# 11 种大气有害痕量元素排放状况被揭示

### 高浓度区域主要集中在东部、中部和西南部

■本报记者 张双虎

近日,北京师范大学环境学院大气环境 研究中心主任田贺忠团队在《环境科学与技 术》发表论文,通过全国尺度的大气排放清 单、修正的空气质量模式模拟和暴露风险评 价模型,系统研究并揭示了我国 11 种大气有 害痕量元素的排放变化、暴露浓度水平及相 关健康风险。

#### 首次进行系统评估

大气中有害痕量元素虽然占比较少,但 由于其毒性、累积性等原因,长期暴露在较高 浓度有害痕量元素环境中, 会对人体呼吸系 统、心血管系统产生负面影响。

目前,国际癌症研究机构(IARC)已将有 害痕量元素砷、镍、镉、六价铬、铅、钴、锑及其 化合物认定为致癌物质。

健康风险评估需要较为精准的暴露浓 度,目前,利用化学传输模型获取大气污染物 的高分辨率暴露浓度,是暴露与健康风险研 究领域较成熟且有效的研究手段。然而,传统 的化学传输模型无法同时模拟 11 种有害痕 量元素,且受限于有害痕量元素大气环境浓 度的观测数据,此前我国大气中有害痕量元 素的暴露水平及相关健康风险尚不清楚。

"我们通过对传统的多尺度空气质量 模式(CMAQ)化学传输模型进行修正,获 取了大气有害痕量元素的高分辨率暴露浓 度,首次揭示了11种大气有害痕量元素的 暴露浓度水平及空间分布特征,并进一步 系统评估了公众健康风险。"田贺忠对《中 国科学报》说。

"制定这样一个排放清单需要在数据收 集、处理和计算方面付出大量努力……"该论 文评审人认为,"这些信息在评估健康风险和 做出决策时非常有用。

#### 致癌风险值仍超阈值

研究发现,从 2012年到 2015年,我国 11 种有害痕量元素排放量从 79231 吨降至 63024吨,降低了约20%。燃煤源的减排量占 据主导地位, 占有害痕量元素总减排量的

"工业燃煤部门、电力燃煤部门、其他燃 煤部门和生活燃煤有害痕量元素的排放量 分别占总减排量的 69.8%、10.7%、10.0%和 "该论文第一作者、北京师范大学环境 学院博士研究生刘姝涵对《中国科学报》说。

该研究还发现,全国 11 种有害痕量元素 的年均模拟浓度具有明显且类似的空间分布 特征。2015年,高浓度区域主要集中在中国 东部、中部和西南部部分地区,如山东、河北、 河南、陕西、江苏、四川等省份。

根据 GB3095-2012 和欧盟的推荐标准 限值,2015年中国约有55%~70%的区域网 格六价铬浓度高于国家空气质量标准;中国 东部地区约 15%的区域网格砷浓度高于国家 空气质量标准; 上海地区网格镍浓度略高于 国家空气质量标准。

"从 2012 年至 2015 年,全国有害痕量元 素致癌风险值有所下降。"刘姝涵说,"尽管如 此,2015年,仍有多个地区致癌风险值超过阈 值,主要包括华北、华东、华中和华南部分地 区。而且,由于人口向东部地区流动,使得受有 害痕量元素影响的人口数反而有所增加。"

田贺忠表示,燃煤源排放量的降低,表明 中国实施的一系列大气污染控制措施起到了 明显的效果。但由于我国煤炭消耗量大,截至 2015年,燃煤源仍然是中国大气有害痕量元 素的主要排放源。

"因此,未来仍然需要加大对工业和居民 燃煤源排放的管控力度。"田贺忠说,"有色金 属冶炼行业、刹车片和轮胎磨损等非燃煤源 排放的有害痕量元素占比也较大, 在未来的 大气污染控制政策的制定当中,这类污染源 应当受到更多关注。

