

# Influencing Factors of Content of Organic Carbon in Cultivated Soils of Yellow Soil and Suggested Countermeasures

Zhen Guo<sup>1,2,3\*</sup>, Yangjie Lu<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co. Ltd./Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Natural and Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi  
Email: 675334047@qq.com

Received: May 28<sup>th</sup>, 2019; accepted: June 12<sup>th</sup>, 2019; published: June 19<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Soil organic carbon pool is the most active and important carbon pool in terrestrial ecosystem, and it is also the important material foundation of soil fertility and basic soil fertility. Through consulting and analyzing a great deal of literature about organic carbon in yellow soil, this paper summarizes the research results at home and abroad. The results showed that there were natural factors (climate, topography, vegetation) and human factors (fertilization management measures, land tillage methods) for the organic carbon content of yellow soil, and it was found that there were positive and negative effects on the organic carbon content in yellow soil. This paper also introduces the research on the single factor of organic carbon in yellow soil, and the effect of many factors on the study of organic carbon. The coupling relationship is rarely reported, and the future research and content enhancement of organic carbon are analyzed.

## Keywords

Yellow Soil, Organic Carbon, Influencing Factors, Promotion Countermeasures

---

# 黄壤有机碳含量的影响因素研究进展及提升对策

郭 振<sup>1,2,3\*</sup>, 卢垟杰<sup>1,2,3</sup>

\*第一作者。

<sup>1</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司/陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>自然资源部 退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

<sup>3</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 675334047@qq.com

收稿日期: 2019年5月28日; 录用日期: 2019年6月12日; 发布日期: 2019年6月19日

## 摘要

土壤有机碳库是陆地生态系统中最活跃和最重要的碳库,同时又是土壤肥力和基础地力的重要物质基础。本文通过查阅分析大量有关黄壤有机碳的文献资料,通过对比分析,总结国内外有关研究成果。研究结果表明:对黄壤有机碳含量因素有自然因素(气候、地形、植被)和人为因素(施肥管理措施、土地耕作方式),发现其影响因素的存在对有机碳含量有正向和负向影响,还介绍目前在有机碳研究中只针对黄壤有机碳单因素影响的研究,进行多因素影响下的耦合关系还鲜有报道,最后还对有机碳未来研究及含量提升做出展望分析。

## 关键词

黄壤, 有机碳, 影响因素, 提升对策

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土壤有机碳库是陆地生态系统中最活跃和最重要的碳库[1],同时又是土壤肥力和基础地力的重要物质基础[2]。据估计,全球陆地土壤碳库量为1300 Pg~2000 Pg,其中土壤碳库大约有1550 Pg有机碳和750 Pg无机碳(0 m~1 m土层),是大气碳库的3倍,陆地植被碳库的2~3倍,成为地球表层最大的有机碳库,在全球碳循环中起着关键作用[3]。农田土壤碳库是土壤肥力及环境质量状况的重要特征,是制约土壤理化性质的关键因素[4]。其是土壤质量和功能的核心,也是营养元素生物地球化学循环的主要组成部分,其数量和质量影响着土壤的物理、化学和生物学特征及其过程,控制和影响着植物初级生产量,是土壤质量评价和土地可持续利用管理中必须考虑的重要指标。中国表土平均有机碳密度仅为欧盟平均值的70%~75%,这种低土壤碳密度的国情为未来中国农业土壤的培肥和固碳减排提供了巨大的空间,也为可持续农业生产体系的发展和增强应对气候变化的能力提供了自然潜力[5]。已有研究表明,土壤有机质增加的农业土壤固碳可以达到增产与减排的双赢效应[6],而且也为稻田长期试验的生产力变化所证实[7][8],可以作为未来应对气候变化的农业战略选择[2]。

黄壤是亚热带主要地带性土壤类型,全国25.3%的黄壤集中分布在贵州,其面积分别占贵州国土面积和土壤面积的41.9%和46.4% [9][10],是贵州主要的农业土壤类型,在贵州农业生产中发挥着重要作用。但黄壤富铝化作用和水化作用致使黄壤质地粘重,各种理化性质较差,生产力低下,因此,深入认识不同耕作环境和施肥条件下黄壤有机碳量动态变化及其控制过程,对实现黄壤类土地资源可持续利用有极其重要的意义。

