

无融合生殖：如何从“1”到“多”

■本报记者 李晨

植物无融合生殖的生物学基础是什么? 长期以来, 科学家对这个问题非常好奇, 但一直没有找到答案。

中国水稻研究所研究员王克剑在接受《中国科学报》采访时说, 无融合生殖是植物中自然存在的一种现象, 是实现作物杂种优势固定的生物学基础。然而, 无融合生殖的形成机制十分复杂, 涉及到减数分裂过程、植物双受精过程等多个植物生殖基本问题。

“多年来, 经过多国科学家的努力, 无融合生殖的研究进展依然缓慢。破解无融合生殖的生物学机理, 为未来实现杂种优势固定奠定理论基础, 具有非常重要的科学意义和应用前景。”中国科学院院士钱前告诉《中国科学报》。

农业研究领域的“圣杯”

杂种优势是自然界普遍存在的一种现象, 是指两个遗传基础不同的品种间或相近物种间进行杂交, 其杂交子一代在生长势、生活力、适应性和产量等性状上优于双亲的现象。

上世纪 70 年代, 以发现野生稻败育株为契机, 我国首先实现了杂交稻“三系”配套。“三系”杂交稻的培育成功, 实现了水稻产量的大幅度提高。

然而, 三系法杂交种后代会发生性状分离, 杂种优势完全丧失。农民种植杂交种后, 无法将其后代留种用作下一年使用。

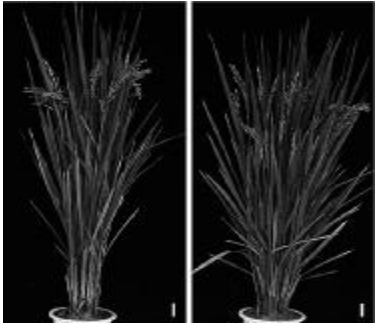
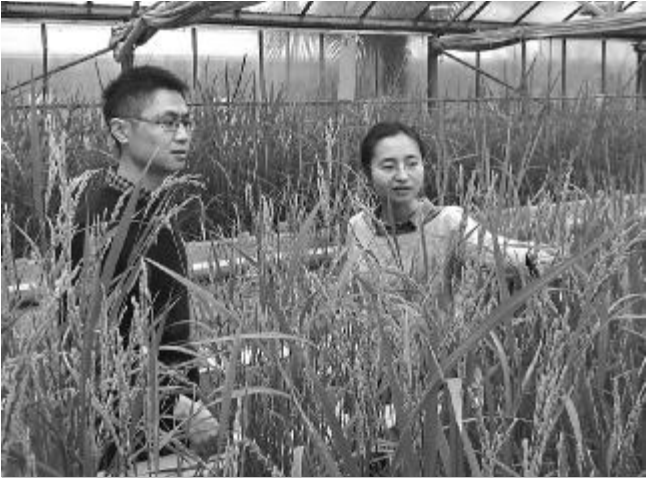
“对于育种家和种子企业而言, 必须每年进行繁琐的杂交制种工作, 需要耗费大量的人力、物力和土地资源, 而且还存在着受天气影响导致制种失败的风险。”王克剑说, 这导致杂交种子成本远高于常规种子, 限制了杂种优势的进一步推广与利用。

早在上世纪 30 年代, 国外科学家就提出了利用无融合生殖固定杂种优势的设想。无融合生殖是一种通过种子进行无性繁殖的生殖方式, 是介于有性生殖和无性生殖之间的一种特殊的植物生殖方式。

“利用无融合生殖, 可以永久固定杂交种的杂种优势, 保持杂交种后代性状不发生分离, 将大幅降低制种成本, 且可以更加广泛地利用杂种优势。如果在水稻等主要作物中实现无融合生殖, 每年仅节约繁殖、制种费一项就可达上百亿元。”王克剑说。钱前说, 在自然界中, 已发现有 400 多种植物可以通过无融合生殖产生种子, 但主要农作物并不在其列。如果能将无融合生殖这个特性引入到农作物中, 只要得到一个优良的杂种单株, 就能凭借种子迅速在生产上应用, 使得作物的育种过程由繁到简, 杂交品种由少到多, 大大促进杂种优势的利用, 提高粮食产量和质量。

1987 年, 中国工程院院士袁隆平在《杂交水稻》杂志上发表了《杂交水稻的育种战略设想》一文, 提出了杂交水稻的育种可以分为三系法、两系法和一系法三个战略发展阶段, 朝着程序上由繁到简而效率越来越高的方向发展。

