

甲烷排放这个“锅”，其实水稻背不起

■本报记者 王方



定位试验水稻田

中国农科院作物科学研究所供图

说到温室气体，公众都知道二氧化碳，而仅次于它的第二大温室气体正是甲烷(CH₄)。虽然甲烷总量少，但升温效应高，是二氧化碳的25~28倍。

农业产生的甲烷占人类活动排放甲烷的40%左右，其中稻田约占农业甲烷排放的30%。我国是世界上最大的水稻生产和消费国，稻田甲烷排放问题一直受到国际广泛关注。因此，也产生了一些科学争议。

中国农业科学院作物科学研究所研究员张卫建领衔的作物耕作与生态创新团队，近年来在《科学—进展》《全球变化生物学》上发表研究成果，揭示水稻与甲烷排放关系及其生物学机制。《中国科学报》对此采访发现，甲烷这个“黑锅”，其实水稻背不起。

水稻品种越高产，甲烷越多？

水稻是世界第二大口粮作物。张卫建介绍，水稻高产途径有两条：提高生物学产

量；提高收获指数，即收获物中稻谷与稻草之比。而这两种途径对稻田甲烷排放的影响，迄今尚无定论。

适度提高植株生物量和增强茎秆及根系，是突破水稻单产徘徊不前的育种与栽培新途径。但由于水稻当季光合产物也是稻田甲烷产生菌的重要碳源，因此，国内外普遍认为水稻高产新品种将进一步增加稻田甲烷排放。

该团队研究发现，水稻高产新品种不仅可以通过根系分泌物和凋落物的形式为稻田甲烷产生菌提供更多的碳源，促进甲烷产生过程；同时也可以通过强大的通气组织(根系)为稻田甲烷氧化菌提供更多氧气，促进甲烷氧化过程。

团队成员、中国农科院作物科学研究所张俊博士解释道：“当土壤贫瘠时，甲烷产生的碳源主要来自当季光合产物，高产品种可以显著促进甲烷产生进而增加排放。当土壤比较肥沃时，土壤有机碳源充足，但氧气不足，高产品种根际泌氧强，可

以促进甲烷氧化进而减少排放。”

“水稻品种对稻田甲烷排放的调控，是通过植株影响土壤碳源和氧源及微生物群落状况，进而调控甲烷的产生和氧化过程，是作物—土壤系统的地上地下互作过程。”张卫建说。

2017年，他们发表在《全球变化生物学》上的成果表明，高产新品种对稻田甲烷排放的影响取决于稻田土壤有机质水平。当稻田土壤贫瘠(有机质含量低于1.4%)时，高产品种会提高甲烷排放；在中高产稻田(有机质含量高于2.1%)，高产新品种显著降低稻田甲烷排放。

由于中高产稻田的甲烷排放总量远高于贫瘠稻田，因此，高产新品种的甲烷净排放量远高于其在贫瘠稻田的减排效果。而且根据第二次土壤普查数据，我国80%以上的稻田有机质含量高于2.1%，且近年来呈现递增趋势。

“由此可见，我国水稻高产新品种的大面积推广，不仅保障了国家的口粮安全，而且起

到了甲烷显著减排效果。”张卫建指出。

收获指数越高，减排越显著？

高产水稻品种“促进耕层增氧—激活土壤氧化菌—促进甲烷氧化”的减排机制被揭示，意味着“鱼与熊掌，亦可兼得”。那么，第二条途径——以提高水稻收获指数来获得高产的同时实现减排，可行吗？

张卫建在《自然》杂志上阅读到一篇研究文章，其认为通过提高收获指数，减少光合产物向地下输入，能显著降低甲烷排放，是高产低碳排放的品种选育之路。

但他带领团队发现，收获指数变化对甲烷排放的影响只在水稻后期显著，而此期排放的甲烷不到全生育期总量的20%；另外，收获指数提高只在长期淹水稻田有减排效果，减排潜力只有4.4%，而目前全生育期淹水稻田占稻田总面积不足30%。

