



土壤活性有机碳的影响因素与综合分析

张淑香¹, 张文菊¹, 徐明岗^{1,2}

(¹中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/耕地培育技术国家工程实验室, 北京 100081; ²中国热带农业科学院南亚热带作物研究所, 广东湛江 524091)

Influencing Factors and Comprehensive Analysis of Soil Active Organic Carbon

ZHANG ShuXiang¹, ZHANG WenJu¹, XU MingGang^{1,2}

(¹Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National Engineering Laboratory for Improving Quality of Arable Land, Beijing 100081; ²South Subtropical Crop Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences (CATAS), Zhanjiang 524091, Guangdong)

土壤有机碳的数量和形态, 显著影响其在土壤中的转化, 与全球碳循环特别是全球气候变化密切相关, 为现代土壤学、环境科学等学科的研究热点。土壤有机碳(土壤有机质)也是土壤肥力的核心指标, 对土壤物理特性、化学属性、生物学特征及其生产力等起关键作用^[1], 一直是农学家关注的重点。但土壤有机碳变化是一个缓慢的生物地球化学过程, 为了能够清晰地揭示其变化和机制, 许多学者从土壤有机碳的周转特性和功能出发, 对有机碳的组成进行了广泛研究, 提出了活性有机碳的概念。活性有机碳是土壤有机碳的活性部分, 它是指土壤中活性较高、易被土壤微生物分解利用、直接参与植物养分转化和供应的那部分有机碳^[2], 主要包括溶解性(水溶性或盐溶性)有机碳、易氧化有机碳、微生物量碳及各级物理保护的团聚体中的有机碳组分。土壤水溶性有机碳, 顾名思义是土壤中能够被水溶解的有机碳, 是土壤有机碳中极为活跃且重要的组分, 尽管其含量很少, 但易被微生物吸收利用, 可直接参与土壤物理、化学、生物转化过程。近年来, 国际上流行的 STEWART 等^[3]和 SIX 等^[4]有机碳分组方法, 是采用对土壤扰动较小的物理分组将有机碳分为物理、化学和生物化学保护等不同

组分, 其中的物理组分具有较高的活性, 被称为活性有机碳。可见, 虽然土壤活性有机碳的测定方法和其组分不完全相同, 但他们具有共同的特点, 即活性有机碳与土壤有机碳的周转和生物有效性、土壤 CO₂ 释放、土壤养分转化等过程具有更密切的关系。

农田土壤活性有机碳不仅受气候和土壤属性的影响, 也受施肥、耕作、轮作等农业管理措施等因素的强烈影响。如施肥可以直接增加农田有机物料和养分输入, 通过提高作物产量、增加残茬或根系分泌物等途径来影响土壤活性有机碳的含量和组成。对我国 4 种典型农田土壤(黑土、潮土、红壤、水稻土)的活性有机碳研究显示, 与单施化肥相比, 无论是旱田还是水田土壤, 长期有机无机配施均可显著提高土壤水溶性有机碳含量及其所占比例; 秸秆还田处理的土壤, 水溶性有机碳也在一定程度上有所提升^[2,5-7]。土壤有机碳是土壤团聚体形成的重要物质基础, 能促进团粒结构形成。耿瑞霖等^[9]在潮土上的研究表明, 长期施用有机肥可显著提高土壤 2—0.25 mm 粒径团聚体含量, 降低 0.25—0.053 mm 粒径团聚体比例; 无机肥的施用增加了各粒级团聚体有机碳含量, 但对团聚体所占比例无显著影响。陆太伟等^[9]的整合分析研究揭示,

收稿日期: 2019-03-05; 接受日期: 2019-03-12

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201503120)、国家自然科学基金重点国际合作项目(41620104006)

联系方式: 张淑香, E-mail: xuminggang@caas.cn

施肥对各粒径团聚体有机碳含量的影响程度因土壤质地和种植制度而异, 施用有机肥对各级团聚体有机碳的提升幅度是同等条件下化肥的 4.6—9.2 倍。在同一条件不同粒径下, 一年两熟、旱地、砂土及黏土下施用有机肥对 2—0.25 mm 粒径团聚体有机碳含量的提升幅度显著高于其他粒径。配施有机肥更有利于农田土壤大团聚体的形成, 特别是在旱地及质地较轻的砂土中, 有机肥的配施尤为重要。

本专题汇聚的 5 篇文章, 基于我国主要土壤类型的长期试验, 分析了土壤活性有机碳对施肥(化肥和有机肥)的响应过程与机制, 主要包括施肥对土壤活性有机碳^[6-7]、土壤酶活性^[10]、土壤团聚体及其影响因素的综合分析^[11], 还对长期施肥对土壤溶解性有机碳氮含量的影响进行了整合分析^[12]。结果表明, 有机物料不同程度提升了土壤水溶性有机碳中各组分含量、增加了土壤酶活性、增强了土壤微生物分解代谢。本专题仅涵盖该研究领域一小部分内容, 希望借国家大力倡导推广秸秆还田、有机肥资源化利用、有机肥替代化肥提高肥料利用率等措施以提升土壤质量、确保粮食安全之契机, 推动土壤有机碳的深入研究。

