大话农科

不可忽视的农田降氮减排

■本报见习记者 韩扬眉

提起温室气体，大多数人都会想到二氧化碳和甲烷，而对氧化亚氮却多有忽略。作为全球排名第三的温室气体，氧化亚氮在百年尺度内的增温效应是其等量二氧化碳的近 300 倍。

农田，是氧化亚氮的全球第一大排放源，占全球氧化亚氮排放总量近 60%。因此，发展合适的计算方法以估算农田氧化亚氮直接排放量，不仅可以明确农业生产对气候变化的影响程度，还可以为发展农田减排技术提供数据支撑。

我国科学家研究农田氧化亚氮排放方法和估算 20 余年，以期获得确定性和可信度更高的分析结果。

近日，南京农业大学土壤学科温室气体计量团队与英国阿伯丁大学、爱丁堡大学学者合作，对中国农田氧化亚氮直接排放因子进行了更新，并提供了更为细化的排放因子，从而将氧化亚氮直接排放量估算的不确定性降低到 7%。相关成果在线发表于《环境科学与技术》杂志。

稻田土壤样品采集 程琨摄

排放因子：更精细化的估算

我国的农田氧化亚氮排放量约占全球总排放量的 1/4，且随着近年来氮肥施用量的增加而急剧上升。

减“氮”行动，刻不容缓，但如何减、减多少，需要精确的数据支撑。已有研究发现，氮肥施用量与氧化亚氮直接排放量有着极显著的关系。

“我们基于该关系开发了氧化亚氮直接排放因子。”论文通讯作者、南京农业大学资源与环境科学学院副教授程琨告诉《中国科学报》，氧化亚氮直接排放因子即单位质量氮素投入所带来的农田氧化亚氮排放量。“有了排放因子，以后想计算某个区域内农田氧化亚氮的直接排放量，只需要知道这个区域的氮素投入量就行了。”

目前全球通用的农田氧化亚氮排放因子，是联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）于 2006 年发布的《IPCC 国家温室气体清单指南》所提供的，即旱地 1%，淹水稻田 0.3%。今年 5 月，IPCC 第 49 次全会通过了《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南 2019 修订版》，基于气候、肥料和水分管理类型提出了更为细化的全球尺度排放因子。不过，因农田氧化亚氮排放通量具有显著的时空差异，该排放因子在国家特别是区域尺度上具有较高的不确定性，IPCC 也同时建议各个国家和地区开发自己的排放因子。

20 世纪 90 年代以来，我国学者在氧化亚氮排放因子的开发上积累了方法学的研究基础，但因数据量不足，无论是排放因子，还是用其估算的氧化亚氮排放量，均存在较大不确定性，也使得研究结果的可信度有限。

程琨表示，得益于近年来国家对基础研究的支持，科学家们越来越多地开展了田间原位氧化亚氮排放的监测研究。“我们期望借鉴前人排放因子的研究经验，基于近年来丰富的农田氧化亚氮数据资源，开发农业区尺度的体现作物特征和肥料类型特征的更准确的排放因子。”

全球气候变化顶尖专家、英国阿伯丁大学教授 Pete Smith 告诉《中国科学报》，用于量化氧化亚氮排放的排放因子，对实施减排措施和制定减排策略非常有意义。此外，更好地量化排放因子，以及它们如何因地区和作物而变化，在评估气候变化减排目标的进展方面极为重要。

差异化计量：更精准的区域排放统计

温室气体是导致全球气候变化的主要驱动因素，而农业源非二氧化碳温室气体排放占全球排放的 10%~12%。中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所研究员郭李萍告诉《中国科学报》，对农田温室气体排放进行计量，可以明确农业生产对气候变化的贡献程度，还可以为发展农田管理减排技术提供数据和技术支撑。同时，准确估算我国农业温室气体排放量，也可为国家在国际气候谈判中提供准确的数据支持。

“在进行温室气体排放计量中，主要关注的焦点是计量方法的准确性、可操作性和不确定性问题，以及估算结果不确定性的量化说明。”郭李萍表示。

目前，能够估算氧化亚氮排放的方法有模型模拟法和排放因子法。与模型模拟法相比，排放因子法可以用极为有限的数据，即仅知道氮素投入量，便能得到尽可能准确的估计。

研究人员通过文献搜集，建立了包含 1151 组观测值的中国农田氧化亚氮排放数据库，然后将不同方法计算得出的排放因子进行对比评价。结果发现，氮素投入量与氧化亚氮直接排放量的线性回归方法的解释度最高，且模拟效果最好。

