



化肥作为粮食的“粮食”，是近现代工业革命最伟大的产物之一。英国洛桑试验站做过一项小麦长期种植试验，结果显示，在170多年时间里，不施肥的小麦亩产量只有100多斤，施有机肥的能达到200到300斤，施化肥的则可达1000斤，最高甚至可达近2000斤，证明化肥对粮食增产的作用十分惊人。我国之所以能用世界7%的耕地养活世界22%的人口，化肥功不可没。新中国成立初期，国际上曾把化肥视为战略资源，进口化肥生产装置和材料都异常困难。我们靠自力更生、艰苦奋斗，几经努力，先后取得了磷肥、钾肥和复合肥的技术突破。经过几十年的发展，现在我国已经拥有全球最丰富的化肥产品和最大的化肥生产能力。全球化肥生产企业70%在中国，中国化肥生产量约占全球的1/4，产值占全球的1/3强。如今，我国正在积极探索可以更加精准控制养分释放的高效氮肥、水溶性更高的聚磷酸铵等现代肥料生产技术，从全球化肥应用中心走向全球化肥创新发展中心。

但是，曾几何时，风光无限的化肥在一些人眼中，从增产增收的一大法宝变成了导致农业各种问题的一大“祸根”，米面不香怪化肥、水果不甜怪化肥、土壤污染怪化肥，甚至认为化肥全是毒，我们对化肥存在哪些误解？我们该如何科学合理使用化肥？我国化肥产业未来的强农之路在哪里？

化肥——粮食的“粮食”

化肥对粮食生产非常重要，化肥让我们有了足够的粮食，也让我们营养得到改善。今天我们每个人的饭碗里面，每年都可以盛480公斤的粮食，500公斤的蔬菜，185公斤的水果，60公斤以上的肉类等等，我们的生活过得非常美好，化肥功劳不小。

大家知道万物土中生，但是土壤常常不能为作物提供所有的、足量的营养，因为土壤里面的营养是不均衡的。在数量上，土壤的营养在不同的土壤里面，它的数量是不一样的，各种营养元素的量也不一样；在时空上，土壤的养分在土壤里面受物理化学条件的影响，它的有效性是有变化的。所以在作物需要多的时候，土壤不一定能够供应上，在作物不需要的时候它又释放出来，这个时候作物又不能利用它，所以土壤在养分的时空提供上也是有问题的。另外，土壤的养分是有限的，它不能一年又一年持续地为高产作物提供足量的营养。所以就必须施肥，如果不施肥，作物就会受到某些营养不足的影响。譬如在河北省曲周县，我们的试验地里面，12年不施用氮肥，土壤里面有一部分氮素的供应，但是这个氮素的供应量只能满足高产小麦需求量的1/3，这里的小麦就长得稀稀拉拉，产量很低。如果施了氮肥，得到了充足的营养，小麦就长得非常好，产量也非常高，肥料保证了作物的高产，所以肥料就是粮食的“粮食”。

化肥让我们吃饱，也让我们吃

要像“给孩子喂奶”一样用好化肥

□ 张福锁



张福锁，中国工程院院士、植物营养学家，农业农村部科学施肥专家指导组组长。他一直从事植物营养与养分管理理论及技术研究，在植物根际营养理论、农田和区域养分管理技术创新与应用方面，取得了系统的创新性成果。他创新氮素实时监控技术、磷钾恒量监控技术、测土配方施肥技术等，推动了全国农业化肥用量下降和利用率提升，促进了全国土肥技术进步。他凭借在中国节肥增效及绿色发展、世界农业可持续发展中的突出贡献，荣获2020年GCHERA世界农业奖，这是中国科学家首次摘得该奖项。

正确认识化肥

化肥是助推我国农业发展的一大决定性因素，可以说没有化肥就没有现在农业的发展，就没有14亿多人的丰衣足食。而当下，随着一系列环境问题的发生和凸显，“化肥”不断受到非议，一些负面影响被无限放大。甚至有人提出，“禁止使用化肥”“全面消灭化肥”。那么，施用化肥会影响农产品的品质吗？化肥到底有没有毒？环境污染真的是化肥的错？农业生产完全不用化肥可行吗？

