

编者按

今年8月23日—29日为全国节能宣传周,8月25日为全国低碳日。为深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想,全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神,深入践行习近平生态文明思想,完整、准确、全面贯彻新发展理念,广泛开展节能降碳宣传教育,大力倡导绿色低碳生产生活方式,在全社会营造节能降碳浓厚氛围,促进经济社会发展全面绿色转型,助力实现碳达峰、碳中和,农业农村部科技教育司举办农业农村减排降碳科普讲座和节能降碳公益宣传活动。本期我们围绕农业农村能源领域“节能降碳,绿色发展”进行宣传,并邀请有关专家进行科普。

□□

农民日报·中国农网记者 孙眉

8月25日是全国低碳日,中国力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和。农业农村领域减排固碳既是碳达峰、碳中和的重要举措,也是潜力所在,这方面要做好科学测算,制定可行方案,采取有力措施。

农业是重要的温室气体排放源,一直是国际上气候变化谈判的重要议题,2014年全球农业温室气体年排放量为56亿吨二氧化碳当量,占全球温室气体排放总量的12%—15%。2014年我国农业温室气体排放量为8.3亿吨CO<sub>2</sub>当量,占全国排放总量的7%左右,如果算上农业生产用能和生活用能的排放,我国农业农村温室气体排放占比约15%。推进农业农村领域减排固碳,将为我国按期实现碳达峰碳中和发挥重要作用,为全球应对气候变化作出积极贡献。

### 提高生产效率 降低单位产量或产品的排放强度

中国作为一个农业大国,用仅占世界7%的可耕地养活了占世界22%的人口。农业是稳定经济社会的“压舱石”,稻田是人工湿地,菜园是人工绿地,果园是人工林地,保障国家粮食安全是一个永恒课题。

眼下正处于水稻抽穗结实期,这一时期是水稻籽粒建成、物质积累的关键时刻。水稻不同生育期对水分的要求与灌溉方法直接有关,具体策略根据水稻不同生育期的需水规律、水稻对水分敏感程度来调节田间水分,实行控制灌溉。返青期稻田保持一定水层,为秧苗创造一个温湿度较为稳定的环境,促进早发新根,加速返青。“我们所连续4年在湖北省荆州市开展了水肥管理减少稻田甲烷和氧化亚氮排放的长期定位试验,结果表明,施用缓释肥、节水灌溉,及两种措施配合等技术,可分别减少稻田温室气体排放19%、21%和41%。”中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所所长赵立欣说。

随着科技发展,我国畜禽养殖业生产方式将加快转变,高产低排放畜禽新品种(配套系)的选育、扩繁和推广,提高畜禽废弃物利用率,可以减少甲烷和氧化亚氮排放。以反刍动物为例,反刍动物瘤胃是天然的厌氧发酵环境,当反刍动物摄食后,饲料在微生物的作用下进行厌氧发酵,饲料消化过程中产生的部分挥发性脂肪酸在产甲烷菌作用下,生成甲烷并通过动物呼吸排出,肠道甲烷排放的能量损失约占采食饲料能量2%—12%,其排放量与饲料管理有直接关系。“我们现在通过提高畜禽生产力,优化饲料管理,优化粪便管理方式,降低温室气体排放。”中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员董红敏介绍说:“在全国推广‘秸秆青贮、氨化技术,可以有效提高秸秆的适口性和消化率,提高饲料利用率,单个动物甲烷排放可减少16%—30%;推广多功能舔砖饲喂技术,通过补充动物所需的维生素、矿物质等,可以提高动物日增重10%—30%,相对减少单位畜产品的甲烷排放量10%—40%。”