#### 生活垃圾焚烧应引起重视

值得注意的是,城市生活垃圾焚烧源排

放的有害痕量元素虽然占比较小, 但是从 2012年至2015年,其有害痕量元素排放量 在全国各地区增加了30%~50%。

"随着中国对城市垃圾资源回收和可再 生能源的大力推广,未来生活垃圾焚烧量可 能会呈现持续增长的趋势。"田贺忠说,"因 此,生活垃圾焚烧源排放的有害痕量元素也 应当引起足够的重视。

健康风险研究发现, 镉元素在大气中的 质量浓度均在国家空气质量标准范围内,但 其致癌风险仍超过风险阈值, 对人体健康的 危害不容忽视。

田贺忠表示,鉴于有害痕量元素的毒性、 累积性及致癌性,从进一步加强人群健康保 护的角度出发,我国应在未来的国家政策及 法律法规中增加其他有害痕量元素的浓度限 值,尤其是对钴和锑等具有致癌风险的元素, 并对国家空气质量标准中现有的痕量元素大 气浓度加大监管力度。

"未来在制定相关大气污染控制政策 时,不仅要考虑各有害痕量元素的排放水 平和浓度水平,还应综合考虑各有害痕量 元素的健康风险评估结果,这将会有助于 决策者形成更为有效的管理控制措施。"田

https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01775

#### ▋简讯

#### 第 18 届中国标准化论坛在广东顺德举办

本报讯 近日,由中国标准化协会主办 的第 18 届中国标准化论坛(CSF)在广东 顺德举行,国内外标准化领域知名专家、学 者等300人参加。

本届论坛以"实施标准化纲要,推动高 质量发展"为主题,以线下、线上两种方式 同步进行,院士专家发表专题演讲,分享了

绿色低碳、数字经济、知识产权、团标发展 等方面的新成果和新实践,并研究探讨了 如何全面发挥标准化支撑经济社会发展的 基础性、战略性和引领性作用。

论坛上正式发布了《团体标准组织 积极实施标准化纲要、推动高质量发展 倡议书》。 (朱汉斌)

#### 长江中游城市群碳达峰与碳中和峰会举行

本报讯近日,2021长江中游城市群碳 达峰与碳中和峰会、湖南国际绿色发展博 览会在长沙举办,11个国家和地区的商协会 代表以及专家学者等共计200余人与会。

会议以"低碳循环发展"为主题,结合 "展览+论坛+洽谈+签约"模式,策划了 10 余场活动,设置了低碳新能源展区、环

保产业展区、循环经济展区、绿色节能展区 4大展区,展示面积达4万平方米,重点展 示了水、大气、土壤污染防治及修复、固体 废物处理等技术和装备。

本次双碳峰会、绿博会由湖南省贸促 会、湖南省发展和改革委员会、湖南省生态 环境厅等共同主办。

#### 全球首个遥感卫星综合定标场已具备运营条件

昆明市朱雀鸟类研究所韦铭摄观鸟赛记录到的小仙鹟。

本报讯 近日,"2021 云天大会中国商 业航天产业基础设施建设与运营高端峰会 行总结会"在宁夏中卫市举行。会议由中卫 市人民政府主办。

峰会重点对 2020 年 12 月开始试运行 的中卫遥感卫星定标场试运行情况进行技 术和运管总结。通过对参与试验卫星定标 数据的分析、比对,以及卫星标校的组织运 行,表明该定标场已具备科研和商业化运

中卫遥感卫星定标场由武汉大学测绘 遥感信息工程国家重点实验室、中卫市人民 政府、北京航天驭星科技有限公司联合建设。 它是全球首个集成像遥感卫星和非成像测高 卫星的综合定标场。 (温才妃 李芸)



科考队员与渔获蓝枪鱼。

#### 西北太平洋公海渔业资源科考完成

本报讯 近日,上海海洋大学承担农业 农村部、财政部"2021年西北太平洋公海 渔业资源综合科学调查"专项任务的"淞 航"号圆满完成各个站点的科考任务,满载

据悉,这是我国首次派遣专业调查船在 国际公海开展远洋渔业资源调查。本次科考 调查分两个航次执行, 航期总时长 110 天, 开 展了鱼卵仔稚鱼调查、浮游动植物调查、渔业

