

未来“慧”农业

科技改变农业。当前,生物技术、信息技术、新材料技术、新能源技术等不断创新发展,深刻影响着农业科技和产业发展,让农业从“靠天吃饭”走向“科技增收”。本期起,本报将开设专栏,关注未来我国农业不可或缺的核心领域,探讨新一代传感器、信息技术、基因编辑、微生物组等技术如何发挥关键作用,实现农业科技质的飞跃。

开栏语

新一代传感技术让农业“耳聪目明”

■本报记者 张双虎

当无人机在三亚的晴空缓缓升起,中国农业科学院棉花研究所南繁育种基地中控室的大屏上,基地的概貌和株高、叶面积指数、冠层温度、叶绿素含量等育种专家关心的表型数据逐渐清晰起来。

这是该基地无人机遥感田间育种表型观测系统工作时的场景。为解决南繁农业信息基础设施不足、基础数据缺失、信息管理系统不完善等问题,海南省投建了南繁硅谷综合服务平台,有了新一代农业传感技术“加持”,南繁育种基地立刻“耳聪目明”起来。

传感技术显身手

“传感器技术是信息社会的重要技术基础。”国家农业信息化工程研究中心副研究员张云鹤对《中国科学报》说,“传感器的品种、数量、质量和水平,直接决定了信息技术系统的功能和质量。”

提起目前农业生产中应用的各类传感技术,张云鹤从环境、气体传感、土壤、水质传感、植物生理传感、无人机遥感四大类,一口气列举了 20 多种。

在作物环境信息监测系统中,可以实时监测育种小区视频监控图像、空气温湿度、光照、风速、风向、雨量、土壤温湿度、电导率、pH 值、土壤墒情等参数,也可以进行作物穗层温湿度监测。系统通过对不同监测点信息同步获取、存储、动态直观呈现及管理,为及时灌溉和适量灌溉、作物最佳生长条件改善等提供支持。

例如,借助远程作物生长状况监测系统,计算机可实时收集作物长势、病虫害、作物营养状况等信息。同时,人们可以在电脑端、手机端实时接收相关数据,查看现场信息,便于专家远程指导。

凭借强大的农业传感技术,人们足不出户即可对作物叶片及病斑进行测量,并基于智能手机,进行作物叶片图像信息获取和识别,以及实时处理。这种技术适用于田间环境不同作物叶面积、叶长、叶宽、病斑面积、病斑比例等信息的快速检测,其测量误差小于 3%。

此外,先进的传感技术还可用于作物叶片及病斑测量仪、多功能水肥



中国农业科学院棉花研究所南繁育种基地大棚内的传感系统。 中棉所供图

一体化管理设备、电物理水消毒设备等,为田间育种决策提供高通量信息服务支持。

“基于物联网技术构建的育种环境信息监测系统,可以实现作物生长气象信息、土壤情况、长势情况、病虫害以及光、温、水、气等相关信息的实时采集和监测,为育种家提供育种环节全过程的精准数据支撑。”张云鹤说,“结合融合分析系统,能实现地块级的精准气象及病虫害预警,提高作物育种生产管控精准化和智能化程度,有效提升育种作业效率和信息化水平。”

同时,通过三维实景建模及物联网系统,管理人员可实时查看大田、温室、办公场所以及气象、灌溉等相关设备状况,极大程度提高管理和生产效率。

智慧农业的基础

“现在,我们都说智慧农业、智能农机,其核心制约因素还是传感器。”南京农业大学工学院院长汪小昂对《中国科学报》说,“对于一个智能系统来说,没有传感器,就成了‘瞎子’和‘聋子’,后面的智能决策无从谈起。”

汪小昂长期从事作物信息智能

化检测和农业装备智能化控制研究,在日常研究中,他和团队不仅大量使用传感器,而且从事一些传感器的开发研究工作。比如,该团队正在研制基于土壤原位根系检测的传感器,营养液栽培中的氮、磷、钾传感器,水产养殖中的硝酸盐、磷酸盐检测的传感器,基于高光谱和荧光图像的作物病虫害监测传感技术等。