其中的一系法即为通过利用无融合生殖从而固定杂种优势的育种方法。同年, 我国启动了高技术研究发展计划(“863”计划), 由袁隆平等知名科学家主持的“水稻无融合生殖的研究”成功入选, 由此在国内开始了利用无融合生殖培育一系法杂交水稻的探索。



▲左图为正常杂交水稻品种春优 84; 右图为无融合生殖杂交水稻。
▲王克剑(左)在观察水稻生长情况。

20 世纪 90 年代, 国际上掀起了植物无融合生殖研究的热潮。无融合生殖被媒体称为“育种家的梦想”“农业研究领域的圣杯”, 一旦实现将“使得第一次绿色革命相形失色”。

在美国洛克菲勒基金会等支持下, 全世界有几十个国家、200 余个实验室从事无融合生殖研究。国际水稻研究所、国际玉米小麦改良中心等国际知名机构也先后启动无融合生殖研究计划。

然而, 尽管经过多国科学家近一个世纪的努力, 无融合生殖的分子机制依然不清楚, 也未能将无融合生殖成功应用于作物育种之中。

由于困难重重、阻力巨大, 此后从事相关研究的科研团队越来越少, 无融合生殖研究逐渐从热门领域变成了冷门领域。

“很可能是第二次绿色革命”

基于对减数分裂及生殖发育分子机制的深入研究, 2019 年, 美国和中国科学家几乎同时分别在无融合生殖固定杂种优势研究领域取得突破。

美国加州大学研究团队发表于《自然》的研究成果, 在常规稻中创建了无融合生殖体系; 中国科学家团队在《自然—生物技术》发表的成果, 首次在杂交稻中创建了无融合生殖体系, 获得了杂交稻的克隆种子, 实现了杂交水稻无融合生殖从无到有的突破。

论文通讯作者王克剑介绍, 实现无融合生殖必须绕过正常减数分裂和受精过程, 直接形成胚并产生种子。

正常的减数分裂可产生染色体数目减半的配子。之前研究表明, 参与水稻减数分裂时期的 PAIR1、REC8 和 OSD1 三个基因同时突变后, 植株的减数分裂将转变成类似有丝分裂的过程。

他们选择籼梗杂交稻品种春优 84 作为水稻无融合生殖研究的模式品种。利用基因编辑技术, 他们在春优 84 中同时敲除 PAIR1、REC8、OSD1 和 MTL 四个内源基因, 获得了可以发生无融合生殖的水稻材料, 建立了水稻无融合生殖体系, 得到了杂交稻的克隆种子, 实现了杂合基因型的固定。这意味着杂交种未来或可留种。

这两项成果受到国际科学界和作物育种界的广泛关注, 为杂交种自我繁殖系统的发展奠定了基础, 开辟了利用无融合生殖固定杂种优势研究以及作物育种发展的新方向。

《自然—生物技术》评论道, “这很可能是第二次绿色革命, 它将改变育种的格局”“这个技术将大幅度降低杂交种生产成本, 保证粮食安全”。

袁隆平评价到, 我国科研人员借助精准的基因编辑技术, 在籼梗杂交稻春优 84 中将 4 个内源基因敲除后, 成功使杂交稻产生了无融合生殖性状, 产生了与杂交稻一样的克隆种子, 而且这个性状可以稳定遗传到下一代。这个工作证明了杂交稻进行无融合生殖的可行性, 是无融合生殖研究领域的重大突破, 具有重大的理论意义。

热点重启

“在杂交稻中首次引入无融合生殖特性, 成功实现了无融合生殖杂交稻‘从 0 到 1’的突破。但是目前的策略仍然面临结实率低以及诱导率低等问题。”中国工程院院士胡培松告诉《中国科学报》, 深入挖掘无融合生殖过程的关键基因、研究并解析无融合生殖的生物学基础, 是培育杂种优势固定作物的关键前提。这将为未来简化育种程序, 降低杂交作物生产成本、扩展杂种优势利用和保障世界粮食安全奠定基础, 具有极其重要的科学意义和应用前景。

王克剑认为, 植物无融合生殖的基础研究还存在以下难点。

首先, 无融合生殖发生机制不清楚。它涉及到植物生殖发育过程多个重要关键环节, 还受到复杂调控, 研究非常困难。

其次, 无融合生殖材料不易获得。无融合生殖的子代中往往是有性生殖和无融合生殖种子同时存在, 分选工作量巨大。此外, 减数分裂和双受精过程一旦出现错误, 极易导致育性丧失。