### 改善土壤质量 提高农田和草地固碳增汇能力

树木、植被和土壤可吸收人类活动造成的温室气体排放量的1/4。如果能可持续地保护、管理和修复生态系统,将进一步释放大自然应对气候变化的潜能。我国18亿亩耕地是巨大的碳库,要积极推动保护性耕作、秸秆还田、有机肥施用、人工种草等措施,提升农田有机质含量,进而增加温室气体吸收和二氧化碳固定的能力,不断发挥好农田土壤的碳汇功能。专家预测,通过采取上述举措,2030年全国农田土壤碳汇量为每年1.91亿吨二氧化碳当量,10年内中国农田碳汇量达到历史峰值,然后逐步下降,但在2060年农田土壤碳汇仍可维持在1.69亿吨二氧化碳以上,为我国实现碳中和整体目标作出重要贡献。

我国是世界海水养殖第一大国,海水养殖产量约占世界海水养殖产量的55%，“渔业碳汇”是生物碳汇的一种,是指通过渔业生产活动促进水生生物吸收水体中的CO<sub>2</sub>,并通过收获把这些已经转化为生物产品的碳移出水体的过程和机制。中国水产科学研究院研究员蒋增杰说:“养殖贝类、大型藻类等通过摄食、钙化、呼吸、生物沉积、光合作用等生理活动影响着碳元素的生物地球化学循环过程,是渔业碳汇的主要种类,通过收获、生物沉积、惰性有机碳形成三个主要的碳汇途径,对于服务碳中和目标具有很大的发展潜力。”

### 推进可再生能源替代 抵扣生产生活能源碳排放

全国碳达峰、碳中和最大的难点在化石能源,农业农村减排固碳很大的潜力在可再生能源。

安徽省阜阳市阜南县是全国粮食大县和畜牧养殖大县,受现代生活习惯的影响,秸秆和牲畜粪便沦为废弃物,既浪费了资源,又带来了环境污染。在阜南县林海生态技术公司,各种秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾等源源不断送到这里,经过发酵产生生物天然气。据介绍,阜南县政府与林海生态技术公司合作实施的农业废弃物沼气与生物天然气开发利用PPP项目,是当地发展循环经济、推动乡村振兴的重点项目,可年生产生物天然气5000万立方米、有机肥20万吨,可消耗177万头猪粪污、县域内25%的秸秆,既改善了农村人居环境,又提升了农业生产效益。据了解,全国沼气工程年处理农业农村有机废弃物约2亿吨,有效提升了畜禽粪污、农作物秸秆、农村生活有机垃圾和污水等废弃物资源化利用水平,实现了减污降碳的协同推进。

近年来,我国农村可再生能源技术装备水平得到大幅提升,在供气、供暖、供热等方面探索了一批新技术新模式新业态,沼气厌氧消化技术工艺研究已居国际先进水平,生物质成型燃料研制出集原料预处理、粉碎、成型工艺组合为一体的成套生产线,生物质热解燃气热值低、焦油脱除难等问题得到有效解决,燃气热值从1000多大卡提升到4000多大卡,清洁采暖炉具热效率达到80%以上,太阳能光伏成本相比10年前下降了82%,这些都为农村可再生能源大规模推广应用奠定了基础。

推进碳达峰碳中和,离不开科技这一第一驱动力。本报记者从农业农村部科技教育司获悉,全国农业科技部门正以农业农村领域减排固碳重大科技需求为重点,依托现代农业产业技术体系、国家农业科技创新联盟等,组织开展联合攻关,努力形成一批综合性技术解决方案,补齐农业农村绿色低碳的科技短板。具体工作中,以长期性基础性工作为支撑,在不同区域稻田、农用地、规模养殖场等布局监测网站,开展甲烷、氧化亚氮排放和土壤固碳等长期定位监测。为持续做好科技工作支撑,农业农村部还将组建农业农村碳达峰碳中和专家指导组,开展理论研究、技术指导、技术培训和技术服务,发布重点行业减排固碳技术目录,健全农业农村减排固碳标准体系。