“智能控制系统如果没有传感器的输入信号,就无法比对和形成闭环控制,农业大数据系统如果没有传感器就没有数据来源,人工智能系统就无法获取足够的知识。”汪小昂说,“从这个角度来说,传感器是现代智能农业的核心技术,同时也是容易被‘卡脖子’的技术。”

目前,我国的传感器技术已经广泛应用在农业领域,但主要集中在对单个特征,如温、湿度的测量上,而新一代传感器技术不仅仅包括对物理环境、生物性状的监测和整合,更包括运用材料科学及微电子、纳米技术创造的新型纳米和生物传感器,对诸如水分子、病原体、微生物在跨越土壤、动植物、环境时的循环运动过程进行监控。

“新一代传感器具备快速检测、连续监测、实时反馈、智能处理的能力。”

张云鹤说,“如果能在资源要素的利用环节即精准发现和定量识别可能出现的问题,并能实时进行优化调整,将彻底改变我国农业生产利用方式。”

须多学科联合攻关

今年以来,全球小麦、玉米、水稻三大主粮产区均受到极端天气影响。传统的小麦出口国澳大利亚因遭遇严重干旱,时隔 12 年后首次计划进口小麦;玉米出口大国美国因受阴雨天气影响,播种创历史同期最低水平;同受干旱影响,水稻出口国菲律宾宾也出现大规模歉收。

众所周知,我国以全球 7% 的耕地养活了全球近 20% 的人口。提高粮食产量、减少化肥农药用量急需新一代传感技术。建设高标准农田,发展精准农业、智慧农业,新一代传感技术已然成为“刚需”。

汪小昂认为,虽然对比国际先进水平,我国智慧农业发展还处于成长期,但这也意味着具有较大的价值。得益于中国政策和土地政策的助推,中国智慧农业起步晚,但发展速度特别快。

传感器的性能影响着农业生产力的提高,当前我国智慧农业尚处于监测环境因素的初级阶段,而且市场上的传感器质量参差不齐。同时,智慧农业所使用的传感器大部分面临比较恶劣的环境,低功耗、耐腐蚀、抗低温性能良好成为农业传感器的基本要求。此外,受部分农业生产者操作仪器的水平所限,农业传感器件应尽量选择安装方式简单、方便携带、稳定性好和校正周期短的产品。

“新一代传感器技术涉及的内容非常多,不是哪一个学科和专业可以单独完成的,需要多学科联合攻关。”汪小昂说。

汪小昂举例说,监测动植物性状,有可能用到高光谱图像、荧光图像、纳米技术、3D 打印等;对氮磷钾、病原体、微生物在土壤、水体等中的循环运动过程进行监控,也会用到光电电子学、材料学、微电子、纳米技术等。

“同时,制约新一代传感器从实验室走入产业的最关键因素,在于新一代传感器快速稳定检测、连续可靠监测以及与物联网有效集成的能力。”汪小昂说。

找到关键的合成基因

人们钟爱花椒,更多的是因为其带来的“麻”感。“麻、香”味是花椒主要的风味特征,是其重要的品质评价指标,也是吸引消费者和提高市场竞争力的重要因子。

“现在许多关于‘麻’的研究,还停留在提取花椒的麻味物质,或者研究人吃了花椒后是如何感知麻味的,也有人在研究麻味的化学合成,但是生物合成研究工作鲜少有人开展,我们便以此为突破口。”冯世静说。

研究团队利用获得的基因组信息,结合转录组和代谢组,鉴定出与花椒麻味物质、果皮颜色和香气物质成分相关的关键合成基因,并分析这些基因在果实不同发育时期的表达模式,初步绘制了花椒麻味物质合成的代谢通路图。

花椒的种植区域非常广泛,目前我国主要栽培区包括四川、陕西、甘肃、山东、河北等多个省份。在栽培驯化以及引种过程中,花椒形成了诸多品种(系),如大红袍、小红袍(小红椒)等。

