培育健康土壤,助力乡村振兴

朱永官[1,2],李宝值[3],吝涛[1]

1. 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室,厦门 361021
2. 中国科学院生态环境研究中心,城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085
3. 浙江省农业科学院,杭州 310021

摘要 土壤是最基本的自然资源,是粮食和生态安全的重要载体,也是乡村振兴的基石。阐述了培育健康土壤面临的挑战,分析了健康土壤在保障农产品质量安全、营养健康安全、生态系统健康和美丽乡村建设等方面所发挥的作用。从大健康(One Health)产业发展的视角,讨论了如何从基于健康土壤的生态产品的价值实现来助力乡村振兴,促进共同富裕。

关键词 健康土壤;健康农业;乡村振兴;大健康;绿色发展

万物土中生。土壤是人类食物最根本的源头,是农业发展最基础的自然资源。同时,土壤作为地球表层系统的重要组成部分,土壤生态系统具有多功能性,对粮食安全、环境安全、生物安全等具有至关重要的作用。因此,土壤资源的保护和利用是保障全球可持续发展的重要基础。土壤作为重要的自然资源,日益受到全球各级政府、科技界和公众的广泛关注。

对于人类生存与发展来讲,土壤首先要满足人类对食物的需求。2021年9月,联合国召开的全球食物系统峰会(Global Food System Summit)提出,食物系统的改变不但为了消除贫困,还为了减少膳食相关的疾病和拯救地球。全球可持续食物系统也对土壤资源保护提出了新的要求。正是在这样的背景下,国内外对土壤健康的关注与日俱增,成为研究的前沿和热点方向[1-2]。2015年国际土壤年的主题也被设定为"健康土壤带来健康生活"。本文主要围绕健康土壤培育如何推动乡村振兴展开讨论。

1 健康土壤培育面临的挑战

土壤保护与科学利用是乡村振兴的基础和前提,耕地保护的本质是对土壤的保护。然而乡村振兴过程中土壤保护与利用仍面临严重挑战。首先,中国人多地少,目前耕地面积约20亿亩,当前国家明确要守住18亿亩耕地的红线,即便如此人均耕地不足1.3亩。因此,中国每年进口的食物折算成

收稿日期:2021-10-31;修回日期:2021-11-20

作者简介:朱永官,研究员,中国科学院院士,研究方向为污染生态学,土壤生物学,电子信箱:ygzhu@rcees.ac.cn

引用格式:朱永官,李宝值,吝涛. 培育健康土壤, 助力乡村振兴[J]. 科技导报, 2021, 39(23): 54-58; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.23.008

的土地当量大约在8亿亩以上。第二,中国耕地质量不高,现有耕地中高达70%的土地仍属于中低产田[3]。在快速城市化和工业化的驱动下,耕地利用的时空变异较大,尽管严格实施“占补平衡”的政策,但是很多情况下被占的是肥沃耕地而补的是边际土地,导致耕地土壤质量进一步下降。第三,土壤环境污染风险加剧,一方面化肥、农药等农用化学品过度施用造成土壤污染、酸化、退化严重;另一方面,全球气候变化和现代农业技术在某种程度上也会导致土壤变质、有机质下降。因此,在乡村振兴过程中,在保护现有耕地的同时,下大力气保护和培育健康土壤,对提高农产品质量及其竞争力、改善乡村人居生态环境和促进乡村农民致富,具有十分重大的现实和长远意义。

2 健康土壤孕育“三农梦”

