

他们大海捞针,“窥见”害虫气味受体“真相”

■本报记者 李晨

夏日必备的驱蚊剂大多依靠气味驱逐蚊虫。这种灵敏度高、选择性强、环境友好的方法也被科学家看上了,他们想以此对付田间害虫。

然而,小分子化合物千千万,哪一款才是害虫的“真爱”抑或“最怕”?虽然昆虫识别气味的受体基因已经找到,但是这些受体如何与气味相结合,仍是近几十年来的全球性未解难题。

近日,《科学》在线发表了中国农业科学院深圳农业基因组研究所(以下简称基因组所)、华中农业大学、中国农业科学院植物保护研究所(以下简称植保所)等单位联合完成的最新研究论文。该研究在全球首次解析了蚜虫报警信息素受体的冷冻电镜结构,揭示了气味受体离子通道门控机制,为基于气味受体结构高通量筛选新型绿色昆虫行为调控剂奠定了基础。

中国工程院院士宋宝安指出,这是昆虫嗅觉编码机制研究领域的重大突破,为开发高效、绿色的行为调控剂奠定了理论基础,显著增强了我国在昆虫行为调控剂研究领域的核心竞争力。

中国科学院院士康乐认为,这一里程碑式的突破为基于结构生物学高通量筛选杀虫剂和驱避剂奠定了理论基础,将有力推动害虫绿色防控新产品研发进程,为实现安全、绿色、可持续的农业生产模式提供强有力的支撑。

从“臭”名昭著到“真香”

1999年,王桂荣考上植保所博士生,成为中国工程院院士郭予元的学生。

“我的师兄、师姐当时在用传统化学生态学手段筛选小分子化合物,从中寻找可能的昆虫行为调控剂。”论文共同通讯作者、基因组所研究员王桂荣回忆说,这种实验每次释放一种挥发性小分子化合物,观察昆虫对其的好恶。如果昆虫特别喜欢或特别不喜欢,那么这种化合物有可能成为绿色标靶农药的备选。

实验听起来似乎不难,但是闻起来往往让人受不了。因为很多挥发性小分子有特殊的气味,重复性的昆虫行为测定实验也让人感觉很枯燥,这让很多研究者望而却步,所以研究进展缓慢。

王桂荣希望利用现代分子生物学技术结合昆虫化学生态学研究,加快昆虫行为调控剂的研发进程。

导师郭予元非常支持王桂荣,然而20年前,国内的实验平台和技术水平都不足以支持他的想法。就这样,学植保的王桂荣申请到美国一所以医科著称的大学——范德比尔特大学工作。

在范德比尔特大学工作期间,王桂荣建立了非洲爪蟾卵母细胞结合双电极电压钳研究平台,用于解码昆虫气味受体的功能。他还研究了冈比亚按蚊基因组编码的所有79个气味受体的功能。与同事合作,王桂荣以重要的气味受体



蚜虫。 中国农科院供图

为靶标,筛选了范德比尔特大学医学中心化合物库中的15万种分子,找到了很多对蚊子有引诱和驱避作用的活性化合物。

2011年,王桂荣回到植保所成立昆虫功能基因组学研究组,并担任课题组长。彼时,基因组学技术兴起并被广泛应用,分子生物学进一步发展,越来越多的科学家开始采用新方法研究昆虫对气味的识别机制,该领域跃升为科学家关注的“真香”领域。

“创制靶向小分子绿色农药是国际前沿的研究课题,也是国家重大战略需求。基于灵敏的嗅觉研究的害虫引诱剂和驱避剂是全球公认的绿色防控技术,而嗅觉受体结构未知,是研发高效引诱剂和驱避剂的卡点。”宋宝安说。

如何从十几万到几十?

“我们已经研究了大量嗅觉受体基因的功能,筛选获得了多种重要农业害虫的关键嗅觉受体基因,但面临的核心问题是国内没有小分子化合物的实体库,无法基于气味受体的功能进行大规模筛选。”王桂荣说,要把几十万种小分子化合物全部买回来也不现实,只能另辟蹊径。

“如果能从几十万种化合物中筛选出几十、上百个行为调控剂候选分子,再逐一做昆虫行为学筛选,倒是可行的。”

尽管这像大海捞针,但王桂荣试图找到一种高通量筛选方法,以对化合物进行快速的初步筛选。

这需要解决两个关键的科学问题:首先要从近百个气味受体中鉴定出控制特定行为的关键气味受体,建立气味受体与昆虫行为的关系;其次要解析这些关键气味受体的三维结构,这样才能通过分子对接、机器学习进行智能化高通量筛选。

