

# 土壤肥力提升原理与技术研究进展

王静静<sup>1</sup> 李红薇<sup>2</sup> 刘冰<sup>3</sup> 宋明晓<sup>4\*</sup>

1 吉林省农业科学院 2 成都香城投资集团有限公司 3 白山市农业信息中心

4 吉林省水利科学研究院

DOI:10.12238/eep.v5i6.1678

**[摘要]** 化肥过量施用带来了一系列的环境问题,土壤肥力问题就是其中之一。保障粮食安全是关系到我国经济和社会可持续发展的重要基础。在2021年12月25—26日召开的中央农村工作会议上,国家领导人强调,保障好初级产品供给是一个重大的战略性问题,耕地保护要求要非常明确,18亿亩耕地必须实至名归,农田就是农田,而且必须是良田。但据统计,截至2019年,我国仍有4.44亿亩耕地存在基础地力相对较差,生产障碍因素突出问题,需持续开展农田基础设施建设和耕地内在质量建设。充分科学地利用有机和无机养分资源,是保证我国农田生产力不断提高、作物持续增产和良好生态环境的关键,这一措施也与各国普遍推行的加快并鼓励有机肥投入、减少化肥施用的国家政策相一致。

**[关键词]** 土壤肥力; 提升原理; 技术

**中图分类号:** Q938.1+3 **文献标识码:** A

## Improvement Principle and Technology Research Progress of Soil Fertility

Jingjing Wang<sup>1</sup> Hongwei Li<sup>2</sup> Bing Liu<sup>3</sup> Mingxiao Song<sup>4\*</sup>

1 Jilin Academy of Agricultural Sciences 2 Chengdu Xiangcheng Investment Group Co., Ltd

3 Baishan Agricultural Information Center 4 Jilin Institute of Water Resources Science

**[Abstract]** Excessive application of chemical fertilizers has brought about a series of environmental problems, including soil fertility. Ensuring food security is an important basis for the sustainable development of China's economy and society. At the Central Conference on Rural Work held on December 25 to 26, 2021, the President Xi Jinping stressed that ensuring the supply of primary products is a major strategic issue. The requirements for farmland protection should be very clear. The 1.8 billion mu of farmland must be worthy of its name. Farmland is farmland and must be good farmland. However, according to statistics, as of 2019, 444 million mu of arable land in China still has relatively poor basic soil fertility and prominent production barriers, so it is necessary to continue the construction of farmland infrastructure and the internal quality of arable land. Making full and scientific use of organic and inorganic nutrient resources is the key to ensuring the continuous improvement of farmland productivity, the continuous increase of crop yield and a good ecological environment in China. This measure is also consistent with the national policy of accelerating and encouraging the input of organic fertilizer and reducing the use of chemical fertilizer, which is widely implemented in various countries.

**[Key words]** soil fertility; improvement principle; technology

### 引言

土壤肥力是土壤物理、化学和生物性质的综合反映,肥力高低直接影响作物的生长以及农业生产的结构、布局和效益。

#### 1 土壤肥力概念

土壤肥力(又称地力)是土壤的基本属性和本质特征,是农作物产量形成的物质基础,但是目前还没有统一的土壤肥力概

念,因为土壤肥力是随土壤科学的发展而逐步充实与完善的,是需要用综合观点和系统方法来研究的复杂问题,另一方面,土壤肥力的时空变异性也为评判土壤肥力带来了极大困难。关于土壤肥力概念的发展历程,土壤学家熊毅先生曾经有过详细的描述,“肥力”一词原先是由Fertility翻译过来的,原意只局限于营养物质的贮量,后来苏联土壤学家威廉士把水分也放进肥力

中去,20世纪50年代国内把肥力扩展为水、肥、气、热。从土壤肥力的综合观点出发,土壤肥力是土壤从环境和营养条件二方面供应和协调作物生长发育的能力,是有关农业生产的土壤理化生物特性的综合反映,且评价土壤肥力的因素及指标因时、因地、因作物和所要求的产量水平而产生变化。这种综合观点,强调了土壤营养条件、环境条件与植物生长三者的统一,表现了土壤对植物生长所需的水肥气热的供应和协调能力。这一观点至今仍然获得国内土壤科学专家的赞同。