# 减排降碳,农业农村在行动!

## 种植业的“智慧”未来

李玉娥

种植业节能减排对于促进农业绿色低碳转型和推动国家碳达峰碳中和进程具有重要意义。中国是种植业大国,用7.5%的耕地养活了世界19.5%的人口。近40年来,中国粮食总产量翻了一番,充分保障了国家粮食安全,但种植业的快速发展与农业高投入高消耗密切相关。作物种植过程中化肥过量施用、大水漫灌、燃油电力消耗高、秸秆焚烧等现象,不仅造成资源浪费和环境污染,同时导致大量温室气体排放。农田施肥N<sub>2</sub>O排放、稻田CH<sub>4</sub>排放、农机设施消耗的燃油电力CO<sub>2</sub>排放、秸秆田间焚烧是种植业温室气体主要排放源。

近年来,我国出台了一系列政策措施推进种植业节能减排工作,并取得了较好成绩。2015年“一控两减三基本”政策,从农业节水、化肥农药零增长、农业废弃物(粪污、秸秆和农膜)综合利用等方面提出了循环高效、绿色低碳、环境友好的发展目标和相关技术,协同实现面源污染防治和农业温室气体减排。2016年《十三五秸秆综合利用实施方案指导意见》,要求秸秆综合利用率达到85%以上。2018年《农业绿色发展技术导则(2018—2030)》,明确提出建立绿色发展制度与低碳模式,并要求单位农业增加值碳排放强度和能耗降低30%。

综合而言,种植业节能减排技术措施主要包括以下4个方面。第一,测土配方精准施肥、合理减少化肥农

肥一体化、有机肥替代化肥、选育高氮利用品种等技术措施可有效减少农田N<sub>2</sub>O排放,提高水肥利用效率,促进资源循环,实现作物丰产高效。第二,中期晒田、间歇性节水灌溉、直播轻简化栽培、改进稻田秸秆还田方式(快腐还田、旱季还田)、选育高产低排水稻品种等可降低稻田CH<sub>4</sub>排放强度。此外,稻田综合种养模式可提高生物多样性,实现绿色低碳和农民增收协同。第三,提高农机农具能效利用、研发和推广节能型农机、淘汰高耗能高排放老旧农机、减少种植过程中机械作业环节和次数,可减少燃油电力消耗和机械损耗,节本省工,并降低CO<sub>2</sub>排放。对于设施农业,利用地源热泵、太阳能等可再生清洁能源进行生产活动可实现节能

减排。第四,作物秸秆肥料化、饲料化、燃料化和基料化综合利用,禁止秸秆田间地头焚烧,推广秸秆粉碎还田、过腹还田、覆盖免耕等技术,有助于提高秸秆利用率,协同推进减污降碳,保护和改善农业生态环境。

种植业关系到主粮安全供给,而农田同时具备生产和生态双重功能。种植业节能减排必须以稳产增产和保障粮食安全为前提,以绿色低碳和提升农田生态服务功能为导向。过去种植业以高资源投入带来高产量,同时导致高环境风险和高排放,未来当转型为高效率、高产量、低污染、低排放的生产模式。

作者系中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员

## 农田土壤固碳减排潜力巨大

李虎

“十四五”时期,我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。如期实现碳达峰、碳中和目标,一个重要方面在于提升生态系统碳汇能力,有效发挥森林、草原、湿地、海洋、土壤的固碳作用,提升碳汇增量。能够起到碳汇的不只是森林、海洋、湿地和草地,土壤也能碳汇!

