

农业因其自身既排放温室气体又能吸收二氧化碳，在科技支撑下不仅可做到“零碳”甚至能实现“负碳”

一粒米背后的“碳账本”

■本报记者 沈湫莎

二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和,是中国向世界作出的庄严承诺。为实现这一“双碳”目标,各行各业正在掀起一场“绿色革命”。

与工业、能源、交通等领域的“单向减排”相比,农业因其自身既是碳源(排放甲烷等温室气体)又是碳汇(农作物吸收二氧化碳),低碳发展之路也更为多样。在业内专家看来,在科技的支撑下,农业不仅能做到减碳,还能实现“零碳”甚至“负碳”。

要厘清这本复杂的“碳账本”,不妨从作为长三角地区最重要粮食生产体系的稻田生态系统中的“一粒米”说起。

种田是一场产量与排放的博弈

说到农业减排,很多人都会心生疑问:和许多植物一样,农作物也能通过光合作用吸收利用二氧化碳,排放从何而来?

根据我国最新向联合国提交的温室气体排放清单数据,农业生产过程向大气排放的温室气体为8.3亿吨二氧化碳当量,约占我国总排放量的6.7%。其中,种植业源温室气体排放主要来自水稻种植与农田施肥等农业行为造成的甲烷和氧化亚氮排放。以20年尺度计算,甲烷的温室效应是二氧化碳的84倍,氧化亚氮则为二氧化碳的264倍。近年来,为应对全球气候变化,各国纷纷加强了对甲烷等强效温室气体的监测与控制。去年,联合国格拉斯哥气候大会发布的“全球甲烷承诺”提出,2030年使甲烷排放较2020年减少30%。

与看不见的温室气体相比,农业的面源污染更为人们所熟知。由于过量施肥,氮、磷等物质不能被农作物完全吸收,于是随着农田排水流向江河湖海,或渗透到土壤之中。

调查显示,我国水稻种植产生的温室气体排放约占全国农业排放量的23%。上海市农科院气候变化与绿色生产研究室主任周胜解释说:“这是由于稻田生态系统是我国最主要的粮食生产体系之一,水稻田在淹水的厌氧环境下会产生大量甲烷。”

在保障粮食安全和重要农产品有效供给的前提下,农业减排是一篇从种子、育苗、生长管理到收获等各阶段都能做出成果的大文章。而且与只能“减量”的工业碳排放不同,通过合理的减排与固碳措施,减少生产过程中的碳排放,提升农田土壤碳汇潜力,农业不仅能做到减碳,甚至还能实现“零碳”和“负碳(固碳)”。因此,优化农业“碳账本”潜力巨大。

用50年监测碳排放与土壤碳汇

农业的复杂性在于,同样的种子,在不同的气候、土壤、水、肥等条件下,产量与碳排放的差别可能会很大。为了获得精准的数据,首先要求用于实验的农田初始条件尽可能相近,其次则需要研究的时间足够长。2012年,市农科院庄行试验站辟出100多亩土地,建起了上海低碳农业工程技术研究中心基地,长期实验基地里的牌子上明确写着“研究期限50年”。

据介绍,全球约有300个连续观测不少于20年的农业野外长期实验基地,其中观测已超过100年的有25个,主要集中在发达国家,许多经典农业数据由此而来。周胜告诉记者,他和团队想通过长期跟踪研究不同管理条件下稻田生态系统的物质循环和能量转换,为研发温室气体减排、面源污染控制、土壤地力提升及碳汇技术提供关键参数。

目前,农业领域许多碳排放数据都是通过较为粗放的排放因子计算出来的,缺乏精细化的评估,需要进一步完善。在上海低碳农业研究中心,科研人员更像是一位精明的管家——通过对施肥水平、肥料种类、轮作制度、灌溉水量等种植参数的排列组合,寻求水稻在产量和碳排放之间的“最优解”。