通过此前的研究,王桂荣团队已经找到了系列调控昆虫特定行为的关键基因,例如哪些嗅觉受体基因介导了昆虫寻找寄主、配偶、产卵场所或逃避敌害等关键行为。接下来,解析这些关键气味受体的三维结构就成为了问题的关键。

昆虫依赖灵敏的嗅觉感知环境中的化学信息。在嗅觉识别过程中,嗅觉受体神经元树突膜上的气味受体扮演着核心角色,它们能够将外界的化学信号转化为生物电信号,介导昆虫相应的行为反应。

康乐介绍,与脊椎动物单个气味受体具有功能不同,绝大多数昆虫的特异性受体要和共受体形成OR-Orco复合物才能发挥功能。尽管昆虫气味受体已被发现20多年,但OR-Orco复合物的三维结构一直是个待解之谜。

“如果破解了气味受体的三维结构,就能用计算机模型匹配小分子化合物和昆虫气味受体,判断二者是否会发生互相作用,这样就可以实现快速、高效的筛选。”王桂荣说。

4年前,王桂荣和论文共同通讯作者、华中农业大学教授殷平相识。殷平长期从事蛋白质空间结构的研究。对殷平来说,昆虫气味受体是一个崭新领域,但对科学未知的好奇驱使着他和合作者们一起攻克气味受体的三维结构难题。

绿色新型农药在路上

“昆虫气味受体是一个异源四聚体结构。其三维结构之所以难以解析,是因为它需要和共受体结合才能发挥作用,而这增加了蛋白表达的难度,因此很难利用冷冻电镜解析它的结构。”殷平说。

机会总是留给有准备的人。

在前期工作中,王桂荣团队有一个有趣的发现——豌豆蚜在遇到外界威胁时会释放一种化合物,告诉附近的同类“这里有危险,你们赶快跑”,这种化合物就是报警信息素反-β-法尼烯。

他们揭示了多种蚜虫通过保守的气味受体ApOR5-Orco特异性地识别报警信息素,并进一步阐明了报警信息素如何巧妙地调控天敌昆虫精准定位蚜虫的嗅觉机制。“报警信息素及类似物的受体在蚜虫这类重大害虫中高度保守,作为昆虫行为调控剂的潜力巨大。”王桂荣说。

殷平看来,已知的报警信息素和豌豆蚜气味受体之间的互作关系,给研究确定了一个比较明确的方向,不过困难依然存在。10多年来,国际上多个实验室试图解析OR-Orco复合物的三维结构,但都没有取得成功,其中最主要的困难是如何获得足量的均一化的OR-Orco蛋白复合物。

(下转第2版)

我国 53%的可治理沙化土地得到有效治理

据新华社电 加强荒漠化防治,关系到我国生态安全。国家林草局有关负责人6月15日表示,我国高度重视荒漠化防治工作,特别是党的十八大以来,持续加大“三北”等重点生态工程建设力度,推进科学化、规模化治沙,53%的可治理沙化土地得到有效治理。

今年6月17日是第30个世界防治荒漠化与干旱日。国家林草局6月15日在京主办了第30个世界防治荒漠化与干旱日纪念活动。

记者在纪念活动的启动仪式上了解到,“三北”工程区累计完成造林4.8亿亩,治理退化草原12.8亿亩,森林覆盖率由1978年的5.05%提

高到13.84%,退化草原面积由2004年的85%降低到70%左右,重点治理区实现了由“沙进人退”到“绿进沙退”的历史性转变。

据监测,近10年来,北方地区春季年均发生9.2次沙尘天气过程,与近30年同期年均12.5次相比,呈现次数减少、强度减弱的趋势。

据了解,沙区生态环境的改善,带动了畜牧养殖业和林果业发展,促进了区域经济发展。沙区年产干鲜果品4800万吨,年总产值可达1200亿元。在华北、东北等粮食主产区,依托农田防护林网,4.5亿亩农田得到有效保护。

(胡璐)

科学家研制 高效红光钙钛矿发光二极管

本报讯(见习记者江庆龄)上海大学机电工程与自动化学院教授杨绪勇课题组与合作单位团队,突破了钙钛矿发光二极管(LED)红光发射的效率瓶颈,创造了红光钙钛矿LED发光效率的新纪录。这将加速钙钛矿LED的显示产业化进程。相关研究近日发表于《自然》。