不同的种源地,具有不一样的气候条件和自然环境,这也导致各产地花椒在香味、麻味以及颜色上有所差异。而且花椒树枝有刺,影响采摘效率。

“大家都想培育出无刺、香味好、麻味浓、颜色好、产量高的花椒品种,这在以前完全是一种奢望,现在,我们破译了基因组‘地图’以后,可以开展分子育种,真正实现集千万优点于一身了。”魏安智说。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00665-1>

戴着草帽、肤色黝黑、面朝黄土背朝天,南京农业大学土桥水稻实验基地里,由中国工程院院士万建民领衔的水稻遗传育种团队,深耕育种,醉心稻田。

他们在水稻田里选“美”、选“强”、选“个性”,不断选育优质、高产、多抗、广适的水稻品种,力求让百姓“吃得饱”“吃得好”“吃得健康”。

在这里,科学家培育了宁梗系列水稻新品种,并摘得国家科技进步奖一等奖和国家技术发明奖二等奖。

水稻也要“相亲”

这里不仅是南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室和农业农村部长江中下游稻稻生物学与遗传育种重点实验室的水稻育种基地,也是南京水稻种质资源国家野外科学观测研究站。

基地主要定位于种质资源的保护收集、基础研究的“大田验证”、关键育种材料的创制、水稻重要性状的鉴定等。10 多名教授带领着包含硕博士在内 100 多名成员的团队,承担着国家级重点研发项目、国家转基因重大专项等 40 项课题。

黝黑的皮肤是土桥基地水稻育种人的共同特征,当他们戴着草帽往稻田里一站,没有人能将他们与农民区分开。

与农民不同的是,他们满嘴都是“品种、组合、品系、株系”这些专业术语。

每年 5 月是南京地区水稻种植期,在播种前两个月,科研人员便开始构思、预测未来的育种趋势,规划今年的育种方案。

要在浩如烟海的水稻品种中,选出拥有心仪性状的亲本,可不是一件容易的事。南京农业大学教授刘喜站在稻田里,取下套在一株水稻上的牛皮纸袋,上面详细记载着这株水稻的亲本信息。这是他今年的育种材料之一,目标是培育一种抗虫又高产的水稻。

刘喜说,杂交育种最精细的程序是给水稻“绣花”——先用剪刀剪开颖壳,再去掉花药,母本水稻的每一粒的花药都要去除干净,接下来就是授上心仪对象的花粉了。授粉最佳时间是每年 7~8 月的上午 11 点至下午 1 点,也是一天中太阳最毒的时候。

就这样,原本靠自交繁衍的水稻打破了“近亲结婚”的桎梏,在育种专家的牵线搭桥下,和“性格”更互补的对象走到一起。而它们的后代,也会继承它们的优点,在这片土地继续繁衍。

良种是“考”出来的

与一般的水稻农场不同,到了秋收时节,这里便形成俄罗斯方块似的水稻迷宫。

“1 个品种的培育至少要花上 10 年。”南京农业大学研究员刘世家说,选亲本杂交、分离群体、选单株、小区测试、品种审定、推广,这一系列过程下来,顺利的话就要花上 10 年。

长江中下游的水稻种植区延续着一年一熟的耕作模式,每代种子的繁殖都要经历一年的时间,这意味着要育成一个成熟的品种,至少要花费六七年的时间,十年磨一剑更是一种常态。

为了加快育种周期,每年冬天,水稻遗传育种团队就像候鸟一般,带着秋天收获的种子来到位于海南的南繁基地播种下一个世代的水稻。待海南的水稻成熟后,再将其带回南京繁殖下一代种子,周而复始,年年不断,运气好的话,能够缩短一半的育种时间。虽然 5 年时间依旧漫长,却是育种路上前进的一大步。

三月选亲本,五月播种,六月移栽,八月做杂交,十月收种,剩下的时间,土地休息了,人也能一起休息吗?