每个采集日的上午9点,科研人员会用透明采集箱罩住水稻,灌水密封,自动采集器的四个气袋每隔6分钟自动采集一次气体样品。水稻生长期内每周采集1-2次,长期实验地共有36个小区,每个小区每次4个样品,采集一次共144个样品,用于分析计算不同管理措施下的温室气体排放通量。同时,团队每年还要根据种植和收获季节,采集不同条件下的农田土壤进行分析。如此“枯燥”的工作,周胜团队连续做了10年,终于拿出了一份令人信服的详实数据。

“尤其想要了解土壤中碳含量的变化,必须坚持5年以上的长期观测才能得到较准确的数值。”周胜说,这是因为土壤中的碳含量一般只占1%-2%,土壤的非均一性及采集上的任何偏差都可能造成数据波动,只有长期观测,才能消除数据的不确定性。

他们发现,过量施用氮肥不仅增产效果有限,而且增加了氧化亚氮和面源污染物排放,因此,合理的施肥量对于减少环境污染非常必要。又比如,在保证稻米产量稳定的前提下,通过节水灌溉可降低稻田甲烷的排放;通过离田处理秸秆的方式,更可大幅减少稻田甲烷排放;如果进一步将离田秸秆加工成有机肥或生物炭还田,不仅可减少稻田碳排放,还能提升土壤碳汇速度。同样的,冬季种植紫云英等绿肥植物也有利于土壤增碳提质。通过这些稻田减排与固碳技术的组合,最终可形成一套低碳、零碳、甚至负碳的稻田生产技术。

从自愿减排到碳资产

一开始投身低碳农业研究时,许多人并不理解周胜的选择。十几年前,低碳农业还是张“冷板凳”。这两年,“冷板凳”逐渐热了起来。最明显的变化是,来农科院找低碳农业研究中心合作的人和机构越来越多。低碳农业作为农业高质量发展的内在驱动力,“钱景”也更加明朗。

2019-2020年,周胜团队与上海市农业生物基因中心罗利军团队合作,针对安徽省推广的120万亩节水抗旱稻进行了碳减排效果评估。根据现场实测及专业模型评估,旱管种植节水抗旱稻模式比传统淹水稻田的甲烷排放量减少90%以上,碳减排总量51.6万吨二氧化碳当量。以当前前一吨二氧化碳约40元的碳交易价格计算,当年的碳减排价值就高达2000多万元。

焚烧秸秆不仅排放温室气体,而且污染空气,但秸秆如果直接还田,方法不当的话,有可能大幅增加稻田甲烷排放。周胜团队经过反复研究比较发现,比较好的做法是为离田秸秆建立炭化中心,即将秸秆制成黑乎乎的生物炭(或炭基有机肥)后再还田利用,这样不仅可以减少因秸秆直接还田造成的大量甲烷排放,还可提升土壤地力,增加土壤中的碳含量,达到增碳提质的作用。目前,他们正计划与企业合作建立一个区域型的农作物秸秆炭化中心,为农作物秸秆炭化还田提供服务,并评估区域内的碳循环与减排固碳效果。

按照国际上的碳交易价格,农业领域自愿减排的二氧化碳交易价格是其它领域的2-3倍,低碳农业的经济效益不容小觑。周胜说,想要农民或地方政府有更强的减排动力,首先是要建立农业减排方法学与评价标准体系,让他们会做;其次是重启自愿减排碳交易市场,让减排下来的碳能够在碳交易市场上流通,获得经济收益。目前,位于北京的全国自愿减排碳交易中心正在紧锣密鼓地建设中。

最近,低碳农业研究中心根据多年的研究成果,形成了关于稻田温室气体减排和农田土壤碳汇方面的方法学草案。一旦该方法学通过认证,意味着上海乃至全国的农户,可以根据该方法学调节自己的种植方式,达到减排固碳的目的。



①科研人员在监测稻田温室气体排放。②俯瞰上海低碳农业工程技术研究中心。(均上海低碳农业工程技术研究中心供图)③进入收获期的“早优73”。沈湫莎摄

摆脱对水资源的过度依赖,大幅减少温室气体排放,促进水稻生产向绿色可持续方式转型

减排90%,节水抗旱稻掀起水稻“蓝色革命”