通俗来讲，就是氧化亚氮直接排放的多少，有可能取决于氮肥施用量的多少。

以 2016 年为例，该研究精确估计了中国农田因化肥投入引起的氧化亚氮年直接排放量为 30.5 万吨，95%置信区间为 28.3 万—32.7 万吨。

同时，为证明该方法的有效性，研究人员利用它对不同农业区的不同作物、不同农田管理类型下的排放因子进行了计算，发现中国农田氧化亚氮排放因子存在巨大的农业区差异和作物类型、肥料类型及水分模式等管理影响差异。

值得一提的是，研究人员针对中国九大农业区的细化排放因子，绘制了高分辨率的中国农田氧化亚氮排放空间分布图。该图显示，氧化亚氮排放最高的区域分布在长江中下游地区（特别是江苏东部）、黄淮海地区、东北地区（特别是松嫩平原），这些地区应当是提高氮肥利用率、减少氧化亚氮排放的重点关注区域。

Pete Smith 表示，通过准确量化中国农田氧化亚氮排放、控制氮肥施用，在保证作物产量最大化的同时减少氧化亚氮排放，有助于减少中国的气候足迹。

不过，也有研究表明，农田氮素投入与氧化亚氮排放量具有非线性关系。“虽然本研究并未观测到这种关系，但不能忽视这种关系存在的可能性，未来应当予以关注。”程琨说。

除此之外，在农田中，由于前季作物种植施用的氮素残留会对氧化亚氮排放产生影响，冬闲田的温室气体排放也不容忽视。不过，其如何排放以及排放量在农业温室气体排放中贡献如何，仍有待进一步研究。

管理之基：更有效的降氮减排

农田中的氧化亚氮直接排放主要是由于人为氮肥施用造成的。因此，氮肥的投入量以及氮肥的形式、施用方法、施用时期等是农田氧化亚氮排放最主要的影响因素。

“气候条件、土壤理化性质、农田管理（包括灌溉、秸秆还田、土壤调理剂使用等）均会对土壤氧化亚氮排放产生不同的影响。”郭李萍说。

在郭李萍看来，减少氧化亚氮排放，最重要的途径是提高氮素利用率。采取一些管理措施，比如配合施用有机无机肥、添加生物质炭，以及使用氮肥增效剂及缓控释肥、水肥一体化管理等，都可以有效提高当季氮肥利用率。这能够在保证粮食产量的同时，显著减少氧化亚氮排放及氮肥的其它无效损失。

的确，实现粮食安全与温室气体减排“双赢”，一直是人类共同追求的目标。程琨表示，在未来气候变化情况下，尤其是发展中国家，如何在保障粮食产量的前提下达到农田固碳减排目标，即实现“气候智慧农业”（Climate smart agriculture），是当前关注的焦点。今年 6 月，我国向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交了《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》和《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》，其中报告了我国在 2010 年和 2014 年的国家温室气体清单。与 2005 年国家温室气体清单的回算结果对比，农业活动氧化亚氮的排放量有所增加。

“该研究提供的基于农业区、作物类型和农田管理类型的更为细化的氧化亚氮排放因子，可为未来温室气体清单编制提供方法学和数据支撑，可降低清单编制的不确定性。”郭李萍说。

相关论文信息：https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01285

新农评

加强耕地保护利用 筑牢粮食安全长城

■张凤荣

我国对农产品总需求（消费）的 1/7 依赖国际市场，而美国是世界农产品市场的主要供应者。针对美国率先对中国输美商品加征关税，我国采取反制措施也对美国输入中国产品加征关税。在对美国产品加征关税的清单中有大豆、玉米、棉花等农产品。

随着人民生活的改善，我国居民对动物源蛋白需求增加，促使我国养殖行业快速增长。大豆榨油以后的豆饼，是畜禽特别是鸡与猪的饲料。旺盛的需求使得中国大豆进口量逐年飙升，因为国产大豆量远远不能满足需求。目前我国大豆进口量占全球大豆贸易量的 60%。2017/18 年度我国大豆进口量达 9350 万吨。

