

■大话农科

“多样化”助推农业可持续发展

■本报见习记者 韩扬眉

不要小看某些昆虫、杂草，它们多样性越丰富，农民收获的玉米、油菜和咖啡可能就越多。

近日，由德国维尔茨堡大学和意大利优若克研究中心牵头、国际食物政策研究所等单位参与的百余名专家组成的国际研究小组证实了生物多样性对农业发展的益处，即生物多样性丰富的农田能更好地抵御害虫、促进授粉、提高产量。相关成果日前发表于《科学进展》。

“在未来的环境条件下，维持诸如野生授粉者和天敌等有益生物的生物多样性，对于确保提供生态系统服务和保持高产、稳产至关重要。因为保护生物多样性将赋予农业生态系统更大的恢复力和耐冲击力。”优若克研究中心生物学家、该论文第一作者马特奥·丹尼斯告诉《中国科学报》。

丰富物种促生产

大自然是一位杰出且“免费”的农业生态系统服务提供者。

例如，野生蜜蜂为果树和其他作物授粉，食肉瓢虫吃掉损害甚至摧毁作物的害虫。某些生物为农业提供重要的生态系统服务，而在很大程度上，作物最终的产量也取决于这些生态系统服务。

事实上，过去诸多研究均已证实，生物多样性在生态系统功能中发挥着重要作用。不过，生态系统服务功能对生物多样性的依赖性仍在争论之中。

早期相关的综合研究显示了不一致的结论，有研究认为群落中少数优势物种可能提供了大部分生态系统服务；还有研究认为，丰富度高的群落存在互补物种，它们共同维持生态系统服务功能。

是少数的优势物种还是许多互补物种提供了主要的生态系统服务，目前尚不清楚。比如在农业生态系统服务中，目前尚不清楚的是，少数优势物种是否足以维持作物授粉和害虫防治服务。

“根据物种互补性、群落丰度和优势种作用的相对重要性，生物多样性和生态系统服务功能之间可能存在不同的关系。”论文作者之一、国际食物政策研究所环境与生产技术部高级研究员张巍解释，物种丰富度、群落丰度和优势种的重要性受两个因素影响，一是群落丰度随物种多样性的变化程度，二是群落的有效性和专业化程度之间的差异。

“过去对这三方面的研究通常是在孤立、小规模实验环境中进行，缺乏它们在真实生态系统中的相对重要性的综合研究，也缺乏真实环境中由于人类活动而导致生物多样性变化的证据，尤



蜜蜂正在传粉授粉。图片来源：Pablo Cavigliasso/INTA

其是对农业生态系统服务影响的证据。”张巍说。从现实来看，世界粮农组织指出，自20世纪90年代以来，主要作物的产量增长趋于平缓。全球玉米、稻米和小麦产量的平均增长率总体上仅略高于1%。这意味着，高投入、集约化的生产模式即将达到其增加作物产量的极限。因此，有必要考虑采取其他生态环境友好型的途径来维持未来作物生产的稳定和可持续性。

“我们迫切需要更好地了解农业生态系统中由生物多样性驱动的生态系统服务及其对作物生产的连锁影响，以预测未来生态系统服务的供应，并寻求可持续管理战略。”张巍说。

“简单”农田要“复杂”

研究人员编制了一个广泛的数据库，其中包括89项研究，这些研究在全世界1475个采样点测量了传粉者、害虫和天敌等相关生态系统服务的丰富度和丰度。

这些采样点涵盖了北美大平原的玉米田、瑞典南部的油菜田、印度的咖啡种植园、南非的芒果种植园和阿尔卑斯山的谷类农场。研究人员借助一个综合模型，分析

了两种生态系统服务：一种是由野生昆虫提供的授粉服务；另一种是生物害虫防治服务，即环境以虫治虫的能力。这两种生态系统服务对作物生产至关重要，也是近几十年来的研究重点。

研究表明，“有益”昆虫种类越多的农田，就越能免受害虫的侵害，促进授粉，提高产量。

除此之外，研究还发现，农业景观的简化导致物种多样性减少，从而间接影响生态系统服务。比如，在农业景观简化对农田授粉造成的负面影响中，有三分之一是由单一栽培引起的。在种植大型单一栽培物种的农田里，“有益”昆虫的多样性和丰富度大大降低，对作物产量产生不利影响。