■本报记者 沈湫莎

今年8月高温天,安徽省望江、怀远、枞阳等七个县的稻田里一片碧绿,节水抗旱稻“早优73”又到了关键的孕穗期,这段时间也是天最热、水稻生理需水量较高的时期。高温、湿热、淹水会促进稻田甲烷排放。2019-2020年,上海市农业科学院的联合研究团队对七个县的稻田温室气体排放监测发现,望江县种植的节水抗旱稻旱种旱管的碳排放相较水田减少了99.9%,其他六个县的稻田碳排放均减少了90%以上。

近日,上海市农业生物基因中心科研团队在国际权威学术期刊《分子植物》上发表了观点文章《在碳中和下保障粮食安全的“蓝色”革命:节水抗旱稻所展示的成功案例》,向世界提出水稻“蓝色革命”观点,即通过创新培育节水抗旱稻,实现旱种旱管的稻作生产模式,使水稻生产摆脱对水资源的过度依赖,大幅减少稻田温室气体排放,促进水稻生产向“资源节约、环境友好”的绿色可持续方式转型。

节水抗旱稻是稻田减排“最优解”

水稻种植离不开水,然而水层在滋养水稻的同时,也把土壤和氧气隔离开来,被水层覆盖的土壤中会滋生大量厌氧菌,由此产生甲烷等温室气体。据上海市农业生物基因中心研究员夏辉介绍,稻田排放的甲烷“贡献”了全球10%-12%的甲烷排放量,提供了2.4%的“加强全球变暖效应”。想要减少稻

田“排气”,就要减少土壤淹水的时间。

为此,日本发明推广了“烤田”法,即在水稻生长周期中相对不那么需要水的时期,把水排干,让土地能与空气接触。近年来,随着智能设备的普及,欧洲一些农业学家开始采取间歇性灌溉的方法,即监控地下水位,当地下水下降到一定程度时再进行灌溉,让水不蓄积在稻田里。但科学家很快发现,水稻能支撑的最长“烤田”周期仅为两周,间歇灌溉法则需耗费大量人力物力。

既然要减水,那么干脆种植旱稻行不行?不行,因为旱稻的亩产量太低了。上海市农业科学院农业生物基因中心罗利军团队经过近30年的研发和完善,将旱稻的“耐渴”基因引入水稻,育成节水抗旱稻。它既非水稻也非旱稻,却可像水稻一样在水田栽培,也可像小麦一样在旱地种植。2016年,“节水抗旱稻”这一术语通过行业认定并对外颁布,从此,节水抗旱稻成为一种新类型的栽培稻。

“我们这个品种,只要保证在出苗、分裂、孕穗灌浆三个阶段灌溉三次‘跑马水’,就能保证亩产600公斤以上。如果实在没有灌溉条件,亩产也能达到200公斤左右。”罗利军说。

因为节水抗旱稻无需将稻苗浸泡在水中,因而从源头上消除了甲烷产生的环境。2019年,上海市农科院气候变化与绿色生产研究室主任周胜将此品种作为全球农业减排方案,申请欧盟“地平线2020”节能减排科研计划,项目负责人、芬兰自然资源研究院研究员艾伦看到后,眼前一亮。他说:“在所

有方案中,你们的方案是最简单,也是最适合大面积推广的。”

可观的减排收益为种粮提供新动力

安徽蚌埠的淮农场,历史上并不是水稻种植区。2016年,“早优73”在这里撒下第一把种子,随后便一发不可收拾,50亩、800亩、5000亩……种植面积三年间实现了“三级跳”。

自2016年以来,上海研发的节水抗旱稻的种植面积始终保持着两位数增长。目前,节水抗旱稻年种植面积已超过300万亩,其中“早优73”(>200万亩)已成为长三角地区种植面积最大的杂交稻品种。节水抗旱稻已经在我国超过2/3的省市及20多个“一带一路”沿线国家有了商业推广或示范种植。

