

对抗土传病害：来杯噬菌体“鸡尾酒”

■本报记者 李晨

噬菌体是一类专门“吃”某一种细菌的微生物，具有高度的宿主特异性，通常不会感染非宿主细菌。由于这种专一性，科学家一直想利用噬菌体防控土壤中那些对作物生长有害的病原细菌。

近日，《微生物组》在线发表南京农业大学资源与环境科学学院沈其荣院士团队的最新研究成果。该研究发现，土壤中青枯菌引起的土传青枯病与作物根际噬菌体群落构成、宿主互作特征密切相关。该研究首次证明土著细菌专性噬菌体对土传病原菌入侵的潜在影响，为利用噬菌体消减青枯菌土壤生物障碍提供了新的理论基础。

自主研发根盒 实现原位追踪

“由土传病原菌引起的土壤生物障碍，作为植物病害的重要诱因，正不断威胁着粮食安全和人类健康。”论文通讯作者、南京农业大学教授王孝芳告诉《中国科学报》，根际微生物群落作为抵御病原菌入侵的第一道防线，在植物生长和健康中起着重要作用。例如，细菌群落可以通过竞争生态位等方式消减土壤生物障碍。

噬菌体是专性感染其宿主细菌的一类微生物，物种分类上属于病毒。其广泛存在于海洋和陆地自然生态系统中。例如，青枯菌专性噬菌体是指只能感染病原青枯菌的噬菌体，而土著细菌噬菌体是指其他生存在植物根际的非病原细菌（土壤中原生的土著细菌）的噬菌体。

书中介绍，噬菌体通过侵染宿主细菌，可以调控土壤中细菌种群的数量，驱动细菌群落多样性和组成的变化，进而影响生态系统功能。

“土壤中噬菌体的丰度和多样性都很高，但与其与土传病害发生的关系还鲜有研究。”韦中解释说，噬菌体的丰度可以理解为核心土壤中噬菌体的数量，多样性可以理解为核心噬菌体的种类。

书中告诉记者，要想了解噬菌体与土壤生物障碍之间的关系，就必须了解土传病原菌入侵过程中，土壤中噬菌体的丰度和多样性发生了什么变化，从而寻找其中的作用机制和规律。

“在不同时间节点对相同区域土壤进行连续取样分析，即原位跟踪，能得到比较真实、连贯的数据。”韦中说，然而，传统方法通常是将植物移出，再对植物根际土壤进行采集，属于破坏性取样，会导致植物无法继续



株患病植株插上了小旗。

因此，传统方法通常只能在不同时期对不同植株进行取样，无法追踪单株植物不同生育期的根际微生物群落演替过程。

为了解决这一难题，该实验室自主研发了一种非破坏性根际土连续原位采集根盒装置。论文共同第一作者、南京农业大学副教授王孝芳介绍，根盒是一种三层圆筒形装置，外层起支撑作用；内层即根室，是植物根系生长处，是由尼龙网制成的圆筒，能够限制植物根系的生长；中层由 20 个尼龙网袋依次排列的圆筒组成，尼龙网袋内的土壤可与周围环境中的土体进行生物和非生物的物质交换，并且能被植物根系影响。

王孝芳告诉《中国科学报》，当植物根系长满整个根室时，中层尼龙网袋中的土壤可视为根际土壤。通过改进的根盒装置可连续采集个体植株整个生育期不同时间的根际土壤而不破坏植物根系，实现对同一植株从移栽到最终发病期间根际微生物群落组成的动态跟踪。

据悉，根盒已被授权实用新型专利。

根际噬菌体如何影响植物健康

有了根盒原位追踪获取的动态监测数

据，再结合噬菌体组、宏基因组、培养组等研究方法，研究人员发现了根际细菌群落变化影响植物健康的新机制。

论文共同第一作者、南京农业大学博士研究生杨可铭介绍，他们发现，健康植株根际的噬菌体群落与患病植株根际的噬菌体群落在组成和多样性上存在显著差异。健康植株根际存在更高丰度的青枯菌专性噬菌体，这些噬菌体通过自下而上的密度控制，从而抑制病原菌的数量。

韦中解释说，噬菌体与细菌是一种捕食寄生的关系，与抗生素相似，噬菌体可以通过裂解性感染直接消灭宿主细菌。但是，由于噬菌体的复制依赖于宿主细菌，因此最终会把病原菌的数量控制在一个相对较低范围，而不是将病原菌完全消灭掉。这就是所谓的密度控制。