再次, 无融合生殖研究手段特殊。无融合生殖植物不再遵循经典遗传学性状分离与重组的遗传规律, 因此很难通过有性杂交转移无融合生殖特性, 且难以通过常规的图位克隆技术手段来克隆相关基因。

美国和大澳大利亚等多国科学家于 2014 年重新启动“杂种优势捕获计划”国际联合攻关, 比尔和梅琳达·盖茨基金会第一期投入 1450 万美元用于支持无融合生殖攻关。

专家们建议, 我国应设立专项资金, 长期支持无融合生殖如何从“1”到“多”的研究, 确保该项研究能在激烈的国际竞争中保持领先地位。

■大话农科

冲破畜牧业 4.0 时代“瓶颈”

■本报见习记者 李昕茹

“当前畜牧业已经步入‘自动化、数字化、智能化、减药绿色’的畜牧业 4.0 时代。”中科院亚热带农业生态研究所(以下简称亚热带生态所)研究员吴信说, 基于畜牧业转型发展, 利用新兴生物技术培育优良品种、研发绿色饲料产品、构建高效粪污处理和种养结合生态循环农业模式, 是乡村振兴的必经之路, 也是农民脱贫致富、实现农业农村现代化的根本。

近日, 在中国农学会主办、亚热带生态所等单位承办的第 393 次中国科协青年科学家论坛之“畜牧业转型发展与乡村振兴”研讨会上, 近百名专家针对乡村振兴战略畜牧业转型发展过程中的“瓶颈”问题, 如种养脱节、养殖废弃物资源化利用、原种猪、动物疫病等进行了讨论。

种养脱节: 如何堵住漏水的“管道”

据统计, 我国畜禽业每年产生约 38 亿吨粪便, 折合成纯养分约 3200 万吨, 相当于我国化肥总养分投入量的 50%, 但目前畜禽粪便资源化利用率不到 20%。

“种养分离、农牧分离, 不仅造成了资源浪费, 还是导致本可以循环利用的种植业和养殖业废弃物成为环境污染来源的原因。”吴信说。

在我国, 饲用促生长类抗生素被全面禁用和高铜高锌被限制使用以前, 部分畜禽粪便由于金属元素、抗生素超标等原因不能被有效利用。

吴信指出, 解决环境污染问题首先需要从技术层面和养殖源头着手。突破生物发酵饲料、低蛋白氨基酸平衡日粮、有机矿物元素的安全高效利用、特色饲料资源高效低能耗加工、有毒有害物质高效去除技术和饲料减排技术, 构建精准化高效营养技术体系, 是实现畜牧业可持续循环发展的重要途径。

以猪饲料营养调控为例, 中国农业大学资源与环境学院副教授侯勇团队分析发现, 低蛋白日粮和特定酶制剂可以减少 10%~30% 的粪氮产生量, 从而使养殖舍内氨气排放显著减少 20%~35%。

■绿色视野

玉米, 是全世界种植范围最广、总产量最高、用途最多的作物, 也是我国第一大粮食作物。如何通过科技创新提升玉米的价值, 让它扛起万亿级产业?

近日, 首届中国玉米产业链大会在北京举行。论坛邀请了玉米产业育种、生产、加工、贸易等方面的专家, 就玉米育种与生产、玉米消费与供需分析、玉米产业链融合与未来发展三大主题, 进行主题报告和对话交流。

种业是核心

“70 年来, 我国玉米种植面积增加了 3.26 倍, 单产提高了 6.35 倍, 总产增长了 21.42 倍。我国玉米产业方兴未艾。”中国农业大学教授李建生指出, 种业位于整个玉米产业链的核心。

在玉米增产的众多因素中, 玉米育种对增产的贡献率不断提升, 1970 年至 1999 年是 35%, 2000 年至 2018 年增加到 42%。

北京市农林科学院玉米研究中心主任赵久然介绍了我国玉米育种现状与方向演变。他指出, 玉米良种在增产中发挥着重要作用。育种创新包括理论、技术、种质、杂优模式、突破品种 5 个方面, 都应符合“不同、有用、更好”3 个要素, 选育、选准、推广有市场竞争力品种至关重要。

现代玉米育种技术正在不断创新。国家玉米改良中心主任赖锦盛讲述了生物技术与信息技术对玉米产业的影响。分子标记辅助育种技术、转基因技术、基因组编辑技术、农业合成生物技术、单倍体育种技术、全基因组选择育种技术等生物技术都对玉米产业培育良种发挥作用。