在害虫控制方面，农业景观简化的影响更大。“农业景观简化造成的全部后果中，有一半与天敌多样性的丧失有关。”马特奥·丹尼斯说，“遗憾的是，目前我们还无法解释为什么这种影响更大，还需要进一步的研究。”

张巍认为，生物多样性突出强调了广泛地支持农业生产的生态系统服务，比如害虫调控、授粉和土壤肥力等，这很重要。“没有丰富的物种来促进这些生态系统服务，农民将不得不依赖更多的化学农药和化肥的投入，而这些化学品污染环境，增加生产成本，损害人类

健康，增加温室气体排放等，同时破坏生态功能，从而形成一个恶性循环。”

建立多样化的农业管理系统

世界粮农组织发布的数据显示，蜜蜂、鸟类和蝙蝠等传粉媒介影响着35%的世界作物产量，可以增加全球87种粮食作物的产量。

研究人员建议保护那些通过生物多样性来维持健康运转的自然环境，并尽可能使农作物和农业景观多样。

马特奥·丹尼斯指出，农业景观多样化可能是保护生物多样性和提高生物多样性在确保抵御环境失调方面具有更重要的价值。“来自维尔茨堡大学动物生态学和热带生物学学院的动物生态学家、该研究项目的发起人英格美·斯蒂芬-德温特强调，该研究为可持续农业新途径的潜在好处提供了强有力的实证支持，这些新途径旨在协调生物多样性保护和食物生产，以满足不断增长的人口需求。

国际环境与发展研究所迪利斯·罗博士在《柳叶刀-星球健康》上发表评论文章指出，生物多样性丧失不仅是一个环境危机问题，更是关乎国际发展和扶贫的问题。

在张巍看来，为实现全球范围内农业可持续、粮食安全及发展，相关研究机构的经济学家们必须关注生物多样性问题，并积极参与跨学科研究。“随着了解的深入，越来越多的证据表明，需要更多的投资来保护生物多样性，我们必须实施可持续管理战略和土地利用政策。”

马特奥·丹尼斯表示，未来需要解决在农田周围增加生物多样性的成本问题，这些管理方案的潜在成本包括建立和维护野花带的直接费用，以及因保持生物多样性而占用土地，导致作物产量损失的机会成本。“理想条件下，这应该在一个整体方案中体现，以考虑成本和收益的环境依赖性。”

“在未来持续的全球变化，以及极端气候事件更加频繁的背景下，农田生物多样性在确保抵御环境失调方面具有更重要的价值。”来自维尔茨堡大学动物生态学和热带生物学学院的动物生态学家、该研究项目的发起人英格美·斯蒂芬-德温特强调，该研究为可持续农业新途径的潜在好处提供了强有力的实证支持，这些新途径旨在协调生物多样性保护和食物生产，以满足不断增长的人口需求。

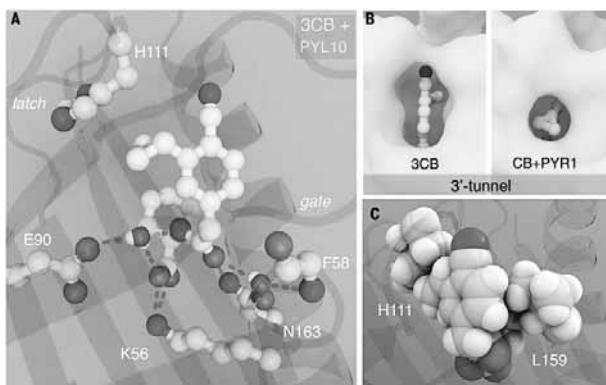
国际环境与发展研究所迪利斯·罗博士在《柳叶刀-星球健康》上发表评论文章指出，生物多样性丧失不仅是一个环境危机问题，更是关乎国际发展和扶贫的问题。

在张巍看来，为实现全球范围内农业可持续、粮食安全及发展，相关研究机构的经济学家们必须关注生物多样性问题，并积极参与跨学科研究。“随着了解的深入，越来越多的证据表明，需要更多的投资来保护生物多样性，我们必须实施可持续管理战略和土地利用政策。”