基于噬菌体－细菌共发生分析，该研究明确了土著细菌及其专性噬菌体之间的潜在联系。他们推测，土著细菌及其专性噬菌体互作会影响青枯菌生物障碍的发生。这是因为，在土著细菌中存在潜在的病原菌抑制剂或促进者，可以直接抑制或促进土壤青枯菌生物障碍发生。因此，不仅青枯菌噬菌体能直接影响植株健康，

土著细菌专性噬菌体也能间接影响植物健康。

杨可铭说，为了验证这一分析，他们分离出土著细菌及其专性噬菌体，并利用室内和盆栽实验加以验证。结果发现，土著细菌专性噬菌体可以通过靶向侵染有益的土著细菌，间接促进土壤青枯菌生物障碍的发生。

探索“噬菌体鸡尾酒疗法”

“在建立噬菌体微生态疗法时，除了关注病原菌专性噬菌体的作用外，还应综合考虑根际丰富的土著细菌专性噬菌体对消减土壤生物障碍的影响。”韦中说，这是对今后消减土壤生物障碍策略的建议。

中国工程院院士、南京农业大学教授沈其荣告诉《中国科学报》，我国土壤青枯菌生物障碍导致番茄、烟草、生姜等产业损失严重，噬菌体疗法作为高效靶向消减土传病原菌的一种具有广泛应用潜力的绿色防控手段，已成为当前的研究热点。

“该研究揭示了根际青枯菌专性噬菌体和土著细菌噬菌体共同介导的土壤青枯菌生物障碍发生的微生态机制。同时筛选出专门攻击青枯菌和土著细菌的噬菌体，未来可以将不同噬菌体进行组合，构建噬菌体‘鸡尾酒’，并与生物有机肥配合施用，建立‘噬菌体鸡尾酒疗法’协同生物有机肥调控土壤微生物区系的技术策略，为防控土壤生物障碍、解决生产难题提供新的策略。”沈其荣说。

“土壤噬菌体在调控微生物群落结构组成、物质循环利用、动植物乃至人类健康等方面起到重要作用，但由于土壤异质性和研究手段等制约，当前对土壤噬菌体的认知和重视程度远远不够。”中国科学院院士、中国科学院城市环境研究所研究员朱永官说，该研究基于宏基因组和培养组学等方法，从病原菌专性噬菌体和土著细菌专性噬菌体的角度挖掘了土壤噬菌体组“暗物质”，解析了土壤噬菌体群落与细菌群落动态演替规律，说明了土壤噬菌体组在农业及生态环境领域的重要性，具有较强的创新性。

“未来可以从噬菌体资源开发、噬菌体－细菌群体互作等方面深入系统开展工作，解决农业和生态环境问题。”朱永官说。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1186/s40168-023-01463-8>

发现·进展

天津大学等

发现新型结晶抑制剂

本报讯(记者陈彬)日前，天津大学教授龚俊波团队与美国休斯敦大学等开展国际合作，发现一种新型结晶抑制剂。该抑制剂可有效抑制诱发尿酸盐结晶形成的晶体生长，有望为肾结石患者带来福音。该研究得到国家自然科学基金支持，成果发表于《自然－通讯》。

肾结石是泌尿系统常见疾病，早期肾结石症状并不明显，但随着病情进展，可引发血尿、肾绞痛，严重时可损伤肾脏功能，甚至诱发尿毒症。

肾结石是尿液中无机或有机制类浓缩过饱和析出形成的晶体聚集体。结晶抑制剂被认为是一种重要的肾结石防治手段，其原理是通过“晶体－抑制剂界面相互作用”，抑制晶体形成甚至溶解结晶，从而阻断结石的形成过程。

在研究中，科研人员首次发现了尿酸盐酮－烯醇互变异构体可成为一种高效的“伴生抑制剂”。这种新型抑制剂能在特定浓度下产生“自抑制”结晶现象，可以控制甚至完全阻止晶体生长，为尿酸盐结晶预防治疗提供了新思路——患者只需把尿酸浓度控制在特定范围内，就能长效抑制尿酸盐晶体生长，不再需要其他外来治疗药物抑制肾结石的形成。尽管目前这种治疗方法还有待进一步探索，但这项发现具有广阔的研究前景和医疗价值。

“药物有效性与它们在人体中的溶解速率密切相关。通过这项研究，我们还找到了当互变异构体作为缺陷被纳入药物晶体内部时，会对其溶解速率产生显著影响的重要规律。”论文第一作者、天津大学化工学院讲师汤伟介绍，这不仅是学界在肾结石病理性质结晶机理与调控方面取得的重要进展，还可为高端药物晶体质量控制和工业结晶过程开发提供科学理论指导。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-023-35924-3>