为什么化肥无毒呢？譬如说氮肥是从大气里面取得氮气，经过化学反应，最后合成尿素。尿素这个产品98.6%是尿素，剩下的有不到0.5%的水分还有一点其他的有机成分，这些成分对人都是无毒的。还有很多肥料来自矿物，像来自矿物的磷肥、钾肥，它们的原料里面不仅含有磷、钾，而且含有其他的元素。譬如磷矿里面含有钙、镁、氟等元素，还有非常少量的重金属元素，但是这些元素在生产过程中，都是按照标准严格控制它们的含量。含量很少的重金属元素会不会造成土壤污染？事实上化肥不是土壤重金属污染的主要来源。因为化肥带入土壤中的重金属的量微乎其微，譬如说磷肥，含有一点点镉，但是每年每亩地带进去的镉只有0.14克。这些带进去的镉的量和我国土壤环境质量标准每亩地50克的标准相比，那是微乎其微的。

化肥带来的重金属会不会造成食品安全问题？会不会造成农产品重金属超标？中国农科院在山东连续26年施用化肥和有机肥，小麦籽粒里面带进去的重金属含量只有每公斤0.05毫克，跟

国家限量标准每公斤0.5毫克比，这个量也是微乎其微的。食物里面重金属的污染，不是化肥带来的。

化肥不会造成污染。化肥是提供营养元素的物质，它本身就是营养，包括氮磷等营养。但是如果施用的化肥里面的营养不能被作物全部利用，就有一部分营养跑到环境里面去，被环境里面的生物所利用。比如说，大家经常看到的水里面的藻类，利用了氮磷营养，使得藻类大量繁殖。一看到这个现象，大家都说这是化肥造成的，事实上这不是化肥造成的，这是氮磷营养造成的，是过量的、多余的氮磷营养跑到水里面去造成的水体富营养化。

化肥本身不是造成环境污染的罪魁祸首，是因为过量施肥，化肥用得

不合理，最后浪费损失到环境里面，造成了环境污染。化肥不能不用。过去因为我们的土地很瘠薄，又缺化肥，所以化肥就是个宝，化肥就是金子，如果能有一点化肥，那老百姓就高兴得不得了。那个时候民间就流传着，“水大粪勤，不用问人”“庄稼一枝花，全靠肥当家”。但是随着施肥量的增加，化肥的增产效果逐渐在下降。譬如在20世纪60年代，我们一亩地只施3斤氮肥，那时候每斤氮肥可以增产20斤粮食。但是到了20世纪80年代，我们一亩地施23斤肥，每斤氮肥只能增加10斤粮食。这就是典型的报酬递减率，随着化肥用量的增加，单位化肥增产的效应在下降，不是用的越多越好，而是适宜的用量才能产生最大的效益。

随着农业生产水平的提升，我们的土地越来越肥，土壤里面残留的养分比过去多得多，环境来源的养分也增加了很多。环境来源里面的养分，包括从大气里面沉降的养分、溉水里

面带来的养分。土壤残留的养分，可以为当季作物提供最少30%的营养，环境养分还可以提供约1/4的养分营养，这样最少可以减少20%以上的化肥用量，作物不但不会减产，而且会提高效益，减少环境排放，减少环境影响。譬如，我们把山东的小麦化肥氮减少了30%，不但没有减产，而且植物的群体更好，穗子更多，叶片里面的养分也都转移到穗子里面。最后减了30%的氮，还增产了16%，真正地实现了减肥增效、绿色增产这样一个好的效果。