## 2. 黄壤有机碳含量影响因素

土壤有机碳的含量由输入有机碳和输出有机碳的平衡所决定[11], 土壤有机碳平衡过程较复杂, 受土壤属性、气候、地形地貌、植被等自然因素和施肥管理措施、耕作方式等人为因素影响。

### 2.1. 自然因素

#### 2.1.1. 气候因素

气候对黄壤有机碳的影响, 主要表现在气温, 降雨量两个方面。温度对土壤中微生物的活性影响是对土壤中有机碳含量变化有正面的影响。在适宜的温度下, 微生物可以增加土壤中有机质矿化, 加速土壤有机碳的消耗; 同样某些固氮微生物也可能会大大增加土壤的固碳作用。黄壤属亚热带地带性土壤, 土壤养分含量相对较低, 土质酸、瘠、板、实程度较为严重。贵州耕地多以山地为主, 土地坡度较大加之土层浅薄, 土壤冲刷严重, 土壤有机碳流失强度大[12]。因此, 气候因素中, 较高的温度, 土壤生物活性更高, 有机质矿化作用越强, 不利于有机碳的积累, 低温条件下生物活性降低, 矿质化作用减弱, 有利于有机碳向累积方向移动; 短时的强降雨不利土层土壤的保护, 强降雨的冲刷直接破坏浅层表土, 使土壤有机碳随之流失。

#### 2.1.2. 地形因素

惠辽辽等人[13]认为, 在山地立地下, 地形起伏对土壤理化性状的分异有很大影响, 尤其是坡度和海拔。另外, 坡度的大小又在很大程度上为成土过程中人为活动的介入以及成土后人为管理实践的开展提供了便利, 因此, 坡度对土壤 SOC 的空间变异具有很大影响。坡度越大, 其土壤更易受到人为活动和径流的影响, 是有积碳发生负向积累; 而坡度较缓土壤易于进行人为管理, 是有机碳积累向着正向发展, 因此, 土地坡度与有机碳积累呈负相关关系。王峰[14]认为海拔因子可能通过影响温度和水分条件来控制土壤有机碳的积累。不同海拔高度其温度和水分条件各不相同, 对土壤中微生物活性也各不相同。另外, 地形土壤以重要的成土因素, 海拔不同其可能形成不同的土壤亚类。其泥质黄壤较砂质黄壤更有利于有机碳的积累。

#### 2.1.3. 土壤因素

物理性状: 王平等[13]研究表明土壤容重、孔隙度, 等对 SOC 的影响呈显著负相关关系, 且 SOC 随容重增加、孔隙度增大而降低。这是由于土壤容重直接影响土壤通气性、孔隙度及植物根系的生长和发育, 而土壤的通气性能又与土壤微生物的活性有关, 通气越好, 微生物活性越高, 土壤有机质有机碳的消耗越快; 较好通气性能有利于根系生长发育, 土壤有机质消耗也有一定贡献。

化学性状: 王峰[14]、周萍[15]、张雅蓉[15]等认为, 有机物碳的分解速率依赖于有机质的化学组成、土壤理化性状及水热因子等。土壤有机碳与 C/N 比之间存在显著或极显著正相关性, 土壤碳氮比与有机质的分解速度呈反比, 低 C/N 比土壤具有较快的矿化作用, 反之, 高 C/N 比有机质含量较高, 肥力较持久。因此保持土壤较高 C/N 有利于土壤有积碳累积。

#### 2.1.4. 植被因素

植被对有机碳影响主要表现外源有机碳输入。通过凋零物及残枝落叶的养分归还来增加土壤有机碳的含量。在不同植被类型下黄壤地区的固碳能力及有机碳稳定性较弱, 土层浅薄易被人为干扰引发有机碳流失, 土壤质量存在下降或退化风险。有研究表明土壤有机碳的含量在不同植被类型下具有显著性差异, 且春秋两季的有机碳含量高于夏冬两季。随着黄壤类型地区的植被破坏, 土壤微生物量降低, 碳源平均利用率降低[10]。