习近平总书记指出,“脱贫攻坚取得胜利后,要全面推进乡村振兴,这是‘三农’工作重心的历史性转移。”乡村振兴的目标是实现农业强、农村美、农民富的“三农梦”,《关于全面推进乡村振兴 加快农业农村现代化的意见》将其表述为农业高质高效、乡村宜居宜业、农民富裕富足。实现“三农梦”需要各类资源要素的支持,其中,健康土壤作为一种“自然资本”,则扮演着极其重要但常被忽视的角色。因为土壤是土地的本质和内涵,其本身不仅是乡村振兴的根本性物质基础,而且还能吸引金融、人力和社会资源等各类要素汇聚,并在与各类要素的有效结合与系统集成中释放出乘数放大效应。总体而言,农业更强是深化农业供给侧结构性改革、扩大优质农产品供给和农业提质增效的过程,这个过程离不开健康土壤或健康的土壤生态系这个源头的有利保障。农村更美是从村容美到生态美到健康美的过程,也是在乡村建设中贯彻落实习近平生态文明思想的过程,而健康土壤或健康的土壤生态系统是生态文明建设的空间载体;离开这个基础载体,所有的“美”将无所依托。农民更富是培育增收新动能和探索增收新路径的过程,也是深入践行“两山”理念的过程,而健康土壤的生态产品价值的实现,是其重要组成和关键所在。

3 农业更强:培育健康土壤,保障农产品安全健康

土壤环境质量是保障我们“吃的安全”的前提。由于采矿、冶炼、化工、污灌、农用化学品投入等造成土壤污染,将危害农产品安全和人体健康。土壤具有一定的消纳污染物的容量,一旦污染物的积累超过了土壤的容量,土壤的生态功能和农产品安全将可能严重受损。值得强调的是,土壤污染具有滞后性、隐蔽性和持久性,并且修复治理污染土壤难度极大、代价高昂。历史上,日本曾出现由于土壤和稻米镉污染诱发的人体“痛痛病”事件,教训惨重。近年来,南亚部分地区由于长期抽取砷污染地下水灌溉农田,导致水稻减产和稻米砷积累,可能形成土壤污染“定时炸弹”[4]。在关注传统土壤污染物的同时,还需要特别关注新型污染物,如药品与个人护理品(PPCPs)、微塑料和生物性污染。土壤生物污染包括土壤致病菌和抗生素抗性基因。最近的研究结果表明,长期集约化的土地利用方式显著增加人畜共患病原体的物种和数量,增加人畜共患病流行的风险。与此同时,全球范围内抗生素的大量使用甚至滥用,已导致环境中抗生素抗性基因的富集与传播,引发“超级细菌”的产生和扩散,加剧了对人体健康的风险[5]。污水灌溉和畜禽粪便施用等措施进一步富集了土壤中抗生素抗性基因,使得土壤-植物系统成为抗生素抗性基因的主要储库以及进一步传播与扩散的重要媒介。土壤中致病菌与抗生素抗性基因的叠加与互作,使得土壤生物复合污染的爆发风险更高、传播能力更强、破坏性更大。未来我们需要关注土壤化学污染和生物污染叠加形成的复合污染问题的形成机制,破解化学污染和生物污染协同控制的相关瓶颈性的技术,并形成系统解决方案。2016年,国务院发布实施《土壤污染防治行动计划》,是向土壤污染宣战的一项重大举措,对保护土壤环境质量,推进生态文明建设必将起到重要作用。

土壤环境质量还应该解决“吃得健康”的需求。“吃得健康”不仅要求食品中不含或少含有害物质,而且要求食品含有适量和平衡的人体必需营养成分。土壤是人体必需的矿质营养元素的主要来源。

由于成土母质和成土过程的影响,有些土壤缺乏某些人体必需的矿质营养。最典型的例子是硒,中国存在一个从东北到西南川藏高原的缺硒带,斜跨16个省或自治区,居住人口达1亿以上。这个地带的土壤和农产品硒含量较低,克山病和大骨节病是2个与缺硒相关的地方病,均出现在这个地带[6]。这些地方病主要发生在相对较为贫困的农民家庭,他们的食品种类少,来源单一,因此土壤缺硒很容易造成硒摄入量不足。此外,农业绿色革命以来,以追求产量为主要目标的育种和农艺措施却带来了农产品中矿质营养元素含量普遍下降的问题,造成了世界上相当多的人口尽管吃饱了,但是某些矿质营养元素摄入量仍然达不到健康要求而导致的"隐性饥饿"。研究表明,在模拟未来全球气候变化空气CO_2浓度增加的情景下,农产品中人体必需矿质养分含量显著降低,从而可能加剧人体矿质营养元素的缺乏[7]。因此,未来土壤质量的研究必须要兼顾质和量,协调土壤矿质营养元素的动态平衡和有效供给。