马特奥·丹尼斯表示，未来需要解决在农田周围增加生物多样性的成本问题，这些管理方案的潜在成本包括建立和维护野花带的直接费用，以及因保持生物多样性而占用土地，导致作物产量损失的机会成本。“理想条件下，这应该在一个整体方案中体现，以考虑成本和收益的环境依赖性。”

■环球农业

抗旱：喷点人造脱落酸



两个关键蛋白3CB与PYL10结合的结构。图片来源：《自然》

今年秋收时节，江西省的旱情引起了广泛关注。截至11月1日，旱情导致486.6万人受灾，农作物受灾452.1千公顷，82.1千公顷作物绝收。

气象部门预测，11月份江西省降雨持续偏少。这对于靠天生长的脐橙、蜜橘、蜜柚等作物来说，无疑是“要命”的消息。

最近发表在《科学》上的一项研究未来或许能拯救这些作物的命运。来自美国加州大学河滨分校等机构的研究者研制了一种名为Opabactin(简称OP)的化学物质，它可以帮助植物保持水分，减少由于干旱造成的农作物损失，帮助农民更好地应对气候变化。

本文的通讯作者、加州大学河滨分校植物细胞生物学教授肖恩·卡特勒(Sean Cutler)说：“干旱是全球农作物歉收的首要原因。OP是一种令人兴奋的新工具，它可以在降水不足时帮助农民控制农作物的生长。”

众所周知，在秋冬季节，大量植物叶片会自然脱落。这是由于植物在干旱、寒冷等不良生长环境中，体内分泌的脱落酸(ABA)导致的。ABA会减慢植物的生长速度，在不枯萎的前提下，使植物的水分消耗尽可能地减少。

卡特勒说：“科学家很早以前就知道，用ABA喷洒植物可以提高其耐旱性。但是，它成本昂贵且不够稳定，因此难以推广。”卡特勒团队在2013年曾研制出

化合物“quinabactin”，这是天然激素ABA的可行替代品，已经有公司以此化合物为基础进行了其他研究，并申请了十多项专利。但是，quinabactin在一些重要作物上的效果并不明显，例如种植范围最广的主粮小麦。

当天然激素ABA与植物细胞中的激素受体分子结合时，它会形成两个紧密的键，就像是双手紧紧抓住手柄，但quinabactin只能抓住其中一个手柄。

研究人员们综合虚拟筛选、X射线晶体学和结构指导设计等方法，研制出了ABA模拟物OP。其受体的亲和力相对于ABA提高了约7倍，在植物体内最高可提高10倍，这使其成为“超级激素”。它对小麦、番茄、大麦、拟南芥等不同作物种类均有效。同时它对反应迅速，使种植者在应对干旱方面更具灵活性。

卡特勒说：“我们做的事情是工厂无法做到的，两周后，如果持续干旱，我们就可以制定提高农作物产量的措施，例如应用OP。”

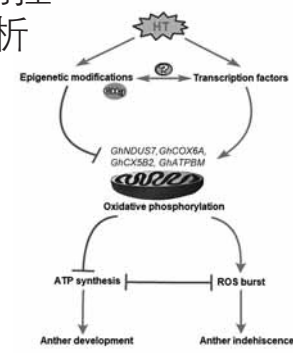
目前，该团队希望找到一种与OP作用相反、可以加快生长速度的分子，以便在水分充足的可控环境和室内温室中应用。

卡特勒说：“有时候，你想加快生长速度，而有时候又想放缓生长速度。我们的研究希望解决这两种需求。”(刘如楠编译)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.aaw8848>

■进展

高温胁迫下DNA甲基化调控棉花育性的潜在机制被解析



本报近日，中国农业科学院棉花研究所棉花高产育种创新团队发布了棉花花药的单碱基分辨率甲基化图谱，并初步探究了高温胁迫下DNA甲基化调控棉花育性的潜在机制。该研究对进一步揭示高温胁迫导致棉花不育的表观调控机制以及创制耐高温棉花恢复系具有重要意义。相关研究成果在线发表在《实验植物学杂志》(Journal of Experimental Botany)上。