## 2.2. 人为因素

### 2.2.1. 施肥管理措施

施肥对于土壤碳的可矿化量, 微生物 C、N 含量及微生物活性具有重要影响。多数研究表明, 长期施用有机肥, 能够提高土壤活性有机碳含量[11]-[16], 这主要是施用有机肥为土壤微生物提供了碳源[17], 加速了土壤生物代谢活动, 促进了土壤腐殖质形成的结果[18]。张雅蓉[11]的研究表明, 在长期水、热、气等环境条件一致情况下, 较偏施或者单施化肥处理, 有机肥与化肥合理配施及氮磷钾肥协调施用可明显增加土壤有机碳含量、碳积累量。李渝[19]等人的研究表明, 施用化学肥料的黄壤耕层有机碳表现为亏缺, 且比不施肥处理表现得更加突出。其结果表明施用长期化肥, 可能造成黄壤结构的破坏, 造成有机碳呈现负增长, 而随着有机肥使用量增加, 土壤结构改良效果越发显著, 有机碳的积累量也在随着有机肥的增加而增长。有机肥与化学肥料的配合施用不仅是为了保护土壤结构和增加土壤的肥力, 而且还能满足当季作物生产的需要。

### 2.2.2. 土地耕作方式

土地耕作方式改变影响土壤的功能和性质, 主要通过影响土壤有机质含量和土壤结构稳定性[20]。农业活动改变了土壤团聚体的结构和数量, 并提高了土壤温度[21], 影响了有机质的物理稳定性, 土壤的侵蚀在土壤有机碳动态变化中有重要作用[22]。自然生态系统转变为农田生态系统多数是增加了侵蚀强度和数量[23], 使土壤有机碳损失加剧。不合理的土地利用方式引起的土壤有机质损失为 16%~77%, 平均为 29% [24]。Lal [25]指出土壤中大约 60%~70% 的已经损耗的碳可通过采取合理的农业管理方式和土壤弃耕恢复而重新固定。这些方法包括土壤弃耕恢复、免耕、冬季作物秸秆覆盖、合理选择作物轮作、利用生物固碳、减少夏季耕作等。陈文超[26]等人研究表明, 相比于常规翻耕, 2 年或 4 年翻耕 1 次的间歇性翻耕和全免耕处理 0 cm~5 cm 土层土壤总有机碳含量分别提高了 2.40%、2.80%、16.00%。保护性耕作措施有利于表层 0 cm~5 cm 土层中碳储量的增加, 免耕条件下“养分表聚”的负面效应可通过间歇性翻耕得到改善。胡岗[27]等人研究表明, 黄壤坡耕地土壤有机碳含量变化以优化施肥 + 横坡垄作 + 秸秆覆盖、优化施肥 + 横坡垄作处理的增幅较大, 分别较 CK 增加 44.4% 和 39.5%。优化施用氮肥 + 横坡垄作 + 秸秆覆盖、优化施用氮肥 + 横坡垄作能减少土壤养分流失和提高土壤有机碳及其氮素的含量, 对黄壤坡耕地的生产力和提高作物的产量具有重要意义。

## 3. 结论与展望

土壤有机碳的含量取决于有机碳输入量和有机碳的输出量的平衡量。因此, 提高土壤固碳能力和潜力, 要从碳库和碳流两方面考虑, 通过人为干预和管理等措施促使土壤碳库和碳流向有利于土壤碳积累的方向发展。从碳库看, 关键在于提高土壤的最大碳储量和碳积累效率; 从碳流来看, 关键在于增加碳库输入效率, 降低输出速率, 延长碳在土壤中的保留时间。对于具体的人为干预固碳措施而言, 最为重要的是土地利用的变化, 也就是土壤生态系统类型转变所达到的固碳效果。笔者针对贵州黄壤有机碳研究提出展望: 1) 贵州黄壤地区作为我国为数不多的污染较小地区, 如何合理开发利用以及保护土壤碳库资源, 尽量避免重复东部地区先开发后治理的发展模式, 打造生态之城, 已经是时候值得我们思考。2) 在贵州黄壤地区多为丘陵山地, 每遇降水, 土壤中的有机碳都会随着流水被带向低洼地带, 如水土流失一般。而高处的土壤却只能得到养分较差的岩石风化产物, 加之山顶植被较少土壤有机碳更加不易固定。因此, 探寻如何增加山体固碳能力, 不仅对提高山腰与河漫滩上农田的肥力有利, 还可以提高植被覆盖率, 增加山体稳定性, 改善生态环境。3) 西南地区对土壤有机碳的研究比较多, 不仅关注土壤总有机碳的数量, 而且还关注其质量, 及他们的组成或组分及其稳定性等, 因此后期研究者可从化