## 2 土壤肥力评价的方法

对土壤肥力评价的方法主要包括单因子肥力评价标准和基于多因子的土壤肥力综合评价法。土壤肥力综合评价法主要包括模糊综合评判法、修正的内梅罗指数法、灰色关联度法等。单因子肥力评价标准就是依据第二次全国土壤普查的土壤养分分级指标和相关文献来评价单个肥力指标。模糊综合评判法是根据隶属函数的建立及权重系数的确定对多指标制约的土壤肥力作出总体评价的方法,基于隶属度值和权重计算的土壤肥力综合评价指数值可用于对土壤肥力进行等级分级。修正的内梅罗指数法是将评价指标的数据进行标准化处理,以消除各参数间量纲的差别,获得各评价指标的肥力指数后再计算土壤综合肥力指数。其中的各分肥力指数不仅表示养分含量的相对高低,也可用于推荐施肥。灰色关联分析是根据事物因素之间发展趋势的相似或相异程度来衡量因素间关联程度的方法,根据计算出的灰色关联度,可实现按照一定的标准进行土壤肥力的分级。灰色关联分析的优点是它对样本量的多少没有过多要求,也不需要样本典型的分布规律。

## 3 土壤肥力提升的技术措施

### 3.1 土壤微生物多样性

土壤微生物在矿物质分解、养分循环和团粒结构中起着决定性作用。它们对土壤微生态环境和气候变化很敏感,可以较早地发出土壤有机质变化的信号。根据营养水平,土壤微生物可以分为四类不同等级的生产者和消费者,按形态可以分为三类即原核、真核和无细胞结构的生物。在土壤生态系统中,种类不同的生物通常混合居住在一起,它们在生长繁殖的过程中对环境条件有着相似的要求,在生活过程中也存在着某些联系。虽然生物环境与土壤微生物之间因种而异、复杂多变,但是它们之间的关系主要有6种,即竞争、互生、共生、寄生、拮抗和捕食等关系。国内外许多学者对土壤微生物进行了相关研究,土壤微生物多样性研究的核心应该是在自然或干扰条件下土壤中微生物种群数量的增加或减少、遗传多样性、生理代谢和群落结构等方面。采取施肥措施可以使土壤肥力提高,如今,人类为了提高土壤肥力都会进行施肥处理,施肥处理已经成为当今农业种植中最常见的一项活动,并且效果十分明显。肥料的来源主要是化学肥料和家禽动物的粪便两种。在施肥的这个过程中,土壤肥力会得到提高,也会对微生物的群落数量变化造成影响,但是在总体上是呈现增加的趋势。化肥的添加会使土壤的某些化学性质发生改变,最终会影响土壤微生物的活动和群落结构的变化。添加肥料还

会通过影响土壤的物理性质改变植物生长的土壤环境,从而对土壤微生物群落结构带来间接影响。已有相关科学研究证明,土壤微生物的硝化速率会随着氮肥的添加而发生改变,也会明显提高作物的生产力,土壤肥力的变化会在长期施肥下表现的更加明显,但是单施肥对作物根系的效果优势不如混合施肥处理明显。土壤酶活性会受到施肥处理的影响,在长期施肥下,土壤酶活性会增强,使土壤养分转化能力提高。施肥能够使土壤基础呼吸增强,增加碳氮等营养物质的含量,肥力也就提高了,对土壤生态系统也具有更好的稳定作用。但是长期施肥会导致土壤中积累许多有毒物质,土壤中现有的某些微生物不能将这些有毒物质分解,会使土壤转氮的速率降低,对土壤微生物的多样性产生抑制作用。在长期条件下施加不同的肥会对微生物功能性带来如何影响,结果表明在长期施肥的条件下土壤微生物对碳源的利用能力会有所改变,施加肥料会提高丰富度和优势度指数。