资源拖网调查等作业任务。

同时,本次调查共采集浮游动物样本 900 多瓶、浮游植物样本 400 多瓶、鱼卵仔稚 鱼样本 400 多瓶、环境 DNA 样本 700 多份、 渔业资源组织样本 1000 多份、声学走航数据 近 10TB,以及斑点月鱼等珍贵远洋物种标本 20 多份。相关研究结果将为西太平洋公海渔 业资源的可持续开发、科学管理提供重要依 据,为远洋渔业的高质量发展提供科技支撑。

(黄辛 蔡霞)

#### ▋发现・进展

#### 华南师范大学

## 养殖场耐药基因和耐药菌 殃及周边大气环境

本报讯(记者朱汉斌)华南师范大学环境学院教授应光 国团队抗生素耐药性研究小组白红等人,研究了鸡场和奶 牛场环境中大气传播的抗生素耐药基因(ARGs)和抗生素 耐药细菌(ARB)(尤其是人畜共患病病原体)的传播模式和 暴露风险,并评估了它们对养殖职业人群及周围地区居民 的暴露风险。相关研究近日发表于《环境国际》。

抗生素耐药性是全球人类和动物健康面临的最大威胁 之一。但人们对动物来源的空气传播细菌和 ARGs 的潜在 传播模式知之甚少。其中,动物源性葡萄球菌通过气溶胶排 放从养殖场传播到邻近环境在很大程度上仍未受到关注。

养殖场被认为是 ARGs 和 ARB 的重要储存库。研究 人员从养殖区和周围环境(上风和下风区域)收集了气载微 生物、葡萄球菌、灰尘和动物粪便样品,采用荧光定量 PCR、高通量测序等手段分析了气载微生物群落与耐药基 因丰度特征;采用药物敏感性测试等手段分析了典型致病 菌——葡萄球菌的抗生素耐药表型和基因型。

研究结果显示,养殖场大气环境中含有多种 ARGs。扩 散模型分析发现,ARGs 可以从养殖区沿风向扩散到 10 公 里以外的环境中;鸡舍空气中ARGs水平普遍高于奶牛舍; 鸡场分离株耐药率较高,奶牛场分离株耐药率较低,其中, 分离自养鸡场环境的葡萄球菌都具有多重耐药性,80%以 上携带甲氧西林耐药基因。此外,在养殖区和居民区的灰尘 中存在大量 ARGs 和多种病原体,表明动物源耐药基因和 耐药菌可长期累积于灰尘中。

该研究表明,养殖场是周边大气环境中 ARGs 和病原 菌的重要来源,ARGs和病原菌可以长距离运输到周围大 气环境。与奶牛场相比,养鸡场大气中 ARGs 和 ARB 丰度 更高,显示耐药基因在大气中的传播与养殖模式密切相关。

值得注意的是,养殖职业人群和当地居民可通过吸入 或环境暴露接触动物来源 ARGs 和多重耐药菌,这对人体 健康构成潜在威胁。

相关论文信息: https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927

#### 中科院山西煤炭化学研究所

## "仿瓷餐具"能无毒回收了

本报讯(见习记者李清波)近年来,由仿瓷树脂制作而 成的各种餐具深受市场欢迎,它的外观接近瓷器,色泽鲜 艳、光洁度强,而且比瓷器坚实、不易碎。这类仿瓷餐具的主 要成分为三聚氰胺甲醛树脂(MFRs),又称密胺甲醛树脂或 密胺树脂,是一种重要的三嗪环化合物,它在大自然中难以 降解,缺乏有效回收手段。近日,中科院山西煤炭化学研究 所山西省生物炼制工程技术研究中心侯相林、邓天昇团队 设计了甲磺酸—四氢呋喃—水的高效降解体系,实现了 MFRs 催化降解为三聚氰酸的定向解聚,降解比例高于 84%。相关研究发表于《绿色化学》。

