。

现在,建设海洋牧场的目的就是通过人为干预,构建健康的生态系统,实现生物资源自我补充。因此,我以为海洋牧场是基于海洋生态学原理,利用现代工程技术,充分利用自然生产力,在一定海域内营造健康的生态系统,科学养护和管理生物资源而形成的人工渔场。

海洋牧场必须是“牧场”融入“海洋”之中,形成有机整体。没有健康的海洋,何谈海洋牧场?所以必须把海洋生态系统建立好,才能建成海洋牧场。“牧场”二字也要分清,必须坚持“先场后牧”。只有先把“场”建好,才能开始“放牧”。由此看来,海洋牧场发展理念和模式综合评价依次体现在科学价值、生态价值、社会价值和经济价值上。

传统海水养殖与海洋牧场建设有本质区别,绝不可混为一谈。养殖是通过外界投入提高产出,重

视的是产出和经济效益,而海洋牧场重视的是生态系统恢复,充分利用自然生产力,更加重视生态环境保护。但在科学布局的基础上,海洋牧场建设应与海水增殖养殖是可以接轨的,甚至相得益彰。

人工鱼礁建设和增殖放流不能等同于建设海洋牧场,只是海洋牧场建设中的重要途径。某些海洋牧场并不一定需要建设人工鱼礁和进行增殖放流,如在有海草(藻)床和牡蛎礁的地方就不需要投放人工鱼礁;某些海洋牧场自然资源基础较好,通过生物资源养护和管理就可以实现恢复,也不一定需要增殖放流。

从空间来看,海洋牧场主要分布在近海6~20米水深的海域,但它并不是孤立的。向陆地发展,承接海岸带。海岸带是一个黄金地带,也是陆海统筹的集中区域,必须控制陆源污染。向深蓝发展,毗连深海大洋。生态优先和陆海统筹是海洋牧场建设的重要前提。

到底什么地方可以建海洋牧场?海域的承载力有多少?能够建多大的海洋牧场?如何布局和建设海洋牧场?如何科学监测、评估、预测和管理海洋牧场?一系列的科学技术问题需要解决。换句话说,中国特色的现代化海洋牧场建设才刚刚起步。

从国家重大战略需求来看,必须集中力量推进蓝色粮仓建设。蓝色粮仓(Blue Granary)是以优质蛋白高效供给和拓展我国粮食安全战略空间为目标,利用海洋和内

2019 中国农业展望大会将于 4 月举行

本报讯(记者李晨)记者获悉,2019 中国农业展望大会将于 2019 年 4 月 20-21 日在北京举行。大会由农业农村部市场预警专家委员会支持,中国农业科学院农业信息研究所主办,农业农村部信息中心、农村经济研究中心、农业贸易促进中心等协办。

2019 中国农业展望大会是我国召开的第六届农业展望大会。大会内容包括:专题发布《中国农业展望报告(2019-2028)》,分析市场形势,展望市场走势;针对水稻、小麦、玉米、大豆、棉花、油料、糖料、蔬菜、水果、肉类、禽蛋、奶制品、水产品、饲料等主要农产品进行国内外形势分析;就粮食安全、国际贸易与投资、电子商务与脱贫、数字农业等主题,举行高层专家研讨,进行专题展望。

2019 中国农业展望大会将通过国内外最新形势研判、农业大数据分析、权威专家报告释放市场信号,探讨未来 10 年我国农业发展新形势,交流共享国内外农业展望新动态、新方法和新技术。

“农业科技网络 +” 助力中国农业

■本报记者 唐凤

在土豆和小麦田间上方盘旋的无人机配备可以进行不同波长观察的摄像头,将图片与卫星数据相结合,农民就能知道何时以及哪里的农作物需要更多养分或水分,或者收到马铃薯晚疫病和其他疾病的先兆警告。

一种微型发射器背包,让蜜蜂戴上这种背包,就能理解它们的行为模式以及农药对其产生的影响,这种设备目前已在我国首次实地试用。

这些合作项目均来自“中英联合科学创新基金(牛顿基金)农业科技网络+”。

近日,中英农业科技企业及研究人员在京召开会议,研讨如何促进中国农业生产力转型及降低环境影响等问题,以及一系列合作成果。其中,“农业科技网络+”收获颇丰。

“农业科技网络+”充分利用英国在遥感、机器人、人工智能和其他空间科技方面的科研专长,成立 3 年来,在中国研发并试用的科技成果包罗万象。例如能够诊断出致命性小麦疾病的手机应用,解决中国农业劳动力短缺问题的番茄收获机器人,以及帮助农民了解农作物何时需要灌溉的无人机等。

“农业科技网络+”领导者、英国洛桑研究所教授 John Crawford 表示:“农业科技网络+”取得的成果让我们十分欣慰,我们成功地将农业科技领域最优秀的学者和企业汇集在一起,与中国农民携手寻找在这片土地上切实有效的解决方案。”

此外,“农业科技网络+”打造了一个知识基础设施的原型,能够将与生物及非生物压力源的整体体系相关的数据整合在一起,充分把握特定地点农业生产所遭受的压力,而不再孤立应对单个问题。这种做法将风险干预的优化提升到一个全新层面。

据悉,这一原型是基于中国农业



番茄收获机器人 Martin F. Stoelen 供图

大学现代农业“科技小院”建立的,“科技小院”选址在北京以南 400 公里的河北省曲周县农业实验站。

“这一农业科技信息系统能够按照既定的节奏和规模实现中国农业的转型,这将是该系统的第一次示范演示。”Crawford 说。在现代农业“科技小院”中收集到的密集型土地数据将被用于校准和验证遥感数据,从而实现后者在整个地区农业领域内的应用。

在此,全球移动通信系统(GS-MA)、IBM 研究院(英国)和中国移动也已加入到“农业科技网络+”中,带来了预计价值超过 100 万英镑的实物捐助。“农业科技网络+”还打造了一个国际性网络,囊括中英两国逾 500 个学术及商业机构,为 40 个新研究项目提供资金支持,其中包括 12 个中英公私合营的新项目。