答案是否定的。“江山代有良种出,各领风骚二十年”——良种是“考”出来的。

经过田间的选择,首先要进行测产。接着,产量符

合要求的材料,要进行“考”种,就是测定穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、千粒重等性状,计算结实率。还要进行米质检测,包括碾米品质(出米率等)、外观品质(垩白度等)、理化品质(直链淀粉含量、胶稠度等)。各方面符合要求的还要进行食味品尝,只有综合性状优良且食味佳的材料才能进入人品比以及申报区域试验。

这就不得不提在去年成立的南京水稻种质资源国家野外科学观测研究站。该研究站以“固定品种,连续观测”为特色。在成立初期,他们选出从 20 世纪 50 年代到当下跨度近 70 年的 600 多份种质资源进行长期观测。

观测站站长王益华教授介绍,当下的气候和种植条件比原来复杂,外来病害、极端天气层出不穷,设立这个研究站的目就是要看看这些被市场“认可”的品种是否能在气候和环境的变化中依然保持“优越性”。结合每年的气象数据,分析环境变化对水稻分蘖、株高、生育期、外观的影响,发现这些水稻的产量和品质变化的秘密,发现更多能在逆境下顽强生长的弹性品种。

顶着“两头”的硬核基地

南农土桥水稻实验基地之所以“硬核”,是因为这里的育种家们一直顶着“两头”:一头贴着地,风吹日晒地在田里“摸爬滚打”,攒得一副“选美”好眼力;另一头顶着天,田里的品种带回实验室,借助现代生物技术辅助育种,练得一手“绣花功夫”。

“大型技术和分子育种技术的发展,将大大推动育种进程。”南京农业大学教授刘裕强说,精准表型数据的获取是优异种质资源发掘和优良品种培育的前提。主要依赖人工的传统表型数据获取方法,费事、费力、效率低下。而基于人工智能的作物表型组学可以通过图像获取及识别等技术,实现作物主要农艺性状的高通量、精准获取,大大提高表型选择的效率和准确性。

借助基础研究,南京农业大学水稻遗传育种团队还选育出适宜糖尿病、肾脏病人食用的低蛋白水稻品种,适宜高血压病人食用的富含 GABA 的水稻品种,为吃出健康提供了可能。他们正在选育抗褐飞虱水稻新品种,为少打农药甚至不打农药提供了可能。

从原先的 92 亩土地到如今的 420 亩稻田,靠着几代育种人的努力,南京农业大学水稻遗传育种团队仅在土桥基地,便育成梗稻新品种 15 个、籼稻新组合 4 个,创制新材料 23 个,其中宁梗 1 号、宁梗 3 号、宁梗 4 号、宁梗 7 号被确认为超级稻品种,宁香梗 9 号在国家优质梗稻食味品鉴中获得金奖第一名。这些品种目前均得到大面积推广应用,为粮食增产、农民增收作出了突出贡献。



基地水稻即将收获。 南京农大供图

进展

科研人员揭示柑橘低温逆境应答分子调控机制

本报讯 近日,华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室柑橘逆境生物学与栽培团队在《植物生物技术杂志》与《植物杂志》发表研究论文。他们在前期构建柑橘抗寒砧木资源库低温表达谱的基础上,筛选到了两个重要的乙烯和低温响应转录因子 ERF9 和 ERF108。

在低温环境中,植物体内会诱发一系列分子调节机制以应对冻害胁迫。其中,激素信号和转录调控在植物低温应答中占据重要地位,对柑橘抗寒关键转录因子的挖掘和作用机制的解析,可以丰富低温调控网络,为柑橘抗寒遗传改良和创新育种提供优质基因资源。

研究结果显示,ERF9-GSTU17 模块揭示了植物 GST 酶响应低温的分子机制和转录调节网络,PtrERF9-PtrACS1 模块为低温胁迫中乙烯生物合成的转录机制提供了新的见解。