但 2018 年大豆进口量下降了。其原因除了内需增幅放缓外，中美贸易摩擦也是重要原因之一。虽然我国增加了从巴西、俄罗斯、乌克兰、印度、阿根廷、乌拉圭等各国大豆的进口，但总进口量还是下降了。从国内来看，尽管中国积极推进大豆产业的发展，提升国产大豆供应，但由于国内土地有限，而且需要优先保证其他粮食作物供应的稳定性，国产大豆增幅有限，满足不了需求。事实上，中国不仅从美国进口大豆，还进口大量其他农产品，包括小麦、玉米，以及肉类。

由此笔者想到，近年来有人主张进一步开放国际市场，通过进口解决我国耕地资源不足和人们生活水平提高与粮食消费增长之间的矛盾。笔者认为，这种观点既不符合国情，也不符合国际形势，在现实中是行不通的。

国际市场上粮食贸易量每年只能提供 2.5 亿多吨谷物，而中国每年仅谷物消费量就超过 5 亿吨。目前主粮和通过由粮食转换肉蛋奶等食品，我国每年粮食总消费量达 7 亿多吨，其中大约 1 亿吨来自进口。如果我们在世界上大量进购粮食，世界粮食价格肯定上升；世界上还有相当多的发展中国家处在饥饿线上，中国大量进口粮食的代价会比较大。况且粮食是重要的战略物资，一个国家靠进口吃饭等于让别人卡住咽喉。

2008 年，国际粮价上涨，美国小布什政府顺势推出生物质能源战略，用玉米造酒精。表面上是为了以酒精替代石油，减少对进口石油的依赖，其实是为了抬高世界粮价。幸亏我国自 2004 年以来实行更为严格的耕地保护政策和激励种粮的农业政策，使得粮食生产连年增产，稳定了物价，也使我国免受那次国际性金融危机的冲击，实现了此后近十年的高速增长。因此，中国的粮食安全不能建立在大量进口的基础上，必须立足本国。

我国政府一直高度重视粮食安全。粮食安全既要藏粮于技，更要依靠藏粮于地。

毫无疑问，科技进步对我国粮食增产作用极大。但是应该看到，有些技术成果是与高投入相伴生的。比如，高产作物品种需要更多的养分供给。而提高养分供给就必须增加化肥用量。化肥用量大了，土壤养分势必提高，养分进入水体产生面源污染的风险就会进一步增大。因此，耕地保护不但可以保证作物播种面积来为粮食增产作出贡献，而且可间接地减少耕地化肥等投入，保护水环境。现有耕地中，除了那些有生态风险的或农民撂荒的耕地外，能保护的应该尽量保护。

为了保证粮食安全，我们不但要保护一定数量的耕地，而且还要利用好耕地。利用好，就是在不造成耕地退化和环境污染的前提下，尽可能充分发挥耕地的生产能力。现在已经有很多成熟的可持续利用耕地的技术，比如保护性耕作技术、节水技术、平衡施肥技术等。

同时，我们还要加大土地整治力度并进行高标准农田建设。通常，人们都把水土流失、土壤沙化、农业面源污染等一系列生态环境问题与土地开垦不当及耕地利用不当联系起来。人们只知道提高耕地质量就是提高单位面积农田的产量。

但很多人并不知道，通过土地整治工程提高耕地质量本身就是抵御水土流失、土壤沙化、农业面源污染等生态问题的有效手段。将坡耕地修建成梯田，可以防止水土流失，也防止了养分随径流水流失，且在一定程度上避免了河湖水质的富营养化。增加土层厚度和土壤有机质含量可以提升土壤的缓冲能力，使土壤防旱抗涝，减少养分流失，降低面源污染的风险。农田防护林建设配合保护性耕作，可以有效防止土壤沙漠化。

综上，我国对农产品的总需求（消费）已经有大约 1/7 依赖进口，如果再增加进口依存度，我们的风险会更大。因此，必须将粮食安全牢牢掌握在自己手中。耕地是粮食生产的基础，只有保护和利用好耕地，才能筑牢粮食安全长城。

（作者单位：中国农业大学土地科学与技术学院）

国际组织呼吁加强对国际农业研究的支持

本报讯（记者李晨）在 9 月 23 日联合国气候行动峰会前夕，国际食物政策研究所（IFPRI）发表了其所长樊胜根博士，环境、生产和技术部主任 Channing Arndt 博士关于应对气候变化挑战的简短声明。