据团队首席、棉花所研究员邢朝柱介绍，棉花是重要的经济作物，利用杂种优势可以大幅度提高棉花产量、改进纤维品质及增强抗逆性。哈克尼西棉细胞质雄性不育(CMS-D2)“三系”配套制种不仅可以省去人工去雄，而且大面积制种时省工省时，操作简便，同时可有效提高杂交制种纯度。然而，棉花CMS-D2恢复系育性恢复能力易受高温胁迫影响，从而限制了棉花“三系”杂交种的大面积推广应用。

该研究利用全基因组甲基化测序技术，绘制了棉花花药的单碱基分辨率甲基化图谱，并全面分析了棉花花药发育过程中响应高温胁迫的DNA甲基化变异与基因表达变化之间的潜在联系。研究发现，高温诱导的DNA去甲基化可通过上调线粒体呼吸链中相关基因的表达来维持三磷酸腺苷合成和活性氧产生的动态平衡，从而保证高温胁迫下棉花花药的正常发育。该研究结果为深入揭示棉花细胞质雄性不育以及育性恢复的分子机理奠定了基础，同时对生产上利用表观遗传工程技术选育耐高温恢复系和“三系”杂交种具有重要的实践意义。(冯文娟 梁冰)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1093/jxb/erz470>

富硒水稻安全生产及调控机制获揭示

本报近日，华中农业大学资源与环境学院环境修复团队在国际学术期刊《总体环境科学》(Science of the Total Environment)和《环境污染》(Environmental Pollution)发表研究成果，揭示了富硒水稻安全生产及调控机制的最新进展。

硒是人体必需的微量营养元素，在增强人体免疫力、防癌抗癌和抵抗各种疾病方面发挥重要作用。我国近70%人口生活在土壤缺硒地区，科学补硒刻不容缓。水稻是世界主要粮食作物，所以研究开发富硒安全的稻米显得尤为重要。

研究结果显示，土壤施加低浓度硒处理(<5 mg/kg)促进水稻光合作用、提高水稻的抗氧化能力，增加水稻产量，但高浓度硒会产生毒害。有机形态的SeCys和SeMet是水稻中存在的主要硒形态，其含量随着硒处理水平增加而降低。而在10~20mg/kg高硒

处理条件下，糙米中出现了无机硒，主要为Se(IV)和Se(VI)，可能对人体健康产生危害。根据本研究结果，土壤添加0.5~5mg/kg的硒可作为富硒水稻生产的安全剂量。

研究还报道了NO缓解水稻高硒胁迫的机理。结果表明，NO有效增加水稻的抗硒胁迫能力，减轻高硒毒害。其机制主要是促进水稻生长和光合作用，增加抗氧化能力，下调根系OsPT2、OsSAMS1和OsSBP1基因的表达，下调地上部Os-PT2、OsCs和OsSBP1基因的表达，以及降低水稻对硒的吸收积累等。

华中农大资源与环境学院博士研究生戴志华为论文第一作者，教授涂书新为通讯作者。(江承凤) 相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.186> <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113540>

“硬核技术”再创机插水稻高产新纪录

■本报记者 李晨 通讯员 陆江峰

1058.9公斤！丰收之际，江苏省机插水稻单产纪录再次被打破。

产量高、质量好、机械化……《中国科学报》从江苏省农垦黄海分公司了解到，正是有了扬州大学农学院教授、中国工程院院士张洪程团队牵头研究、示范的“硬核”技术支持，才能创造新纪录。他们为江苏水稻“量身定制”了“水稻钵苗插超高产栽培技术”，打破了机械化条件下水稻生产优质高产精准化移栽技术的瓶颈。

农艺+农机：“质”“量”如虎添翼

“土壤肥、技术好、气候佳。”江苏省农业技术推广总站站长杨洪建说，张洪程团队牵头的“水稻超高产栽培技术攻关项目”取得成功，技术是关键因素，良种良法配套、农艺农机融合，方能为产量、质量的提升筑牢根基。

多年来，张洪程团队对我国种植农艺和农机进行了融合性研究，并与常州亚美柯机械有限公司合作，在我国率先形成了“钵穴育苗、整体移栽”水稻钵苗插超高产栽培核心技术，成功研制水稻钵苗移栽成套机械设备。