土壤咋碳汇呢?土壤里存储的碳最初都来源于大气。植物先通过光合作用将CO<sub>2</sub>转化为有机物质,然后有机质里的碳通过根系分泌物、死根系或者残枝落叶的形式进入土壤,并在土壤中微生物的作用下,转变为土壤有机质存储在土壤中,形成土壤碳汇。简单来说就是土壤可以通过植物从大气中吸收、转化、存储二氧化碳。

“落红不是无情物,化作春泥更护花”——龚自珍《乙亥杂诗》形象地说明了从植物体到有机质存储到土壤之中的过程。

需要注意的是,土壤碳库和碳汇不是一个概念:土壤碳库是土壤中碳的存储量,土壤碳汇相当于碳存储的一个过程。土壤碳库通常包括地上生物量、地下生物量、枯落物和土壤有机质碳库,其单位为质量单位。土壤有机碳库是指全球土壤中有有机碳的总量。

其实土壤既可能是碳汇,也可能是碳源。

在碳的生物地球化学循环中,大气中的CO<sub>2</sub>被植物吸收后,通过光合作用转变成有机物质,然后通过生物呼吸作用和细菌分解作用又有有机物质转换为二氧化碳进入大气。土壤具有生命力,也会呼吸,即土壤中存在的大量微生物和植物根系都能

够通过呼吸作用排出CO<sub>2</sub>,淹水稻田还会排放CH<sub>4</sub>气体等。当土壤系统从大气中新吸收的碳大于土壤系统本身消耗的碳,此时土壤是一个碳汇;而当土壤系统中释放的碳大于吸收的碳时,土壤就是碳源。如将有机碳含量高的森林与草原土壤开垦为农田,或者植被的破坏,以及农田的耕作、施肥等管理措施不当,都会造成土壤有机碳含量下降,使土壤成为主要的二氧化碳排放源。

有研究表明,土壤有机碳库约占整个陆地生态系统的2/3,约为植物碳库的3倍,大气碳库的2倍。根据《第二次气候变化国家评估报告》中的数据,中国土壤碳库的储量约为1029.6亿吨!可见,土壤碳库的微小变化都会引起大气CO<sub>2</sub>浓度的较大变化,土壤对碳储存发挥极其重要的作用!

我国目前农作水平较低,农田固碳减排也存在巨大潜力。中国农田有

20.23亿亩耕地,土壤有机碳库尤其其主要农业区表层土壤有机碳库比较贫乏,根据最近的《2019年全国耕地质量等级情况公报》,全国耕地质量平均等级4.76等,中低等级耕地占2/3以上,耕地质量不高、耕作层变浅、土地退化的趋势尚未得到有效抑制。全国耕地平均有机碳含量低于世界平均值的30%以上,低于欧洲50%以上。据美国著名土壤学家Lal研究,美国农田土壤固碳潜力每年在7500吨C—2.08万吨C之间,我国农田土壤固碳潜力在2200万吨C—3700万吨C之间。未来50年,如果实施有效的农田管理措施(包括有机肥应用、秸秆还田、保护性耕作)对土壤固碳的贡献率约为30%—36%(相当抵消工业温室气体排放3.4%—19%)。可见,只要技术合理,农田固碳减排潜力巨大。

作者系中国农业科学院农业资源与农业区划研究所研究员

## 可再生能源的替代作用日益凸显

李惠斌

农村可再生能源包括生物质能、太阳能、风能(装机10千瓦以下)、地热能、微水电(装机100千瓦以下)等,具有绿色、低碳、清洁、可再生等特点,可替代化石能源,有效解决农村生活中的炊事、取暖、洗浴、照明和农业生产中的种植养殖所需供暖供热供电等能源需求,减少二氧化碳排放。加快推进农村可再生能源替代化石能源是实现碳达峰、碳中和目标的重要内容,可发挥积极的功能作用。

作为典型的分布式绿色能源,沼气生物天然气应在广大的农村地区就近就地开发利用,作为推进燃气下乡的重要补充或煤改气的气源。在平原地区的种养大县适宜集中供气的农村地区,应大力发展规模化沼气生物天然气工程;在山区、丘陵地区适合集中供气的村镇,应积极推进大

中型沼气工程,重点布局引导业主通过铺设管网、分布式门站、罐装运输等方式为农户提供高质量绿色燃气集中供气;在养殖小区、养殖大户、有散养习惯的“老少边”地区,适度发展小型和户用沼气。