中国科学技术大学等

开发出自响应可变机电性能材料

本报讯(见习记者王敏)中国科学技术大学工程科学学院机器人与智能装备研究所教授张世武团队与英国和澳洲合作者组成的联合研究组，开发出一种可以响应外界机械载荷和电信号变化从而自主调节机械刚度、电导率和灵敏度的新型复合材料。相关研究成果日前发表于《科学进展》。

联合研究组开发出一种由镍微米颗粒、低熔点菲尔德合金(FM)和聚合物基体组成的复合导电弹性体。这种材料的电导率在包括压缩、拉伸、扭转、弯曲在内的机械载荷下指数增强超过 1000 万倍。当材料被加热至 60℃以上时，其中的 FM 颗粒熔化。熔化的 FM 液滴不能像固体 FM 颗粒一样互相接触以形成导电路径，而是在载荷下随聚合物基质变形，显著降低了材料的弹性模量、导电性和应变灵敏度。由于材料在变形时电阻显著降低，由 3V 电压供电的复合材料可以在特定压力下被加热以熔化 FM 颗粒，从而实现刚度和电阻的自触发协调增效调节。

通过将这种材料的可调节电阻/刚度特性相结合，研究组开发出一种可用于机械臂关节的可变刚度多轴柔性补偿器。这种补偿器可以通过变形为机械臂提供位置和角度误差补偿，从而避免在复杂操作环境中由于碰撞损坏电机和设备。此外当关节变形达到预设幅度时还可以触发补偿器减小刚度以进一步增加补偿量。

研究组还基于这种材料开发出一种可重复使用的限流低温保险丝。当达到预设的熔断电流后，保险丝的电阻可在 0.1 秒内增加 1000 倍以切断电路，并在 10 秒内恢复至可用状态。与商用可复用保险丝相比，它具有更紧凑的结构、更低的熔断温度及更快的熔断和恢复速度。

研究人员认为，这种可响应环境变化的智能材料实现了可调节电气和机械性能的协同利用，充分展现了为下一代软体机器人和电子设备带来革命性改变的潜力。

相关论文信息：<https://doi.org//10.1126/sciadv.adf1141>

中山大学

双白矮星搜寻获进展

本报讯(记者朱汉斌)银河系内的密近双白矮星可以被天琴、LISA 等空间引力波探测器探测，也可以被光学望远镜观测，是多信使天文学观测对象。近日，由中山大学领导的合作团队在双白矮星搜寻方面取得进展。相关研究发表于《天体物理杂志增刊》。

密近双白矮星是指由两颗白矮星构成的、轨道周期小于 60 分钟的双星系统。目前，科学家只发现约 200 对密近双白矮星，其中有 16 对被天琴观测到，成为天琴的验证双星。验证双星的很多性质可以通过现有的电磁观测手段来确定，对于检验空间引力波探测器的实际探测能力具有重要价值。由于现有已知的验证双星数量较少，因此为天琴寻找更多的验证双星，具有非常重要的意义。

该项工作中，研究团队利用盖亚天文卫星发布的第三批先期数据及兹威基视源设施光变数据，采用光变判据初筛、周期搜索、光变曲线识别等多手段综合方法，发现了两对新天琴验证双星候选体，使得天琴总的验证双星数量增加到 18 对。利用该方法，团队共发现了 429 对包含白矮星的密近双星候选体，其中有 48 对可能为密近双白矮星，这些发现将有助于科学家深入研究双白矮星的形成和演化。

据介绍，该团队计划将相关方法进一步应用于更多天文巡天数据，有望筛选出更多的双白矮星候选体。

相关论文信息：<https://doi.org/10.3847/1538-4365/aca09e>

广州大学打造 C919 客机重心调配系统

本报讯(记者朱汉斌)2 月 3 日，记者从广州大学获悉，该校土木工程学院市政工程系教授赫俊国带领的科研团队，历经 5 年完成了“C919 大型客机重心调配系统水箱、管路及动力系统的研制与调试”工作，有力保障 C919 大型客机顺利获得适航证。

据了解，C919 大型客机是我国首款按照国际通行适航标准自行研制、具有自主知识产权的喷气式干线客机。去年 9 月，C919 大型客机获颁中国民航局型号合格证。

赫俊国表示，其团队负责研发的系统起着平衡重心的作用，从而为飞机保驾护航。“在飞机飞行状态下调整或保持飞机的重心是一系列工作的基础和前提。”