张洪程介绍，33~23cm行距宽窄行新型钵苗插秧机的研发生产，既满足了我国大量中小户型和优质粳稻等水稻品种“密植增产”的农艺要求，又突破了水稻钵苗机械化移栽“稀植优质”技术的束缚，针对性地解决了江苏水稻钵苗插秧过程中“苗不足”“行不稳”等实际问题，实现种植质量和产量同步提升。

项目实施单位苏垦农发黄海分公司副总经理沈松表示，今年水稻钵苗插秧作业面积3万多亩，均使用了新型钵苗插秧技术，基本实现品种全覆盖、

区域全覆盖，示范区产量和质量均显著提升，社会效益和经济效益十分喜人。

同时，在张洪程主持下，水稻钵苗插秧机在江苏、安徽等多个省份水稻种植点进行多点多品种多条件试验示范，均取得了可喜成果。

“人多地少是我国的基本国情，因此，开展超级水稻超高产栽培研究与示范，对于确保国家粮食安全有着十分重大的意义。只有良种良法配套、农艺农机结合，以科技为支撑走内涵式现代农业发展道路，才能真正实现‘藏粮于技’。”张洪程说。

成果落地：破解“卡脖子”难题

进入本世纪以来，中央一号文件多次强调要着力解决水稻机插等突出问题。水稻机械化栽培已成为亿万农民告别艰辛劳作、提高生产效率、实现稻作现代化的必由之路。

目前，我国水稻面积3/4分布在南方多熟制地区，水稻接茬季节紧张，而传统栽培以超高密度培育钵苗机插，大幅度推迟了播种期，虽然生育期缩短，但仍造成水稻迟熟，加剧了多熟制季节矛盾，不仅影响周年生产，更使当季水稻产量与质量不高不稳。

“当前在南方多熟制地区，传统机插栽培普遍存在苗小质弱与大田早生快发不协调、个体与群体关系不协调、前中后期生育不协调等严重问题，直接制约了我国水稻栽培机械化的进程。”张洪程说，这些“卡脖子”难题无法回避，必须加以研究并解决。

自2004年起，张洪程团队联合南京农业大学、安徽省农业科学院、江苏省农业科学院等单位组成攻关协作组，历经十余年攻关研究，通过壮秧培育、



项目测产现场。

扬州大学供图

精准机插、生育诊断、肥水调控等关键技术的突破性创新，创立了适应多熟制地区的钵苗、钵苗机插高产优质增效栽培技术新体系。

项目技术成果被农业农村部列为全国主推技术，相继在苏、皖、鄂、赣等地大面积示范推广，取得显著的经济、生态、社会效益。其中2015—2017年苏、皖、鄂、赣累计应用8952.7万亩，新增稻谷335.1万吨，增收97.6亿元，节本17.3亿元，累计新增效益114.9亿元，展示出广阔的应用前景。

校企携手：端牢“中国饭碗”

“江苏省农垦黄海分公司在项目合作实施、人才培养等方面都发挥了重要作用。其先进的管理模式和新技术的应用既让大家看到了农业发展的美好前景，也坚定了农业科技内涵发展的信心；同时，还给我们提供了培养应用型技术农业人才的新思路。”张洪程团队成员、

扬州大学农学院教授霍中洋说。

为更好地转化科技成果，在产学研合作开发和利用上产生经济效益，张洪程院士创新试验基地于2016年在江苏省农垦黄海分公司正式挂牌成立，深入开展农业科技攻关，为农业生产提供了很好的技术示范与支持。

在3年多的合作共建中，工作站规模逐渐壮大，目前已配有19位专业技术人员，其中3位为扬州大学常驻研究生团队成员。在学习科研之余，工作站的成员们长期服务在农业一线，做给农民看、带着农民干、帮着农民赚……真正把论文写在大地上”。今年，双方合作创下了高产新纪录，显著提升了水稻综合生产和市场竞争力，也是校企合作、产学研融合的一次升级。

“科研来自生产实践，也必须回归农业一线。”张洪程说，“只有将更多的科技注入农业生产，汇聚多方力量，壮大人才队伍，才能端牢‘中国饭碗’，让农业真正大有作为！”