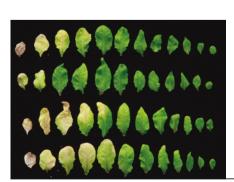
研究团队通过扫描电子显微镜探究了催化体系与树脂 表面的相互作用,利用核磁共振和红外光谱技术定量分析了 反应过程中的中间产物和最终产品,最终确定分子中选择性 断键的化学键位置,为探究 MFRs 的降解路径提供了直接证 据。选择同样含有三嗪环的三聚氰胺作为模型化合物,研究 人员具体探究了模型化合物随着温度和时间的变化,基本探 明了 MFRs 催化降解的路径,揭示了其催化反应机理。他们 发现,最终产物三聚氰酸可作为有机合成原料,重新用于合 成树脂、高分子材料改性剂和药物卤三羟嗪的生产等。

由于MFRs树脂结构单元三嗪环独特的多官能度和芳 香性,使得 MFRs 树脂结构刚性大、交联度大,不易溶胀和 降解。团队采用的回收条件相对温和,通过精细调节溶降解 体系可以选择性打开树脂中的某些化学键,使其在重新回 收利用的同时,避免热解过程中产生剧毒小分子。

相关论文信息: https://doi.org/10.1039/D1GC02478G

#### 中国农科院烟草研究所

## 小分子多肽 让叶片衰老"刹车"



肽通过调控植 物体内活性氧 代谢抑制叶片 衰老。

中国农科 院供图

本报讯(记者李晨通讯员鞠晓晖)近日,中国农科院烟 草研究所烟草功能基因组创新团队揭示了小分子多肽 CLE14 参与调控叶龄控制及胁迫诱导叶片衰老的生物学 功能,研究结果为叶片衰老研究提供了新思路。相关研究成 果在线发表于《分子植物》。

在植物遭受逆境胁迫的情况下, 叶片衰老往往被提前 诱导,加速籽粒内的干物质积累,对植物的环境适应性具有 积极作用。植物小分子多肽参与包括植物干细胞维持与分 化、维管束系统发育、胚胎发育及豆科植物根瘤固氮等关键 发育过程及多种逆境反应。然而,关于小分子多肽与植物叶 片衰老的关系尚不明确。

研究团队明确了小分子多肽 CLE14 参与叶片衰老进 程,进一步通过化学染色、定量分析及遗传鉴定等方法,阐 明了 CLE14 多肽通过转录因子 JUB1 调控植物体内活性氧 代谢,抑制年龄依赖及胁迫诱导的叶片衰老,进而对其起到

相关论文信息: https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.09.006

## "孤儿受体"并不孤单

科学家找到调控中枢神经的全新信号接收器

■本报见习记者 刁雯蕙

本报讯(见习记者田瑞颖)10 月24日,由广西壮族自治区林业 局等主办的 2021 广西大瑶山观 鸟赛暨候鸟护飞行动在广西壮族 自治区来宾市金秀县落下帷幕。 经过3天的赛程,12支参赛队伍 共记录了188种鸟类,包括14种 此前未在该地区被记录的鸟类。

本次赛事共记录到国家重点 保护动物 31 种,其中昼行性猛禽 17种、夜行性猛禽3种。值得一 提的是,继去年弄岗观鸟节后,世 界极危物种、国家一级保护动物 黄胸鹀再一次被评定为观鸟比赛 的"至尊"鸟种,被来自广西弄岗、 龙山、九万山三家保护区护林员 组成的"山弄护林"队记录到。

观察到 188 种鸟类,14 种在当地首获记录

西

Ш

据了解,此前未被记录的 14个鸟种包括黑鸢、黑领椋鸟、 双斑绿柳莺、白腰草鹬、理氏鹨、 琉璃蓝鹟、褐冠鹃隼、苍鹭、丝光椋鸟、白眉

鸭、比氏鹟莺、山麻雀、小云雀、褐胁雀鹛。

长期以来,人们认为骨骼只是一种具 有支撑和保护作用的器官,而近20年来, 逐渐有研究发现,骨骼还能作为一种分泌 器官,通过分泌不同的骨源因子,对骨以外 的各类器官产生影响,对中枢神经系统、免 疫系统、能量代谢等方面具有调控功能。 此前有研究发现,骨钙素能够通过血