钙钛矿LED作为新兴的显示技术,具有高色纯度、广色域、加工工艺简单、低成本等优势,是国内外光电器件领域的研究热点。

目前,作为显示三基色之一的绿光钙钛矿LED的发展十分迅速,而关键的红光钙钛矿LED性能遭遇瓶颈,尤其在高偏压下光谱稳定性差,制约了钙钛矿LED在全彩显示领域的应用。

传统的单端吸附型配位分子在调节磷

基钙钛矿发射光谱的同时,显著降低其荧光量子产率。如何实现高效红光发射而不牺牲钙钛矿的光电性质,一直是制约红光钙钛矿LED性能的巨大挑战。

研究团队利用一种独特的两端有机分子配位“锚定”钙钛矿表面,以稳定其八面体结构,成功突破了钙钛矿薄膜光谱调节和光电性质之间的相互制约。研究得到的LED器件在纯红光620至650纳米范围区间内光谱连续可调,其中在638纳米发射的LED器件外量子效率达到28.7%。此外,在高达8伏的偏压下,器件辐射复合中心几乎不发生分离,表现出极为优异的光谱稳定性。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07531-9>

研究发现 抗弓形虫药物设计新靶标

本报讯(记者李思辉 通讯员汪楚琪)近日,华中农业大学农业微生物资源发掘与利用国家重点实验室、湖北洪山实验室教授申邦团队发现定位于人兽共患寄生原虫——弓形虫顶质体的一类全新的丙酮酸转运蛋白,并解析其生物学功能,为抗弓形虫药物研发提供了新靶标。相关成果发表于美国《国家科学院院刊》。

作为真核病原微生物,弓形虫除了拥有真核细胞典型的细胞器结构和生物膜系统外,还具有一种独特的细胞器——顶质体。顶质体活跃而复杂的代谢活动帮助虫体完成胞内寄生。它含有4层生物膜结构,是弓形虫体内重要的代谢场所,被视为抗弓形虫药物开发的良好靶标。

传统观念认为,顶质体中的丙酮酸是由PYK2(丙酮酸激酶2)催化PEP(磷酸烯醇式丙酮酸)产生。该团队通过前期研究发现,PYK2并非顶质体中丙酮酸的主要来源,暗示顶质体中的丙酮酸供应可能主要来自虫体细胞质。但顶质体拥有4层膜包裹的特殊结构,丙酮酸如何从细胞质进入其中?寻找能将丙酮酸运送到顶质体的转运蛋白是该研究想要解决的主要

科学问题。

经过近半个世纪的研究,科学家仅发现两类定位于细胞器的丙酮酸转运蛋白,它们分别定位于线粒体和叶绿体。弓形虫体内存在真核细胞中保守的线粒体丙酮酸转运蛋白(MPC),但是没有与叶绿体丙酮酸转运蛋白(BASS2)同源的蛋白。因此,该研究利用蛋白临近标记技术筛选潜在的顶质体丙酮酸转运蛋白,最终发现两个定位于弓形虫顶质体膜上的丙酮酸转运蛋白(APC),它们相互结合,共同发挥转运胞质中丙酮酸进入顶质体基质的功能。

研究显示,利用CRISPR/Cas9基因编辑技术敲低APC后,弓形虫顶质体的完整性及其代谢活性受到严重影响,最终虫体生长停滞。通过序列比对发现,APC与MPC、BASS2均没有氨基酸序列上的同源性,是一类全新的丙酮酸转运蛋白。APC在虫体代谢和生长中起关键作用,并且仅存在于弓形虫等含有顶质体的寄生原虫中,宿主细胞不编码同源蛋白。这些特征使其具有成为新型抗寄生虫药物靶标的潜力。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1073/pnas.2314314121>



全球首创智能筑港机“首秀”现场。 中交二航局供图

全球首创智能筑港机“首秀”成功

本报讯(记者李思辉 通讯员汪俊)近日,在江苏盐城大丰港码头项目施工现场,位于码头墩台上方的天车正将一榀重达70吨的结构梁缓缓提起,随后向左横移8.5米至码头两个墩台的中间位置,再下放至标注部位,整个过程用时仅15分钟。这标志着由中交二航局研发制造的全球首创装配式码头一体化绿色智能筑港机“首秀”成功。