4 农村更美:培育健康土壤,改善乡村生态环境

除了解决粮食安全问题,土壤对于支撑健康的生态系统也发挥了根本性的作用。土壤本身具有特殊的物理、化学和生物过程,通过物质转化可以在一定的范围内消纳污染物,净化土壤环境,这是土壤所具有的十分重要的生态系统服务功能。因此,保护土壤环境,构建健康的土壤生态系统对于防止农村面源污染,解决废弃物资源化,改善农村整体生态环境都具有不可替代的作用。

不仅如此,越来越多的研究表明土壤生物多样性与功能多样性密切相关,较高的土壤生物多样性对维持生态系统功能的稳定性和韧性起着重要作用。土壤生物多样性对抑制土传植物病原菌和人畜共患病原菌极为重要。健康土壤(环境)微生物组对改善人体健康等都有重要的作用。最近一项来自芬兰的研究发现,利用自然土壤微生物组接种(以原始森林土壤及其凋落物或泥炭土为载体)幼儿园土壤可以提升儿童免疫力[8]。随着城市化进程的快速推进,未来需要特别关注城市-城郊区域土壤质量的改善,通过城乡共生,有效优化生产、生活和生态空间,为城市居民提供健康的农产品,并创造良好的生活环境,包括居住环境和室外运动的生态环境,如城市绿色空间和生态旅游空间等。

因此,通过改善和保护生物多样性,特别是我们看不见的踩在脚下的土壤生物多样性,来培育健康的土壤生态系统,对生态文明建设和美丽乡村建设,功莫大也。我们由此提出,未来的农田要公园化,公园亦可农田化,实现生产、生态和生活"三生"空间的有机融合。通过培育健康土壤,发展健康农业,最终支撑健康中国,这也十分符合大健康(One Health)的理念,即人类、动物、植物和环境共享一个健康的生态系统。

5 农民更富:培育健康土壤,实现生态产品价值

在乡村振兴与共同富裕战略交汇的新背景下,促进农民增收迫切需要新动能与新路径。习近平总书记提出的"绿水青山就是金山银山"理念为此指明了前进方向,提供了根本遵循。践行"两山理念"的关键路径在于做好"两山"转化这篇大文章。健康土壤作为一种与农民紧密相连的自然资本,能够提供供给、调节、文化、支持等丰富且重要的生态系统服务。因此,加快健康土壤的生态产品价值实现,就成为在新时代促进广大农民共同富裕的必然选择。

生态系统服务支付(PES)是健康土壤生态产品价值实现的必由之路。其难点在于,健康土壤提供的生态系统服务并非都是适用于市场交易的私人品,甚至大部分的调节和支持服务都是公共品。支付标的之属性差异决定了支付方式的差异,需要择宜选取市场交易、政府购买以及介于两者之间的混合路径等方式。此外,并非所有的生态系统服务支付都能自动发生并达到均衡,不合宜的支付甚至会对经济发展或居民收入产生负面影响,即所谓的"生态系统服务诅咒"。因此,健康土壤生态产品价

值实现的关键在于正确处理政府与市场的关系,既充分发挥市场在资源配置中的决定性作用,又更好发挥政府在制度设计、经济补偿、绩效考核和氛围营造等方面的主导作用,而这正是新时代中国特色社会主义市场经济体制的优越性所在。

进而言之,促进健康土壤的生态产品价值实现需要重点回答好2个问题。

1)如何使基于健康土壤的优质农产品获得更多支付?

由于信息不对称等原因,许多健康土壤对农产品品质的提升作用(如减少污染、增加营养)并未被价格机制充分识别,甚至在价格刚性约束下出现"劣币驱逐良币"的现象。对此,一种优化路径是:通过科学数据精准刻画和显化表达农产品的营养含量等优质属性,并以此为价值核心进行农产品品牌建设,同时开展标准体系、认证体系、追溯体系建设,从而更好地满足以营养健康为导向的食品消费需求和精准膳食需求,形成"科学管理+科学数据+科学故事"赋能的健康土壤生态产品价值实现新格局。在此过程中,数字赋能与制度重塑相结合的数字化改革能够提供强大动能,例如区块链等数字技术在生态产品质量追溯中的应用。

2)如何使基于健康土壤的优质生态环境获得更多支付?