另一项研究表明,PtrERF108 是一个典型的 AP2/ERF 类转录因子,其表达受

低温强烈诱导。在柠檬中超表达 Ptr-ERF108 可增强植物抗寒性,而干涉该基因则使树对低温更敏感,表明该转录因子在柑橘抗寒中发挥积极作用。

进一步分析显示,PtrERF108 可直接调控下游棉子糖合酶靶基因 PtrRaS 表达,进而调控植株体内 RaS 的活性和棉子糖含量,以此增强抗寒性。

“ERF109-RaS”模块丰富了低温转录调控分子网络,为植物抗寒相关研究提供了重要参考。以上研究为植物激素乙烯及下游转录因子参与抗寒性提供新的分子机制,同时 PtrERF9-PtrGSTU17/PtrACS1 和 PtrERF109-PtrRaS 模块对下游靶基因及植物代谢通路调控解析丰富了柑橘抗寒应答分子网络,为阐明柑橘不同抗性资源低温应答差异的分子机制和培育抗寒优质新品种奠定了基础。(李晨)

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1111/pbi.13705>
<https://doi.org/10.1111/tpj.15465>

破译花椒“地图”,寻找麻香味的秘密

■本报记者 张晴丹

被誉为“八大调味品”之一的花椒,是我国特色的药食同源植物,具有重要的经济、药用及生态价值。但是,目前花椒育种仍处于传统育种阶段,相关基因组学和分子生物学研究进展缓慢,遗传育种工作一直停滞不前。

近日,西北农林科技大学教授魏安智团队在花椒研究上取得新突破。他们成功组装了花椒染色体级别的参考基因组,并且在该基因组信息基础上,初步摸清了花椒麻味、香气以及色泽这三个主要特征的合成通路。

该参考基因组为研究近期转座子扩增和全基因组复制事件对基因得失和基因组重建的影响提供了有价值的模型,并为加速花椒遗传改良提供了理论基础。相关成果发表于《园艺研究》。

无融合生殖导致育种进度慢

花椒为芸香科花椒属植物,我国是花椒的原产国和主产国,栽培历史悠久,种质资源极为丰富,产量和种植面积均居世界首位。

近年来,花椒种植规模以每年 20%~30% 的速度递增,栽培总面积已达 2500 万亩左右,年产干椒约 40 万吨,形成了一个年产值约 300 亿元的巨大特色农产品产业。

“花椒的价格这些年一直在上升,最近三年才逐渐趋于平稳,花椒是经济林里经济效益比较高的,对于脱贫致富有着重要意义。随着市场需



陕西省宝鸡市凤县花椒示范试验站种植的风椒。 受访者供图

求的增大,对花椒研究的关注度也越来越高。”该论文通讯作者魏安智在接受《中国科学报》采访时表示。

魏安智指出,由于花椒是无融合生殖,因此育种进度比较慢。

无融合生殖是一种不需要雌、雄配子结合而直接由母本产生后代的生殖方式。这种特性注定了花椒不能杂交育种,要想培育出优良的、满足市场需要的品种,破译基因组成了当务之急。

染色体数目多 杂合度和重复序列高

“花椒基因组庞大、染色体数目多,杂合度和重复序列高,导致组装难度很大。”该论文第一作者、西北农林科技大学博士后冯世静在接受《中

国科学报》采访时说。

基于此,研究团队以凤椒作为测序材料,采用二代、三代的测序策略,同时结合 Hi-C 染色体构象捕获技术,组装了花椒染色体级别的参考基因组,组装的参考基因组大小为 4.23Gb。

“这是目前能够做到的比较完整的花椒基因组,大小是其同科植物甜橙的 10 倍之多,有了这张‘地图’,后续才能开展更加深入的研究。”魏安智表示。

进化分析显示,花椒和甜橙之间的亲缘关系最近,它们的物种分化大约发生在 3500 万年前,之后,花椒在约 2600 万年前经历了一次独立的全基因组复制事件,并在 640 万年前发生了转座子爆发事件,此后经历一系列染色体断裂及融合,最终形成了如今的染色体。