他们在声明中紧急呼吁，由于威胁到农业食物系统和粮食安全，应当联合起来应对气候变化带来的挑战。

樊胜根指出，农业食物系统一直处于减少贫困、饥饿和营养不良行动中的核心地位。然而，农业食物系统面临着不断加重的气候影响，后者威胁着它养活不断增长人口的能力，同时，全球饥饿和粮食不安全状况再次加剧。此外，国际食物政策研究所的预测表明，如果不能妥善应对危机，气候变化可能导致 2050 年时全球 8000 万人面临粮食安全危机，这些人集中在亚洲、非洲、拉丁美洲和加勒比地区发展中国家。

“避免全球危机是可能的，但窗口正在关闭。”樊胜根说，现在迫切需要实施正确的循证政策和投资。为此所做的研究至关重要，特别是考虑到非洲农业研究资金减少可能会降低生产力，增加粮食不安全和营养不良，导致移民、森林砍伐和生物多样性丧失。

为了响应全球委员会的行动呼吁，全球最大的农业研究网络——国际农业研究磋商组织（CGIAR）需要得到更多的支持，以继续帮助全球 3 亿小农户以创造性的方式养活全世界，抵御气候变化的影响。

Channing Arndt 则强调，世界范围内的食物系统面临前所未有的生产、资源保护、气候变化适应和减缓的挑战，这些威胁着数十亿人特别是贫困人口的生计。不过，国际农业研究磋商组织拥有足够大规模的运作系统，并具备在受气候变化影响较大地区帮助人们成功应对危机的经验。因此，“国际农业研究磋商组织规模化是应对气候变化的现成而有力的杠杆”。

进展

一种真菌毒素以线粒体为攻击靶点

本报讯 近日，食品科学期刊《食品科学技术趋势》（*Trends In Food Science & Technology*）在线发表了华中农业大学兽医药理学与毒理学团队的综述性研究论文。论文在团队前期研究的基础上，结合大量实验数据和分析，系统论述了单端孢霉烯族真菌毒素与细胞线粒体的毒作用关系，指明了线粒体作为该类真菌毒素的一个新的毒性作用分子靶点。

单端孢霉烯族毒素是由镰刀菌产生的一类次级代谢产物，广泛存在于小麦、大麦、燕麦和玉米等多种谷物中，对动物和人类健康造成严重危害。早期研究认为，核糖体是该类霉菌毒素的作用靶点，产生核糖体应激反应。然而，后续研究揭示，该类毒素可能存在其它毒作用靶点，但线粒体是否为该类毒素的直接作用靶点尚不清楚。

该团队研究发现，单端孢霉烯族毒素能够引起线粒体特异的活性氧自由基 ROS 产生，并诱导线粒体膜电位降低以及线粒体通路依赖性的细胞凋亡。文章论述了该类真菌毒素引起的线粒体功能障碍，如引起线粒体生物合成抑制和能量代谢降低、线粒体基因表达异常和呼吸链功能受损，以及与线粒体相关的 miRNAs 表达变化、拮抗剂的研究进展等。

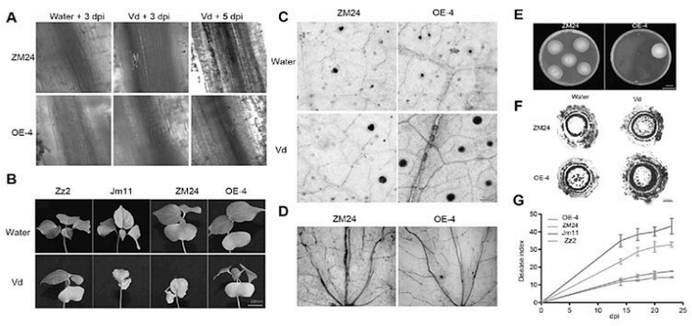
基于线粒体为分子靶点，研究人员还提供了拮抗单端孢霉烯族真菌毒素毒性的相关策略，为该类毒素的预防提供科学依据。 **（辛心榕）**

研究发现抗棉花黄萎病新基因

本报讯 近日，中国农业科学院棉花研究所研究员李付广团队对陆地棉核糖体蛋白基因 GhRPL18A-6 在棉花抗黄萎病过程中的功能和机制进行了系统研究。相关研究结果在线发表于《工业作物和产品》（*Industrial Crops and Products*）。

该研究团队发现，该基因能调控细胞壁合成、木质素合成等与抗病相关通路基因的表达，并在多个生长阶段提高转基因棉花的抗性水平。该研究为解析棉花黄萎病抗性提供了思路，并为抗病品种分子育种提供了新的抗病基因及种质资源。