“也就是说，通过提高收获指数实现甲烷减排的潜力非常有限。”张俊说道，不过，收获指数提高可能减少下一季稻草还田量，的确存在一定的减排潜力。

2018年12月，该团队在《全球变化生物学》上发表研究成果称，现代水稻高产品种收获指数已达到一个较高水平(约0.55)，进一步大幅提升的难度非常大。因此，仅靠提高现代品种的收获指数，很难实现水稻单产的大幅度提升和稻田甲烷排放的显著减少。

“在水稻复种指数持续下降、稻田面积难以增加、收获指数已近上限等多重压力下，通过品种改良和农艺创新，实现水稻单产的持续稳定增长，是确保我国‘口粮绝对安全’的根本途径。”张卫建认为，高产低排放的品种选育和稻作创新需要新智慧。

秸秆还田越多，甲烷排放越多？

提高植株生物量、增强茎秆及根系，水稻长得又高又大，秸秆量增加了怎么办？

张卫建介绍，“作为宝贵的农田生物质资源，作物秸秆既是土壤生物的食物，也是高效的有机肥源。我国每年生产8亿多吨作物秸秆，其养分含量相当于500多万吨尿素、1000多万吨过磷酸钙、1000多万吨

硫酸钾。”

在他看来，秸秆能还田则还田。这既是保障土壤健康和化肥“负增长”的重要措施，也是避免秸秆焚烧污染空气的有效途径。

但就稻田而言，秸秆也是土壤甲烷产生的主要原料之一，学界和公众非常担心稻田秸秆还田会显著增加甲烷排放。

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)认为，稻田秸秆还田对甲烷排放的促进效应应与还田量有关，与还田年限无关。而张卫建团队通过15年长期定位试验，2019年1月16日在《科学—进展》上揭示了秸秆对甲烷排放的影响随还田年份延长而呈显著降低趋势。

稻田甲烷排放由土壤中甲烷产生菌和氧化菌控制，前者喜好秸秆等有机物料及厌氧环境，后者喜欢甲烷和氧气。稻田淹在水下，土壤中的氧气主要通过水稻植株和根系输入。在还田起始年份，秸秆和淹水迅速激发产生菌生长，甲烷大量产生。此时，水稻植株和根系生长受秸秆还田抑制，影响了氧气输送，氧化菌生长则受影响，稻田甲烷不能被氧化，排放高。

但还田约3年后，稻田土壤肥力显著提高，水稻植株和根系生长旺盛，促进了氧气输送，土壤含氧量迅速提高，氧化菌快速生长，将甲烷氧化为二氧化碳，甲烷排放量显著下降。

“综合国内外已有成果，发现IPCC对秸秆还田的甲烷排放量高估了近50%。”张卫建表示，该成果不仅可为全球稻田温室气体排放估算提供重要参数，而且可以矫正社会对稻田秸秆还田的认识。

“错误的估算会导致评价不准，对亚洲一些稻作国家不太公平，另外也希望引起人们对创新作物选育与栽培技术更加准确的认知。目前，我们正联合全国优势队伍，以‘十三五’国家重点研发项目为平台，开展水稻高产优质和稻田固碳减排的稻作技术研发，积极为水稻提质增效和绿色发展做贡献。”他说道。

相关论文信息：

DOI:10.1111/gcb.13737;

DOI:10.1111/gcb.14529;

DOI:10.1126/sciadv.aau9038

视点

“当前，全球面临着荒漠化扩展的严峻挑战。进入21世纪以来，尽管我国荒漠化和沙化土地面积持续减少，但荒漠化和沙化状况依然严重，防治形势依然严峻：沙区面积大，治理任务艰巨；沙区生态脆弱，保护与巩固任务繁重；导致荒漠化的人为因素依然存在；农业用水和生态用水矛盾凸显。

治理“地球肝癌”的“中国式秘方”

■卢琦



中国对荒漠化治理有独到的经验。

荒漠，通常指由于降水稀少或者蒸发量大而形成的气候干燥、植被贫乏、环境荒凉的地区。荒漠还有几个“儿子”，按照地表组成物质大小，分别为岩漠、砾漠(戈壁)、沙漠、泥漠等。荒漠化，则是在气候先天不足的前提下，加上后天人为活动导致的旱区土地退化。荒漠化也有4个“儿子”，按照形成的驱动力分别叫作风蚀荒漠化、水蚀荒漠化、盐渍荒漠化、冻融荒漠化。