国际玉米小麦改良中心玉米分子育种首席科学家徐云碧认为, 应该建立分子育种的共享平台。与此同时, 分子育种和常规育种必须紧密结合, 分子育种需站在常规育种的肩膀上添砖加瓦。

如何实现玉米育种水平的持续提升? 中国农业国际合作促进会会长翟虎渠指出, 科技工作者要更加刻苦并努力, 做好育种设计, 在生物技术、信息化技术等方面实现新的突破; 政府部门、协会进一步提升服务, 为育种工作和企业发展提供保障。

育种的延伸

“种业作为玉米产业的芯片, 未来将向高新化、机械化、生态化转变, 将出现更多的食品专用型和能量型玉米品种。”国科现代农业产业科技创新研究院院长田冰川发布《全球玉米产业发展报告》时表示。报告由国家玉米产业技术体系、国家(北京)种业智库和北京种业协会共同编写。

2019 年, 全球玉米种子市值为 159 亿美元, 占全球种子市场份额的近 40%。中国玉米种子市值约 285 亿元(约 42 亿美元), 占全国种子市场份额的近 23%。

田冰川介绍, 目前, 美国和中国的玉米产量超过世界总产量的一半。其中, 饲料原粮消费占 60% 以上, 且未来将呈持续增长态势。中国居于全球玉米深加工消费第二位, 未来发展潜力巨大。

“未来五年内, 玉米在我国食品及相关

领域消费量将提高到 15%~20%, 而且随着代糖需求逐渐增多和环保新政实施等新需求的陆续演化, 有可能诱发新的增量供给。”他说。

如何提升玉米产业竞争力? “我国玉米种业要瞄准国际先进水平, 从全产业链的视野, 设计和规划种业发展, 促进我国现代农业发展。”李建生说。

农业农村部种业管理司二级巡视员谢焱则提出做好“三个延伸”。首先是纵向向源头延伸, 加强基础性研究的投入力度, 不断夯实我国科研基础。其次是纵向向后端延伸, 以满足生产需求和社会消费需求为根本目的, 加强产学研结合, 推动原始创新和应用研究跨越发展。再次是横向向外延伸, 加强合作与配合, 推动产业链条有机衔接, 形成产业链条完整、环节创新有力、技术整合到位的产业发展新格局。

瞄准功能性

“与玉米种子相关的饲料、食品、燃料以及工业用酒精和淀粉产业超过 1 万亿元, 是‘万亿级’产业。”北京市农业农村局副局长表示, 玉米产业需要种业来做好服务、支撑和保障, 有很大的市场空间和市场潜力。

北京市农林科学院玉米研究中心副主任王元东表示, 以前的玉米育种侧重于农民需求, 但玉米的最终归宿是饲料和加工行业, 因此现在育种任务又增加了。目前, 高产的性状已经符合饲料行业的要求, 下一步是解决品质问题。在原基础上, 培育适宜机械收获的玉米新品种, 对饲料产业也起到推动作用。

2019 年, 我国玉米消费量约 2.9 亿吨, 饲料消费约占消费总量的 67%, 深加工消费占比约 26.5%。其推动了包括养殖、化工、发酵、食品、医疗、健康等高附加值产业的发展。

为了提高玉米饲料资源利用率, 中国工程院院士、中国农业大学教授李德发团队经多年研究, 建立起了玉米对猪有效能值的动态估测方程。“不同品种之间能值是不一样的。纤维含量低、淀粉含量高的玉米, 猪消化能较高; 与普通玉米相比, 蜡质玉米有更高的有效能值和营养物质消化率。”他举例说。

玉米加工产品日渐走入人们的衣食住行, 中国农业科学院农产品加工研究所研究员王锋探讨了玉米食品加工的发展趋势。“传统型玉米食品正向工业化、产业化不断推进, 玉米功能性食品开发将是未来的热点与焦点。”他说。

■动态

秋粮产量价格预计双增长

■本报综合记者 李昕茹

本报讯 “随着新粮陆续上市, 市场粮源逐步增加, 秋粮收购工作将全面展开。”近日, 国家粮食和物资储备局举行秋粮收购通气会, 粮食储备司司长秦玉云介绍, 今年小麦和早籼稻收购价格稳中有升, 主产区秋粮开秤价格高于去年, 有利于农民种粮增收。市场化收购比重不断提高, 今年小麦和早籼稻市场化收购超过九成。