一种是对健康土壤的生态环境贡献进行单独支付。重点是建立健全核算体系与交易体系。例如,生态系统生产总值(GEP)核算能够为生态系统服务支付提供参考依据,但目前多数的GEP核算并未包含生物多样性等与健康土壤密切相关的内容。此外,可以借鉴"千分之四全球土壤增碳计划"等国际做法与中国林业碳汇交易经验,研究将农业土壤碳汇纳入碳交易市场的路径与机制。另一种是对健康土壤的生态环境贡献进行整体支付。主要路径是农业多功能性的产业化开发,例如发展休闲农业、乡村旅游以及康养产业。以健康土壤与景观设施系统集成、协同利用、优势互补为特征的农田公园化和公园农田化是一种具有效率优势的有益探索。

6　结论

土壤是人类生存、发展、繁荣和健康的基础,也是促进农业农村农民发展的基础资源。尽管中国乡村土壤保护与开发仍面临巨大挑战,但我们认为以培育健康土壤为关键,进而培育健康的生态系统,提供健康的生态产品,不失为中国乡村振兴的一种崭新的绿色发展道路,也是践行习近平总书记生态文明思想的重要路径。我们需要从"土壤-食物-环境-健康"耦合系统的角度[9],依托科技进步,培育基于生态产品的乡村大健康产业,充分利用健康土壤的生态系统服务,加快乡村生态优势的产业转化,推动农业农村高质量发展,真正实现基于培育健康土壤做强乡村农业,通过保护健康土壤建设美丽乡村,依托健康土壤促进乡村共富。

参考文献(References)

[1] 朱永官, 彭静静, 韦中, 等. 土壤微生物组与土壤健康[J]. 中国科学: 生命科学, 2021, 51(1): 1-11.

[2] 张俊伶, 张江周, 申建波, 等. 土壤健康与农业绿色发展: 机遇与对策[J]. 土壤学报, 2020, 57(4): 783-796.

[3] 曹晓风, 孙波, 陈化榜, 等. 我国边际土地产能扩增和生态效益提升的途径与研究进展[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(3): 336.

[4] Stone R. Arsenic and paddy rice: A neglected cancer risk? [J]. Science, 2008, 321(5886): 184-185.

[5] Zhu Y G, Zhao Y, Zhu D, et al. Soil biota, antimicrobial resistance and planetary health[J]. Environment International, 2019, 131: 105059.

[6] 赵方杰, 谢婉滢, 汪鹏. 土壤与人体健康[J]. 土壤学报, 2020, 57(1): 1-11.

[7] Zhu C, Kobayashi K, Loladze I, et al. Carbon dioxide (CO_2) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries[J]. Science Advances, 2018, 4(5): eaaq1012.

[8] Roslund M I, Puhakka R, Grönroos M, et al. Biodiversity intervention enhances immune regulation and health-associated commensal microbiota among daycare children[J]. Science Advances, 2020, 6(42): eaba2578.

[9] Gu B J, Chen D L, Yang Y, et al. Soil-food-environment-Health nexus for sustainable development[J]. Research, 2021, 2021: 9804807.

Fostering healthy soil to push forward rural revitalization

ZHU Yongguan[1,2], LI Baozhi[3], LIN Tao[1]

1. Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China
2. State Key Lab of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China
3. Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China

Abstract Soil, as a fundamental natural capital, is of critical importance in food and ecological security, and therefore is the foundation of rural revitalization. This paper elaborates the current challenges on fostering healthy soils in China, then discusses the roles of healthy soil on safeguarding food safety and nutrition, ecosystem health as well as the development of beautiful countryside. Finally, from the view point of One Health framework, the paper provides insightful prospects on how to realize the value of ecosystem services associated with healthy soils, to promote rural revitalization, and to achieve common prosperity.

Keywords healthy soil; healthy agriculture; rural revitalization; One Health; green development

（责任编辑　祝叶华）