森林被称为“地球之肺”，湿地被比作“地球之肾”，我把荒漠比喻为“地球之肝”，那么荒漠化就是“肝癌”。肝脏是一个脆弱的器官，保护不好，肝功能衰退便可致病，病入膏肓，离生命的终点也就不远了。荒漠是地球表面生态环境最为脆弱的地区，如果利用不合理，很容易导致土地沙化、土壤盐渍化等一系列的生态问题，也就是通常所说的“地球的癌症”荒漠化。

当前，全球面临着荒漠化扩展的严峻挑战。进入21世纪以来，尽管我国荒漠化和沙化土地面积持续减少，但荒漠化和沙化状况依然严重，防治形势依然严峻：沙区面积大，治理任务艰巨；沙区生态脆弱，保护与巩固任务繁重；导致荒漠化的人为因素依然存在；农业用水和生态用水矛盾凸显。

近年来，沙尘暴再次闯入人们的视线。像人会有病会发烧一样，沙尘暴是受气候驱动的一个自然现象，人类出现之前沙尘暴就已经刮了上百万年，黄土高原经过250多万年的风尘黄土堆积形成今天的厚度就是明证。当然，沙尘暴影响到今天人们的日常生产和生活，因此被定义为一种气象灾害。

我国设立了包括地面实况监测、遥感监测、卫星云图和环境监测的沙尘暴综合监测体系。经过对最近五六十年的沙尘天气研究，我们发现了一个紧密关联的现象。通过对沙尘暴发生、发展和影响全过程的跟踪与监测，最近40年来，每10年沙尘暴减弱的拐点恰巧与我国一系列治沙工程的启动实施相吻合，印证了我国治沙工程的成效。

2000年以后，我国沙化面积和沙尘暴数量都在持续下降。2014年与2009年相比，我国东部沙区土壤风蚀状况呈波动减小的趋势，沙尘天气也明显减少，5年间全国平均每年出现沙尘天气9.4次，较上一监测期减少2.4次，减少了20.3%。北京地区减少了63%，风沙危害明显减轻。

针对荒漠化的“身体状况”和“病情”，我国“对症下药”，开出了“中国式秘方”。概括起来，“中国式秘方”由三大法宝组成复方：一是优先保护，开展自然保护区建设、封禁保护；二是积极治理，实施国家重大生态工程；三是适度利用，发展沙区产业。

“优先保护”契合了党的十八大提出的对待环境要以保护优先为主的方针。我国将旱区划分为三大主体功能区：封禁保护区、综合治理区和开发利用区。全国25个重点生态功能区有13个都在452万平方公里的旱区中。

“优先保护”的内容包括开展较早的自然保护区建设、《防沙治沙法》中作为单独条款提出的封禁保护区建设、写进党的十八大文件的国家沙漠公园和荒漠国家公园建设，以及生态公益林管护区建设、生态效益评价与补偿等。结合沙化土地的地域分布情况，我国确定了全国防沙治沙示范项目建设重点，其中西北、华北北部和东北西部以及四川、西藏等地，沙化土地面积大、类型多、危害严重，是全国防沙治沙的重点地区，示范区建设以生态修复和保护为主要任务，重点研究探索植被恢复、封禁保护、禁牧舍饲等保护和治理模式。

“积极治理”中有一点是其他国家学不了的，那就是我国政府历来高度重视荒漠化防治工作。在长期的荒漠化防治工作中，我国政府发挥着主导作用，注重顶层设计，规划设计出一系列国家级和区域重大治理工程，保证我国荒漠化和沙化治理有序有效开展。

就拿始建于20世纪50年代的包兰铁路固沙防护体系来说，这是我国首次运用麦草方格固沙技术。包兰铁路是中国修建的第一条穿越沙漠的铁路，草方格固沙

的成功应用，解决了包兰铁路通过腾格里沙漠边缘沙坡头时所遇到的高大流动沙丘阻挡这一难题。中国科协原副主席刘旭也表示，苏联专家的治沙经验，是当时沙坡头成功治沙的关键之一。