秦玉云说, 秋粮收购数量大、品种多、区域范围广、时间跨度长, 是粮食收购工作的重中之重。随着粮食收储制度改革深入推进, 农民市场意识不断增强, 更愿意结合行情择机择价售粮。今年粮食市场行情较好, 加上储粮条件改善, 部分农民不急着卖粮, 希望等一等、看一看, 卖个好价钱。

为做好秋粮收购工作, 国家粮食和物资储备局 9 月中旬联合国家发改委等 7 部门印发秋粮收购通知, 并召开秋粮收购工

作会议, 作出全面安排部署, 提出具体要求。各地认真落实粮食安全省长责任制, 加大政策性粮食销售力度, 加快腾仓并库, 主产区仓容完全能够满足秋粮收购需要; 农发行已安排 1600 亿元收购信贷资金, 16 个省份组建粮食收购贷款信用保证金, 不断完善运行机制, 目前基金总规模约 75 亿元, 可发放收购贷款 1000 多亿元, 全力保障企业收购资金需求; 各地还主动与交通运输、铁路等部门加强对接, 协同保障粮食运输运力。

据农业农村部信息, 今年夏粮实现增产, 秋粮收获接近尾声, 丰收已成定局。当前南方中晚籼稻已进入收购旺季, 主要产区入统企业已收购新产玉米 438 万吨、大豆 6 万吨, 11 月上旬东北玉米、大豆、粳稻集中大量上市后, 收购进度将进一步加快。

(辛心榕)

新技术快速检测茶叶中茶多酚含量

本报讯 近日, 中国茶叶研究所茶叶质量与风险评估创新团队成功研发出一种茶叶中茶多酚含量快速检测技术, 10 分钟内即可测定出样品中的茶多酚含量。

茶多酚是决定茶叶滋味及保健功效的主要成分。传统茶多酚含量测定以福林酚显色反应为基础, 但由于福林酚试剂与茶多酚的反应本身非常缓慢, 需要 2 小时左右才能达到稳定状态, 因而传统茶多酚含量检测方法存在操作复杂、耗时、试剂消耗大以及成本高等缺陷。

微流控纸芯片技术具有高通量液流操控的特殊功能, 可实现对平行反应的精确

控制, 结合动力学匹配方法, 在 10 分钟内即可完成茶多酚含量的准确测定。与传统方法相比, 该方法在显著缩短检测时间的同时, 还具有节约试剂、装置简单的优势, 在茶叶生产实时监测、消费者自测等方面具有良好的应用前景。

该团队前期已建立了基于有机溶剂在线发液浓缩—微流控纸芯片农药残留速测技术, 将农药残留速测方法回收率从原来的(29.7±6.6)% 提高至(87.4±2.8)%, 解决了长期以来制约农药残留快速检测灵敏度和准确性的难题, 显著提高了该方法在实际样品快速检测中的性能。

(郝振翼)



我国拥有自主知识产权的猪肉品种——流沙河土花猪。亚热带生态所供图

龄和体重出栏时, 瘦肉率不同。”印遇龙指出, 为了兼顾生猪胴体瘦肉率和生长速度, 采用合理的饲喂方式是提高瘦肉率和猪肉品质的重要手段。

抗击动物疫病的思路选择

猪繁殖与呼吸综合征(PPRS)又称蓝耳病, 具有高传染性和强致死性, 被认为是亟须攻克的猪传染病之一。中国农业科学院北京畜牧兽医研究所研究员李奎介绍, 蓝耳病对全世界养殖业造成了巨大的经济损失。

张宏福认为, 目前蓝耳病疫苗更新的速度远赶不上病毒变异的速度。他建议, “少用药、慎用苗”, 机体自身的免疫力是本, 应更加关注动物自身健康, 重视环境, 回归“养”的本源, 以生物安全、环境控制、精准饲养、绿色营养四轮驱动提高畜禽自身免疫力, 站在系统生物学高度开展理论创新、技术创新和产品创制。

与会专家一致认为, 应创建重要疾病的新型检测技术、疾病诊断试剂关键技术, 以及治疗用药新技术, 开展疫苗的联合应用和联苗研发, 疫苗效果的临床监测与评估、免疫程序的优化, 政策上支持生猪兽医综合服务体系建立和推广。

李奎则认为, 重大疫病是我国生猪产业的关键问题, 抗病育种是产业的迫切需求。已有案例表明, 培育猪的抗病新品种(系)是可行的。

■本报记者 王芳