### 3.2 推广腐植酸类肥料提高土地肥力

高强度利用导致黑土地质量退化,以土壤肥力下降最为明显。速效养分是土壤化学肥力的重要指标。在东北黑土玉米种植过程中,采用化肥减量15%~30%的情况下配合施用腐植酸生物肥400~600kg/hm<sup>2</sup>,与对照相比,土壤中碱解氮、速效磷和速效钾指标分别升高了8.2%~18.1%、17.1%~121.0%和9.6%~57.3%,保障了玉米后期生长的土壤养分供应能力,且表现出随着腐植酸生物肥用量的增加,土壤速效磷和钾活化效应更为显著,这可能与施用腐植酸后引起的土壤微生物种群多样性增加及土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性升高有关。以氮肥减量20%配施10t/hm<sup>2</sup>腐植酸为最佳施肥模式,与常规对照相比,土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别增加了5.69%、10.13%和7.58%,腐植酸的施用对土壤磷的活化效应最为明显,其次是钾、氮。随着腐植酸施用量的增加,土壤中氢氧化钠提取态无机磷(NaOH-Pi)、盐酸提取态无机磷(HCl-Pi)、Al-P和Ca-P含量均表现出升高趋势,说明土壤对磷的最大吸附量随着腐植酸施用量的增加逐渐提高,当腐植酸施用量为11.2%时,土壤对磷的储存容量较大而吸附强度较低,有利于土壤供给充足的磷养分于作物吸收,表现出较强的供磷能力,是典型的磷素活化剂。土壤中的钾可在土壤频繁的干湿交替中被固定在矿物晶体内部,不易释放,部分微量元素(如铁)容易被氧化、吸附等方式被土壤固定,影响其有效性。而施用活性腐植酸后,土壤中的磷、钾、铁、锰、锌、铜的有效性均有了明显的提升,其中土壤速效钾含量的增幅可达3.74%~10.57%。有“耕地中的大熊猫”之称的黑土地,由于人为和自然原因,近年来出现质量退化、肥力下降等问题,概括为变薄、变瘦、变硬,突出表现为黑土地耕作层土壤有机质含量下降、土壤物理性状变差、土壤生产力不稳定,这给国家粮食安全带来不利影响。已有大量研究表明,使用腐植酸类肥料可提高土壤有机质含量、改善土壤物理性质、增加养分供给、提高土壤肥力,值得在东北地区推广应用。

### 3.3 加大高标准农田及配套设施建设力度

高标准农田建设是提高生产力、保障粮食安全的重要措施。通过加大细碎化农田整理、实施地力培肥等措施,以及配套农田防护设施建设,大力加强高标准农田新增建设和改造提升,不仅能提高生产效率、降低生产成本,还能改善耕地质量,提高土壤肥力。

### 3.4 持续开展耕地质量等级调查与评价

建立健全耕地质量等级调查与评价体系,建设调查监测网络和数据平台。一是建设耕地质量监测点。继续做好国家级和省级耕地长期定位监测点(续建点)工作,开展立地条件、土壤剖面性状、土壤理化性状、土壤障碍因素、农田基础设施条件、土壤管理等方面的耕地地力和肥效监测。二是建设耕地质量调查点,在耕地质量调查点采样化验,及时掌握耕地状况。

### 3.5 使用土壤改良剂

土壤酸化的改良除了采取合理施用化肥、增施有机肥、合理灌溉、秸秆还田等农业措施之外,还可以采用土壤改良剂对土壤进行修复。

#### 3.5.1 使用石灰等无机改良剂

根据土壤特点,可以选用石灰、磷矿粉、粉煤灰、沸石等改良土壤。石灰的主要成分是氧化钙,可以中和土壤中氢离子,快速提高土壤的pH值,效果十分明显,同时也能提高养分的有效性。但石灰使用量过大容易导致土壤的板结,会导致土壤中的钙、钾、镁等营养元素失衡,对作物产生不良影响。因此在使用之前,需要测量土壤的pH值,pH值在5.0左右,可使用约150kg/667m<sup>2</sup>石灰,以此标准施用。另外,需要注意的是石灰的使用时间一定是在作物播种之前,避免石灰对作物的伤害。