最近40年，我国先后通过三北防护林工程、全国防沙治沙工程、京津风沙源治理工程和退耕还林还草工程等一系列国家级生态治理工程的实施，以年均0.024%GDP的投入，治理和修复了大约20%的荒漠化土地。

近年启动实施的规划及工程还有丝绸之路经济带防沙治沙工程建设规划、京津冀协同发展林业生态建设规划、敦煌水资源合理利用与生态保护综合规划、青海三江源生态保护和建设二期工程、青海三江源国家公园试点建设规划、石羊河流域综合治理工程、西藏生态安全屏障保护与建设工程，等等。

“适度利用”，就是必须把生态做成产业，让所有治沙人能从中获得收益和权益，要么有经济收益，要么有土地权属，这样才能确保治沙有长久的效果。我国利用沙区广袤的土地，充足的光照、强劲的风力进行能源开发，发展可再生能源，如风能、光能、生物质能等。比如，在内蒙古磴口、甘肃敦煌建设光伏电站，在柴达木盆地、河西走廊建设风电场。还可以利用沙生灌木开发生物质能源，如颗粒燃料、生物柴油、汽油、酒精等。

2015年12月发布的《中国荒漠化和沙化状况公报》显示，各地结合防沙治沙，建成了一批特色产业基地，沙区已营造经济林果540万公顷，年产干鲜果品5360万吨，占全国产量的33.9%。特色产业带动沙区种植、加工和储运产业的蓬勃发展，成为沙区经济发展的重要支柱和农民群众脱贫致富的拳头产业。

在沙中建立起黄金屋，让沙中再生千钟粟，盼沙中车马多如簇。总之，发展沙区产业，前景广阔，我们要用好产业政策，在保护好生态的前提下，继续探索沙区产业发展与生态改善良性互动的新模式。

(作者系中国林业科学研究院荒漠化研究所所长)

境界



不断增强的海浪给海岸环境带来更多挑战与风险。

上层海洋变暖 海浪更具破坏力

日前，研究人员通过对全球海洋气候的分析发现，在两个半球高纬度地区，海洋局部区域的风速和波浪高度都有所增加。对于最极端而言，这些增加的幅度大于其他一般变量的增幅。

这项最新研究成果发表在《自然—通讯》上。

“这是我们第一次发现全球变暖对波浪气候影响的全球信号。事实上，自1948年以来，全球波浪能量每年增长0.4%，这一增长与海面温度上升有关，对全球和海洋局部来说都是如此。”加州大学圣克鲁兹分校海洋科学研究所的研究员Borja G.Reguero说。

坎塔布里亚大学环境水力学研究所主任Inigo J.Losada认为，气候变化正以不同的方式改变海洋，包括海洋—大气环流的变化和海水升温。

“这项研究表明，全球波浪能可能是对全球变暖有潜在价值的指标，类似于二氧化碳浓度、全球海平面上升或全球表面大气温度等指标。”Losada说。

了解海洋变暖如何影响海浪能量，对沿海社区具有重要意义，例如，预测对基础设施、沿海城市和岛屿国家的影响。海浪决定了人

们将在何处建造基础设施(例如港口和港湾)，也决定了人们是否需要建造防波堤和堤坝等海岸防御设施。事实上，波浪作用是沿海变化和洪水的主要驱动因素之一，随着波浪能量的增加，其影响可能会变得更加深远。海平面上升将进一步加剧这些影响，导致更多的波浪能量到达海岸。

这项研究揭示了波浪能量增加的长期趋势，这种增强的影响在最具破坏力的风暴季节尤为明显，例如2013/2014冬季发生在北大西洋的风暴，冲击了欧洲西海岸；或者是2017年加勒比地区灾难性的飓风。这些灾害为我们敲响了警钟，向我们展示了海岸破坏力及其对经济造成的影响。

根据坎塔布里亚大学副教授费尔南多·梅德斯(Fernando J.Méndez)的说法，气候变化的影响在海岸地区尤为明显。他说：“我们的研究结果表明，某些风险分析忽略了波浪强度的变化，并且把海平面上升视为唯一的变量，这些研究可能会低估气候变化的后果，导致人们对这些后果准备不足。”

(吕小羽编译)

相关论文信息：

DOI:10.1038/s41467-

018-08066-0