用好化肥的关键是什么

我国化肥产业快速发展，化肥种类丰富、产品琳琅满目，成就卓著。目前我国有30余类肥料产品，包括14种必需矿质元素及其他有益元素肥料，且有固体、液体等多种剂型，能够适应不同施肥方式，满足了农业生产多种多样的需求，为保障国家粮食安全提供了强大支撑。2023年“中央一号文件”强调推进农业绿色发展，并提出加快农业投入品减量增效技术推广应用。化肥农药减量增效，一直是近几年我国农业发展中的一项重点工作。



用好化肥难度很大。给作物施肥，就像在家里喂孩子一样，必须做到“八个不”：不能多也不能少，不能深也不能浅，不能早也不能晚，不同的作物用不同的产品。

化肥这么难用，到底怎么科学施肥？怎么用好化肥？国家为了帮助农民普及科学施肥的技术和知识，开展了测土配方施肥的国家行动。测土配方施肥就是国家出钱为农民来测土，专家根据测土的结果来做肥料的配方，企业来生产配方肥，大家一起指导农民在自己的地里用好配方肥来实现科学施肥。从2005年至2020年，15年的时间，国家投入了130亿元的财政补贴，为全国15亿亩耕地做了测土，做了配方，使用了配方肥，使得我国粮食进一步增产，化肥过量使用得到遏制。

未来的化肥产业如何布局

化肥是国家粮食安全的压舱石。我国粮食安全的形势仍然非常严峻，根据海关总署公布的数据显示，我国2022年粮食进口量1.4687亿吨，其中玉米2062万吨、小麦980万吨、大麦538万吨、高粱1014万吨、大豆9108.1万吨。随着生活水平的提高以及经济的发展，我国粮食的刚性需求还在增加，肉蛋奶还需要增长。所以如果停用化肥，粮食就会大幅度地减产，粮食安全就会受到威胁。

化肥是工业革命最伟大的发明之一，也是粮食安全、营养健康、资源生态的重要物质基础。没有化肥就无法在现有的耕地面积上养活70多亿人口。我国2035年要实现农业农村现代化，必须要有化肥支撑。但同时化肥产业也是能源、资源代价比较高的产业。当前化肥产业远跟不上时代步伐，特别是对于农业绿色发展的需求，仍然停留在化工生产领域，没有将工业生产链和农业生产链联系在一起。化肥高消耗、高排放的生产方式也与我国碳达峰碳中和的生态文明建设整体布局相违背，化肥产业绿色转型迫在眉睫。

中国肥料产业已经是全世界最大也是最先进的产业。但是要在资源的全元利用、物质的循环利用、全产业链的升值利用等方面，进一步依靠科技创新来引领全球的肥料产业。在肥料的科学施用方面，智能化能够大幅度提高肥料的利用率，提高肥料的增产效率，减少肥料的损失，减少对环境的影响，为农业的绿色发展作出贡献。



更多精彩内容扫码看视频

营造尊重规律鼓励探索的良好创新生态

□ 陈劲

党的二十大报告明确要求，“培育创新文化，弘扬科学家精神，涵养优良学风，营造创新氛围”。我国已经进入创新型国家行列，正在加快建设科技强国，必须深化对创新发展规律、科技管理规律、人才成长规律的认识，营造尊重规律、鼓励探索的良好创新生态。

科技创新对经济增长和社会发展起到核心驱动作用，但存在风险高、成本高、成功率低等特性。如基础研究工作具有长期性、积累性、不确定性，这与对基础研究项目考核的短期性、时效性、精准性要求往往存在明显的冲突。在破解关键核心技术“卡脖子”过程中，我国面临“久攻不下”的基础材料、基础软件、核心工艺、关键零部件等基础性问题，需要科研攻关团队数年内持续进行数万次乃至数以百万计的研发试验。为此，我们要加强崇尚创新、宽容失败的文化环境营造，大力宣传科学理性精神和创新诚信意识，在全社会形成鼓励创造、追求卓越的创新文化，推动创新成为民族精神的重要内涵。同时，要倡导尊重规律、鼓励探索、百家争鸣、宽容失败的创新文化氛围，允许科学研究和创新活动的广泛探索和合理失败，营造良好的理解创新、支持创新的社会文化