脑屏障作用于神经元,调控中枢神经系统, 对大脑认知记忆功能产生影响。然而,目前 对骨源性因子调节骨外器官,特别是中枢 神经系统功能的具体机制尚不十分清楚。

近日,中科院深圳先进技术研究院脑 认知与脑疾病研究所李翔团队的相关研究 成果发表于《科学进展》。该团队历时4年, 发现了骨钙素对中枢神经系统中少突胶质 细胞的关键调节作用,并首次界定了介导 骨钙素这一新中枢功能的全新受体——G 蛋白偶联受体(GPR37)。

#### 从骨源因子出发 探寻神经奥秘

如果将神经元的轴突比喻为天线,那 么髓鞘就是天线外层的绝缘层,对神经元 信号传导起着保护作用。在大脑中,除了有 大量的神经元细胞外, 还存在众多胶质细 胞,起着连接和支持各种神经成分,分配营 养物质、参与修复和吞噬的作用,少突胶质 细胞就是形成中枢神经系统髓鞘的关键细

胞,其在维持神经元正常功能、形成绝缘髓 鞘结构、协助生物电信号跳跃式高效传递 等方面具有非常关键的作用。

少突胶质细胞的功能异常可能使髓鞘 结构受损,造成髓鞘病变和神经元损伤并 导致神经系统功能紊乱, 引发一系列神经 系统或精神疾病,如多发性硬化症等。

在研究初期,研究团队利用敲除了骨 钙素基因的小鼠,通过免疫染色、蛋白杂 交、电镜分析的方式发现,其髓鞘的厚度增 加,科研人员由此确认了骨钙素对髓鞘的 主要构成成分——少突胶质细胞有重要影 响,并进一步发现,骨钙素的缺失,会影响 少突胶质细胞分化以及髓鞘化的功能。

"髓鞘随着人体的发育而逐渐成熟,髓 鞘太厚或太薄都是发育不良的表现,容易 导致运动障碍、姿势异常,感知、沟通及行 为障碍,智力发育落后等各类疾病。当人体 直立、行走、坐下、跑步时,在一定程度上会 刺激骨头分泌骨钙素,进而影响髓鞘中少 突胶质细胞的分化功能,对中枢神经系统 产生一定的调控作用。"李翔表示。

#### 界定全新信号接收器

究竟是什么接收骨钙素信号在中枢神 经系统中发挥作用? 为进一步探索骨钙素 究竟与何种受体结合进而影响胶质细胞,

研究团队利用 RNA 基因测序对比了骨钙 素基因敲除小鼠与野生小鼠胼胝体区域的 RNA 表达,首次确定了 GPR37 为骨钙素 在中枢神经系统中的新受体。 在人类基因组库中,有一类"孤儿受

体",它们是科学家发现的无法界定其作用 和匹配物质的受体。这其中就包括 GPR 37。

在验证实验中,研究团队利用骨钙素 敲除基因模型、GPR37基因敲除动物模型, 通过整合电镜分析、免疫染色、行为分析等 多学科研究手段,验证了骨钙素能够通过 GPR37 调节中枢神经系统少突胶质细胞分 化和髓鞘化的作用,这为以骨钙素作为外 周潜在靶点治疗中枢髓鞘病变提供了实验

"我们通过与中科院生物物理研究所、 蔡司中国、华大基因合作,在不同技术手段 下,相互验证了本研究的重要成果。"李翔

研究团队通过深入探究骨钙素在中枢 神经系统中的内在调控机制,从寻找"外 周一中枢"关键调控分子出发,为从调节骨 功能及骨源性因子角度探索维持神经系统 功能新措施提供了理论依据, 为相关神经 系统疾病的临床干预新策略和新靶点提供 了科学依据。

相关论文信息:

https://doi.org/10.1126/sciadv.abi5811