秸秆打捆直燃集中供暖是将打成捆的秸秆,在新型专用锅炉内直接燃烧,为乡镇政府、学校、医院、敬老院、社区等提供集中供暖,并可广泛用于粮食烘干、种植养殖等行业。该技术模式供暖期与秸秆收储期吻合,秸秆收获后可就近就地随收随用,明显降低秸秆利用成本。秸秆打捆直燃锅炉热效率达80%以上,与同等吨位燃煤锅炉相当,但运行费用更低,污染物排放也低于燃煤锅炉,并优于《锅炉大气污染物排放标准》;产生的灰分可做肥料,实现“秸秆—燃料—肥料”循环利用。

生物质成型燃料是将农林废弃物等生物质压缩为颗粒或块(棒)状燃料,替代煤炭,用于户用清洁炉具或供暖锅炉使用,特别适用于“煤改电”“煤改气”难以覆盖的农户分散取暖、分布式集中供热。据北京工业大学、中国农村能源行业协会《北方典型地区农村居民冬季取暖报告》显示,成型燃料+清洁炉具与传统散煤取暖相比,减排颗粒物85%、二氧化硫77%、氮氧化物18%,污染物排放明显降低,户用清洁炉具的热效率都在80%以上;灰分可回收做肥料,实现“秸秆—燃料—肥料”循环利用。

生物质热解气是以玉米秸秆、玉米芯、树皮、棉杆、花生壳、园林修剪的树枝、花枝等农林废弃物为原料,经过粉碎等预处理后进入热解炉,通过

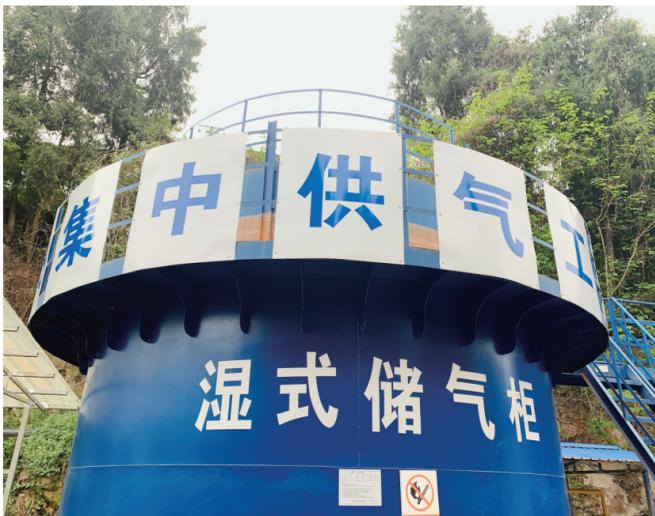
热化学反应,产出的热解气。热解气经过净化分离,通过管道进入农户家里,农户通过燃气壁挂炉采暖;或者从热解炉出来的高温热解气直接进入燃气锅炉生产蒸汽或热水,经供暖管道为社区农户集中供暖。

太阳能利用技术主要包括光热利用和光伏利用。当前利用太阳能清洁取暖得到较快发展,主要推广“太阳能+辅助能源”综合技术,辅助能源一般有:电锅炉、生物质能(压块、颗粒)或清洁型煤、燃气、空气源、水源热泵、醇基液体燃料等多种。太阳能+生物质能清洁供暖具有环境效益好、可节约社会环保治理费用,运行费用低于当地集中供暖费,不再需要长期年度补贴、推广阻力小等优点。

作者系农业农村部农业生态与资源保护总站研究员



辽宁省阜新市阜新蒙古族自治县秸秆覆盖还田促进农田碳汇提升。



四川省绵阳市三台县建设农村沼气工程替代化石能源。



山东省东营市大地乳业奶牛肠道发酵甲烷排放监测现场。