References

- [1] 徐明岗, 张文菊, 黄绍敏. 中国土壤肥力演变. 2 版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2015.
XU M G, ZHANG W J, HUANG S M. *Variation of Soil Fertility in China*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2015. (in Chinese)
- [2] 徐明岗, 于荣, 王伯仁. 土壤活性有机质的研究进展. 土壤肥料, 2000(6): 3-7.
XU M G, YU R, WANG B R. Progress on the study of soil active organic matter. *Soil and Fertilizer*, 2000(6): 3-7. (in Chinese)
- [3] STEWART C E, PLANTE A F, PAUSTIN K R T, CONANT R T, SIX J. Soil carbon saturation: Linking concept and measurable carbon pools. *Soil Science Society of America Journal*, 2008, 72(2): 379-392.
- [4] SIX J, CONANT R T, PAUL E A, PAUSTIAN K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 2002, 241(2): 155-176.
- [5] 张璐, 张文菊, 徐明岗, 蔡泽江, 彭畅, 王伯仁, 刘骅. 长期施肥对中国 3 种典型农田土壤活性有机碳库变化的影响. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1646-1655.
ZHANG L, ZHANG W J, XU M G, CAI Z J, PENG C, WANG B R, LIU H. Effects of long-term fertilization on the changes of soil active organic carbon pools in three typical farmlands in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(5): 1646-1655. (in Chinese)
- [6] 魏丹, 蔡姗姗, 李艳, 金梁, 王伟, 李玉梅, 白杨, 胡钰. 黑土水溶性有机碳对有机物料还田的响应. 中国农业科学, 2020, 53(6): 1180-1188.
WEI D, CAI S S, LI Y, JIN L, WANG W, LI Y M, BAI Y, HU Y. The response of water-soluble organic carbon to organic material applications in black soil. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(6): 1180-1188. (in Chinese)
- [7] 李小磊, 张玉军, 申凤敏, 姜桂英, 刘芳, 柳开楼, 刘世亮. 长期施肥对红壤性水稻土不同土层活性有机质及碳库管理指数的影响. 中国农业科学, 2020, 53(6): 1189-1201.
LI X L, ZHANG Y J, SHEN F M, JIANG G Y, LIU F, LIU K L, LIU S L. The effects of long-term fertilization on the labile organic matter and carbon pool management index in different soil layers in red soil. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(6): 1189-1201. (in Chinese)
- [8] 耿瑞霖, 郁红艳, 丁维新, 蔡祖聪. 有机无机肥长期施用对潮土团聚体及其有机碳含量的影响. 土壤, 2010, 42(6): 908-914.
GENG R L, YU H Y, DING W X, CAI Z C. Effects of long-term application of organic manure and chemical fertilizers on organic carbon in aggregates of a sandy loam. *Soils*, 2010, 42(6): 908-914. (in Chinese)
- [9] 陆太伟, 蔡岸冬, 徐明岗, 高强, 孙楠, 张文菊. 施用有机肥提升不同土壤团聚体有机碳含量的差异性. 农业环境学报, 2018, 37(10): 2183-2193.
LU T W, CAI A D, XU M G, GAO Q, SUN N, ZHANG W J. Application of organic fertilizer to improve the difference of organic carbon content in different soil aggregates. *Journal of Agricultural Environment*, 2018, 37(10): 2183-2193. (in Chinese)
- [10] 郑凤君, 王雪, 李景, 王碧胜, 宋霄君, 张孟妮, 武雪萍, 刘爽, 席吉龙, 张建诚, 李永山. 免耕条件下施用有机肥对冬小麦土壤酶及活性有机碳的影响. 中国农业科学, 2020, 53(6): 1202-1213.
ZHENG F J, WANG X, LI J, WANG B S, SONG X J, ZHANG M N, WU X P, LIU S, XI J L, ZHANG J C, LI Y S. Effect of no-tillage with manure on soil enzyme activities and soil active organic carbon. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(6): 1202-1213. (in Chinese)
- [11] 张秀芝, 李强, 高洪军, 彭畅, 朱平, 高强. 长期施肥对黑土水稳性团聚体稳定性及有机碳分布的影响. 中国农业科学, 2020, 53(6): 1214-1223.
ZHANG X Z, LI Q, GAO H J, PENG C, ZHU P, GAO Q. Effects of long-term fertilization on the stability of black soil water stable aggregates and the distribution of organic carbon. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(6): 1214-1223. (in Chinese)
- [12] 李亚林, 张旭博, 任凤玲, 孙楠, 徐梦, 徐明岗. 长期施肥对中国农田土壤溶解性有机碳氮含量影响的整合分析. 中国农业科学, 2020, 53(6): 1224-1233.
LI Y L, ZHANG X B, REN F L, SUN N, XU M, XU M G. Effects of long-term fertilization on soil dissolved organic carbon and nitrogen content in Chinese farmland: Meta-analysis. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(6): 1224-1233. (in Chinese)

(责任编辑 李云霞)