为解决恶劣工况下码头上部结构快速安装问题,中交二航局技术中心联合中国海洋大学等单位,为该项目量身打造了“智能积木拼装师”。

该装备首创了桩顶支撑装置、自行走机构、多功能吊装系统,可对码头上部结构全覆盖、一体化、流水式安装,适用于各类型高桩码头预制构件安装。该装备还进行了智能化改造升级,配备了数字监控平台,在安装下放过程中,通过系统精准掌控构件姿态并自动调位。系统自动识别梁板安装目标位置图像后,将构件快速、平稳、精准落入,实现全过程智能安装。

据悉,施工所需395榀结构梁、352块面板均由预制基地生产后运至现场,再由智能筑港机采用“搭积木”的方式完成安装。

全球最大尺寸一体成型高性能铜管面世

本报讯(记者孙丹宁)近日,东北大学黄须强、吕朝阳团队在有色金属高端管材制备及应用领域取得重大突破,成功研制出全球最大尺寸的一体净成型高性能铜管。

一直以来,使铜同时具备高强、高导性能是世界性难题,制作大尺寸高强、高导铜管的难度更大。该团队经过10多年对高性能铜管的研制和应用,利用铜的强化机理及成型工艺,成功研制出长7.5米、直径2.4米、厚50毫米的当今世界上尺寸最大、性能最优的一体成型高性能铜管,并成功应用于国内外百吨级电渣炉高性能结晶器制作中。

据了解,直径超过200毫米的铜管目前主要应用于钢厂连铸结晶器、电渣炉结晶器、自耗炉结晶器等。由于铜管强度低、结晶器使用寿命短,材料熔炼成本和市场价格很高。

该团队研究的高性能铜管应用于沈阳和泰冶金设备有限公司生产的熔炼结晶器,使结晶器使用寿命延长3至5倍,不仅降低了材料熔炼成本,而且提高了熔炼效率和质量,每年可节约结晶器制作费用数亿元。

此外,由于具有优异性能和大尺寸特征,这种铜管在船舶制造、低温物理研究、暗物质探索

等多个领域具有广阔的应用前景。

同时,该团队还深入研究了变形铜管再制造技术,成功研制出先进的铜管修复技术。使用该技术修复的结晶器,使用寿命不仅不低于原使用寿命,全寿命周期也大大延长,为结晶器绿色制造作出了重大贡献。目前,通过此技术生产的高性能结晶器已出口德国、法国、意大利、俄罗斯、印度、韩国、日本等国家;生产的电渣炉结晶器已被全球最大的锻造企业GIVA采购,标志着我国高端管材(铜管)制备技术获得业界的高度认可。

“比皮科伦坡”前往水星途中发生故障



本报讯 由于离子推进系统的电力供应不足,由欧洲航天局(ESA)和日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)联合开发的水星探测装置“比皮科伦坡”,可能要进行一场更久的长途旅行。

据《科学》近日报道,4月26日,比皮科伦坡在飞越水星途中准备制动时,管理人员发现其功率下降。到5月7日,操作人员恢复了其90%的推力,但问题出现的原因至今仍不清楚。离子驱动是利用航天器太阳能电池板的电力来加速

离子,并产生稳定、微弱的推力,但目前其还没有恢复到最大强度。

尽管遭遇挫折,但ESA在5月15日的声明中称,这只是一个“小故障”。管理人员对比皮科伦坡安全抵达水星持乐观态度。“我们仍然能够将它送入水星轨道。”ESA项目的科学家Johannes Benkhoff说。

2018年10月发射的比皮科伦坡,耗资16.5亿欧元(18亿美元),将运送两个科学探测器进入不同的水星轨道。ESA的水星行星轨道器携带了11台仪器,JAXA的水星磁层轨道器携带了5台仪器,它们将一起探测水星地壳中的挥发性元素和扭曲的磁场,以寻找这颗行星形成历史的线索。

要想抵达水星,航天器必须沿着一条迂回的路线飞行,包括绕地球一周、两次飞越金星和3次飞越水星。最初的计划要求其在2025年1月、9月、12月3次飞越水星。

比皮科伦坡运营经理Elsa Montagnon说:“我们预计,如果第一次飞越成功,其他两次也会成功。”Benkhoff解释说,长时间运行推进器可以弥补较低的功率。即使错过了一次飞越,航天器围绕太阳的轨道飞行也会使它不断靠近水星。

JAXA的行星科学家Go Murakami说,此次故障对计划的总体影响尚不清楚,该团队仍在调查。他补充说,理想的解决方案是“找到电力问题的根本原因”。

(李木子)