#### 3.5.2 生物质炭

生物质炭是生物质在缺氧或无氧条件下发生热化学反应后产生的富碳固体物质。生物质炭具有丰富的孔隙结构,表面具有较多的含氧活性基团,可以中和土壤中过多的氢离子,提高土壤的盐基饱和度。同时,生物质炭多为碱性,可以作为土壤酸性改良剂使用,对于改善土壤结构和理化性质具有积极作用,相比于石灰,生物质炭更为温和安全,这使得生物质炭将逐渐替代石灰成为主要的酸性土壤改良剂。生物质炭的来源相对比较广泛,如玉米、高粱秸秆、稻壳、麦壳、山核桃壳等农业有机废弃物都可用于制作生物质炭,成本也相对较低。

## 4 土壤肥力提升关键理论与技术研究展望

无论生物炭还是商品有机肥,施入土壤后均是通过调节土壤物理、化学、生物、环境等特性实现了土壤肥力的提升,并最

终实现了作物高产和品质的改善。但是,二者的有机物料原材料均存在来源广泛和就地取材,以及制备工艺不同等问题,导致所含养分和其他物质差别较大,难以像化肥那样有相对稳定的物质组成,这给商品有机肥和生物炭的生产和使用以及市场的健康发展带来诸多不便,尤其是随着现代社会管理标准化趋势的发展,其矛盾更加突出。目前在生物炭的应用过程中,因缺少针对生物炭使用目的而研发的专用生物炭产品及其制备工艺,导致了部分生物炭还田后不能达到设定目标的问题,并产生了某些生物炭/作物组合后不利于植物生长的现象。

## 5 结语

土壤肥力在时间尺度上的变异主要源于人为因素,农业管理措施尤其长期施肥对土壤理化性状影响显著。在农业生产实际,需要注重应用增施有机肥、秸秆还田、采用保护性耕作等有助于提升土壤有机质含量的技术措施。

## 【参考文献】

- [1]房娜娜,刘凯,刘国栋,等.黑土肥力质量评价的生物指标研究进展[J].地质与资源,2020,29(6):518-524,542.
- [2]林卡,李德成,张甘霖.土壤质量评价中文文献分析[J].土壤通报,2017,48(3):736-744.
- [3]陈方正,任健,刘思涵,等.基于最小数据集的洞庭湖流域南部耕地土壤肥力综合评价[J].土壤通报,2021,52(6):1348-1359.
- [4]王杰,张春燕,卢加文,等.广安柑橘土壤养分状况及综合肥力评价[J].土壤通报,2021,52(6):1360-1367.
- [5]苗庆选,郭满,马海林,等.不同生态区核桃林地肥水管理及土壤肥力差异研究[J].中国土壤与肥料,2021,(1):296-302.
- [6]黄婷,王旭东,王彩霞,等.黄土高原沟壑区果园土壤质量现状评价[J].现代农业科技,2009,(21):212-214,216.
- [7]新华社记者.在新时代伟大实践中不断开辟马克思主义中国化时代化新境界[N].新华每日电讯,2022-07-31(002).
- [8]封志明,李香莲.耕地与粮食安全战略:藏粮于土,提高中国土地资源的综合生产能力[J].地理学与国土研究,2000,16(3):1-5.
- [9]李发东,岳泽伟.加强东北黑土地保护,实现粮食安全与固碳增汇协同发展[J].中国发展,2021,21(6):38.

## 通讯作者:

宋明晓(1991--),女,汉族,吉林省公主岭市人,硕士研究生,工程师,吉林省水利科学研究院,研究方向:水土保持。