这些种植节水抗旱稻的稻田究竟能减少多少碳排放?放下计算器,罗利军自己也吓了一跳。安徽怀远县在2019-2020年种植了20万亩节水抗旱稻。经监测,一年减少了99%的碳排放,换算成二氧化碳相当于减少排放8万吨,若将这一额度拿到碳交易市场,价值约合100万美元。

按计划,“十四五”期末,节水抗旱稻年种植面积有望突破1000万亩,这意味着每年可减少稻田甲烷排放15.6万吨,折合二氧化碳当量约为440万吨。周胜说,如果能将这部分减少的稻田碳排放纳入国际碳交易市场,可使农民额外增收4400万美元。

■本报记者 许琦敏

平均气温每升高1℃,水稻、小麦、玉米等粮食作物就会减产约3%-8%。面对气候变暖带来的高温胁迫,中国科学家历经近十年研究,首次揭示了调控水稻高温抗性的新机制和叶绿体蛋白降解新机制,同时发现了第一个潜在的作物高温感受器。国际著名学术期刊《科学》日前发表了该研究成果。利用这一发现,科学家已经培育出了水稻新品种,在超过38℃的高温下,大田中的耐热水稻品种产量较对照品种增加了20%。

这一研究成果由中科院院士、中国科学院分子植物科学卓越创新中心林鸿宣与上海交通大学林允舜的研究团队合作完成。从构建遗传材料,到分离克隆基因,研究团队耗时近十年,终于找到了水稻高温抗性新基因位点TT3,并阐明了其调控高温抗性的新机制。

随着全球气候变暖趋势加剧,高温胁迫成为影响世界粮食安全最主要的胁迫因子之一。据预测,至2040年,高温将使全球粮食减产30%-40%。因此,挖掘高温抗性基因资源、阐明高温抗性分子机制、培育抗高温作物新品种成为当前亟待攻克的重大课题。

研究团队通过对大规模水稻遗传群体进行交换个体筛选和耐热表型鉴定,定位克隆到一个控制水稻高温抗性的基因位点TT3。这个来自非洲栽培稻(CG14)的基因位点,相较于来自亚洲栽培稻(WYJ)的TT3基因位点具有更强的高温抗性。

进一步研究发现,TT3基因位点中存在两个拮抗调控水稻高温抗性的基因TT3.1和TT3.2。在高温胁迫下,TT3.1能够从细胞表面进入细胞内的多囊泡体中,招募TT3.2叶绿体前体蛋白进行降解,使成熟态TT3.2不会过多在叶绿体内积累,以保护叶绿体不受损伤,从而提高水稻的高温抗性。因此,过量表达TT3.1或敲除TT3.2,能够带来2.5倍以上的增产效果。

由于TT3.1和TT3.2在多种作物中具有保守性,借助分子生物技术方法,可将该研究发掘的抗高温新基因应用于水稻、小麦、玉米、大豆以及蔬菜等作物的抗高温育种改良中,对有效应对全球气候变暖引发的粮食安全问题具有重要意义。

目前,研究团队已把高温抗性强的非洲栽培稻TT3基因位点导入到亚洲栽培稻中,培育出了新的抗热品系。在抽穗期和灌浆期,经过38℃的高温胁迫处理,抗热新品系的增产效果是对照品系的一倍左右,同时田间高温胁迫下的种植区域增产达到约20%。

超高温下,耐热水稻可增产两成

上海科学家在水稻抗高温基因挖掘与机制研究上取得新突破



④上海市农业生物基因中心首席科学家罗利军在地里查看节水抗旱稻生长情况。

⑤节水抗旱稻与水稻在相同环境下做对比试验,节水抗旱稻表现抢眼。(均上海市农科院供图)

⑥研究团队在松江农场种植的水稻材料。

⑦在高温胁迫下,来自非洲栽培稻的TT3CG14位点(左图)及TT3.1过量表达、TT3.2敲除构建(右图),均比对照组WYJ显著增加水稻产量。(均中国科学院分子植物科学卓越创新中心供图)