棉花是世界上最重要的天然纤维材料。棉花黄萎病堪称棉花“癌症”，防治十分困难，每年由于黄萎病造成的损失高达数十亿美元，克服黄萎病已经成为棉花可持续发展的首要任务。陆地棉遗传背景狭窄，缺乏黄萎病抗性种质资源材料，通过传统育种方法很难在短期内培育出抗性品种。因此，挖掘抗黄萎病基因对改良棉花种植品种的黄萎病抗性具有重要意义。



研究人员通过干涉 GhARPL18A-6 基因的表达，使得棉花对黄萎病菌（大丽轮枝菌）表现出敏感性，结合基因在病菌侵染下的表达模式，证实 GhARPL18A-6 参与棉花的抗病调控。转基因植株的苗期抗黄萎病鉴定及连续两年的病圃成株期抗病鉴定表明，GhARPL18A-6 的过量表达能够增强棉花的黄萎病抗性。进一步研究发现，在大丽轮枝菌侵染条件下，转基因材料相对于受体材料，其木质部薄壁组织细胞壁的木质化及活性氧爆发均更为明显，茎秆及根中大丽轮枝菌的定殖量更少，一些与抗病相关的标记基因表达量有更为明显的上调表达。表达谱分析表明，转基因材料在接种大丽轮枝菌后引起不同于对照组的细胞壁合成、木质素合成、蔗糖代谢等相关通路基因的上调表达。

该研究得到国家自然科学基金和中国农科院科技创新工程支持。

（李晨）

相关论文信息：https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111742

环球农业

机会均等有助于消除饥饿

尽管全世界减少饥饿人口数量方面取得了不小的进展，但营养不良人口仍然占世界人口 1/9，超过 3000 万名 5 岁以下儿童体重达不到正常标准。2017 年全球范围内估计有 8.21 亿人营养不良。

到 2050 年，地球可能需要养活超过 20 亿人口，而满足其膳食需求的一种方法是通过农业集约化生产来增加粮食产量。然而，这将对环境造成不可避免的负面影响，例如空气污染、水污染、生物多样性减少、温室气体排放增加等。

同时，造成饥饿的原因更多是获得食物的机会不平等。即使在营养不良与肥胖现象共存的国家中，问题也不是出在农业生产的集约化方面。然而，在制定消除饥饿的策略时，人们往往会忽视这一事实。

最近，一项由奥地利国际应用系统分析研究所（IIASA）和日本国家环境研究所（NIES）合作完成的研究发现，减少不平等的食物获取机会是一种消灭饥饿人口的好方法，这种增加粮食产量之外的方法可以减少农业生产与环境保护之间的潜在冲突与矛盾。这一成果发表在《自然—可持续发展》上。

该研究表明，通过食品流动、学校供餐计划、食品券发放、收入支持计划、食品安全网等方式可以弥补饥饿人口的营养缺口，这在短期内可以通过政府针对性的支持来实现，而无需等待经济的增长。这种更为直接的策略被称为支持导向性的保障。在这种情况下，达成 2030 年消除饥饿的目标，意味着为额外的 4.1 亿人提供足够的食物，否则他们仍然会营养不良。而当我们仅关注营养的补充时，全球农业所需增加的粮食产量仅为 3%，这对环境产生的负面影响相当有限。

与其形成鲜明对比的是，以经济增长为导向的农业生产忽视了粮食分配的公平性，如果仅靠增加粮食总产量的方法来消除饥饿的话，这个数字为 20%左右。这意味着要额外增加 48 万公顷农业用地，造成温室气体排放量增加 5.5 亿吨二氧化碳当量。

“营养不足的问题不在于农业生产力，而是由当前的经济和政治问题所引发，既然如此，我们就没有理由不去解决它。”IIASA 生态系统服务和项目管理中心负责人、论文作者之一 Petr Havlik 说。

“如果将消除饥饿、增加粮食分配的公平性（如减少粮食浪费和过度消费）及农业研究相结合，就能在提高作物产量的同时减少对环境的负面影响。”论文另一作者 Tomoko Hasegawa 说，“我们的研究还表明，要实现多个目标，只有一项政策是不够的。我们不仅需要解决饥饿问题的政策，还要制定与食物浪费和过度消费有关的政策。” **（刘如楠编译）**

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41893-019-0371-6