氛围和环境。

科技管理和创新治理也要依照管理规律和治理规律进行调整。要

拿出更大的勇气推动科技管理职能转变，按照抓战略、抓改革、抓规划、抓服务的定位，转变作风，提升能力，减少分钱、分物、定项目等直接干预，强化规划政策引导，给予科研单位更多自主权，赋予科学家更大技术路线决定权和经费使用权，让科研单位和科研人员从繁琐、不必要的体制机制束缚中解放出来。面对高度不确定的科技创新活动，既要抓好系统布局、系统组织，做好“有组织的科研”，又要根据科技创新活动的不同阶段、不同成熟度开展更为动态、更为精准的科技评价体系。尤其对原创性强、周期性强、公益性高的科技创新活动，开展更抓本质、更重团队、更长周期等考评体系探索，为这类科技创新活动提供更好的发展保障，鼓励探索创新。要从顶层设计、管理体制、运行机制、要素配置、评价体系等统筹推进科技体制改革，健全有效市场和有为政府更好结合的新型举国体制，为科技创新营造良好好生态，形成高效率高质量高水平推进科技自立自强的强大合力。

当前，基础研究更需注重使命驱动和形成转型效应；技术创新更为关注颠覆性技术、前沿引领技术、未来技术；工程科技更多面向“大挑战”和“场景驱动”；产品创新呈现更为周期短、冲击强烈的“大爆炸”特征——全球进一步进入创新加速、创新非线性指数增长范

式。在这样的背景下，必须加快营造追求卓越、敢于领先的科研氛围，提升科技人员的使命感和责任感，实现更多使命驱动的科研和更具原创性的创新，把握大势、抢占先机，直面问题、迎难而上，通过原始创新实现科技超越和创新引领。

营造良好创新生态要从持续改进科技评价着手。要坚持质量、绩效、贡献为核心的评价导向，全面准确反映成果创新水平、转化应用绩效和对经济社会发展的实际贡献，引导科技创新高质量发展。面向世界科技前沿，抓住当今世界基础研究成果不断涌现的战略时机，以前沿科学、转型性基础研究领域的重大原创性成果引领全人类的科学事业，努力成为世界主要科学中心和创新高地。面向经济主战场，强化企业的创新主体地位，既要依靠科技推动传统产业升级，又要依靠科技引领战略性新兴产业、未来产业发展，以高质量的科技供给保障产业链供应链安全稳定，带动产业迈向中高端。面向国家重大需求，在战略必争领域补短板、建优势、强能力，提升科技自立自强对国家安全、“双碳”战略、乡村振兴、数字中国等强国战略目标体系的支撑能力。面向人民生命健康，强化科技的民生改善导向，切实保障人民生命健康。为此，对科技创新的评价也要在成果是否形成理论原创、核心技术破解、产业技术标



准形成、产品国际化推广等方面加大评价与监督，力求科技创新成果原创性高、辐射面广、影响力强。要大力培养“真创新”能力，形成尊重“真创新”、开展“真创新”的创新文化氛围，使科技创新赢得全社会广泛支持。

营造良好创新生态要不断优化人才发展环境。要坚决破除唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项，使企业家、科学家、工程师、技术员工、创客等各类科技创新人才安心、幸福地从事科技创新工作，为人才营造更好的创新环境。继续探索“揭榜挂帅”的开放式创新机制，以高水平科研性能指标“揭榜”，以“英雄不问出身”“挂帅”，

不断鼓励各类创新人才破除体制障碍，脱颖而出，为实现我国的高水平科技自立自强作出卓越贡献。不断完善优秀青年科技人才全链条培养体系和成长环境，加大国家重大科技项目、自然科学基金对青年科技人才的倾斜力度，让“科技创新的挑战性”成为青年人才成长的新动力，不断促进青年才俊奔涌而出，聚天下英才而用之。

（作者系清华大学技术创新研究中心主任）