据他介绍，飞机飞行时，重心调配系统能够根据地面配重信息、燃油消耗信息、起落架状态、重心调配系统配重状态等计算出飞机的实时重量和重心，并能够根据试飞要求，通过控制水配重在前后客舱内的传输，调整或保持飞机的重心，助力试飞试验顺利安全进行。

赫俊国带领团队研发了专用于重心调配系统的工艺控制方式、特种设备和特种材料，并设计了新型设备加工工艺，从而在满足强度和精度的基础上，大幅度降低设备装机质量，同时在水调配系统构成、以机械仿真为指导的水箱及管路设计、特种阀门的设计与研发、轻量化密封管件的设计与研发等多项领域中取得新突破。

澳大利亚寻找放射性胶囊引关注

我们该如何做好辐射防护？

■本报记者 韩扬眉

据新华社报道，澳大利亚政府沿公路搜寻将近一周，终于在 2 月 1 日找回一枚直径和高度不足 1 厘米的微小放射性胶囊。

此前，澳大利亚西澳大利亚州一粒用于采矿作业的放射性胶囊在运输途中丢失。据报道，这枚胶囊是用于检测铁矿石密度的仪器组件之一。它是一个微小的圆柱形容器，直径 6 毫米、高 8 毫米，内含放射性物质钍 137，每小时辐射量为 2 毫希沃特（希沃特为辐射量的单位），相当于进行 10 次 X 射线检查的辐射量。

钍 137 的作用是什么？它对人体和环境有着怎样的影响？公众在日常生活中不慎接触到放射性物质，该如何进行辐射防护？哪些技术手段可帮助搜寻微小放射物？就相关问题，《中国科学报》采访了清华大学教授、辐射防护专家桂立明。

“钍 137 是核素的一种，广泛应用于医疗、能源等各种核技术中，因为它释放出的伽马射线能量适中，且易储存。”桂立明说。

桂立明介绍，钍 137“本性”活泼，当它被用作放射源时，通常先将其溶解在氯化物液体中，接着用陶瓷将其吸收，并在高温下煅烧成圆柱形固体“陶瓷”。为避免有人触摸“陶瓷”表面，致使粉末掉落，工作人员大多还会再加一层不锈钢套，尺寸则根据实际应用需要制作。正常情况下，这样密封的放射

源对环境不会产生显著影响。

目前，钍 137 普遍应用于工业、医学、农业及生物学等领域。比如，工业核仪表密度测量、肿瘤的诊断与治疗、辐照育种等。

然而，人们对放射源常常“谈之色变”。在桂立明看来，放射源是否会对人体产生危害要看放射源的类型、接触剂量和接触时间。

国际原子能机构根据放射源对人体可能的伤害程度，将其分为 5 个类别——极危险源、高危险源、中危险源、低危险源和极低危险源。桂立明认为，澳大利亚丢失的这一放射性物质属于第四类低危险源。

事实上，地球上每个人都无时无刻不在被“辐射”着。“宇宙射线及空气和土壤中都存在放射性物质。联合国原子辐射效应科学委员会的报告指出，天然本底辐射每年对个人的平均辐射剂量约为 2.4 毫希沃特，这是无法避免的，但对人体没有危险。”桂立明举例说，到医院做一次 CT，一般会产生 8 毫希沃特辐射量，也不会对人体产生重要影响。

在日常生活中，公众很难触碰到放射源。桂立明表示，原因是，不少放射源具有一个共同特点，即它的使用与外界条件无关，在日晒雨淋等非常恶劣的条件下都可使用，所以常常被用于其他仪器无法发挥作用的野外矿山、油田等的探测。此外，近年来，国

工作人员在澳大利亚科克本的消防和紧急服务部开展放射性胶囊搜寻工作。

图片来源：新华社

际原子能机构也提倡减少放射源的使用，我国开始越来越多地发展利用放射源替代技术，比如 X 光机和加速器。

人们对放射源的恐惧与过去发生的“核事故”有关。已故中国辐射防护学会名誉理事长、中国工程院院士潘自强曾在接受媒体专访时说，辐射安全问题是存在的，但辐照设施是密封和有屏蔽的，其放射性一般不会扩散，不会对周围环境和民众生活造成影响。

但专家指出，公众也应增强辐射防护意识。此前澳大利亚政府就建议，群众发现放射源后应与之保持至少 5 米的距离，并立即打电话上报。



C919 大型客机重心调配系统地面试验。

广州大学供图