学结构、溶解性、氧化性、比重等方面对土壤有机碳展开分组研究。

## 参考文献

- [1] 王岩松, 李梦迪, 朱连奇. 土壤有机碳库及其影响因素的研究进展[J]. 中国农学通报, 2015, 31(32): 123-131.
- [2] Falkowski, P., Scholes, R.J., Boyle, E., *et al.* (2000) The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System. *Science*, **3**, 115-130.
- [3] 郭振, 王小利, 段建军, 等. 长期施肥对黄壤性水稻土有机碳矿化的影响[J]. 土壤报, 2018, 55(1): 225-235.
- [4] 程立平, 赵玉明, 刘沛松. 豫西低山丘陵区不同植被修复模式下土壤养分评价[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 423-426.
- [5] 潘根兴. 中国土壤有机碳库及其演变与应对气候变化[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(5): 282-289.
- [6] 潘根兴, 赵其国. 我国农田土壤碳库演变研究: 全球变化和国家粮食安全[J]. 地球科学进展, 2005, 20(4): 384-393.
- [7] Pan, G.X., Zhou, P., Li, Z.P., *et al.* (2009) Combined Inorganic/Organic Fertilization Enhances N Efficiency and Increases Rice Productivity through Organic Carbon Accumulation in a Rice Paddy from the Tai Lake Region, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **131**, 274-280. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.01.020>
- [8] Béghin-Tanneau, R., Guérin, F., Guiesse, M., *et al.* (2019) Carbon Sequestration in Soil Amended with Anaerobic Digested Matter. *Soil & Tillage Research*, **192**, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.024>
- [9] 贵州省土壤普查办公室. 贵州省土壤[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994.
- [10] 罗海波, 刘方, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化地区不同植被群落的土壤有机碳变化[J]. 林业科学, 2009, 45(9): 24-28.
- [11] 张雅蓉, 李渝, 刘彦伶, 等. 长期施肥对黄壤有机碳平衡及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 2016, 53(5): 1275-1285.
- [12] 徐阳春, 沈其荣, 冉炜. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响[J]. 土壤学报, 2002, 39(1): 89-95.
- [13] 王平, 李凤民, 刘淑英. 长期施肥对土壤生物活性有机碳库的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 224-228.
- [14] 徐明岗, 于荣, 孙小凤, 等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料科学报, 2006, 12(4): 459-465.
- [15] 吕艳超, 詹志杰, 王小利. 长期施肥下黄壤水稻土对可溶性有机碳的吸附特征[J]. 耕作与栽培, 2016(3): 4-7.
- [16] 张雅蓉, 李渝, 刘彦伶, 等. 长期施肥对西南黄壤碳氮磷生态化学计量学特征的影响[J]. 土壤通报, 2016, 47(3): 673-680.
- [17] 高崇升, 王建国. 黑土农田土壤有机碳演变研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6): 1468-1474.
- [18] 许仁良, 王建峰, 张国良, 等. 秸秆、有机肥及氮肥配合使用对水稻土微生物和有机质含量的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3584-3590.
- [19] 李渝, 罗龙皂, 何昀昆, 等. 长期施肥对黄壤性水稻土耕层有机碳平衡特征的影响[J]. 西南农业学报, 2014, 27(6): 2428-2431.
- [20] Sagar, S., Yeates, G.W. and Shepherd, T.G. (2001) Cultivation Effects on Soil Biological Properties, Microfauna and Organic Matter Dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol Soils in New Zealand. *Soil & Tillage Research*, **58**, 55-68. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00184-7](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00184-7)
- [21] 李鉴霖, 江长胜, 郝庆菊. 土地利用方式对缙云山土壤团聚体稳定性及其有机碳的影响[J]. 环境科学, 2014, 35(12): 4695-4704.
- [22] Dejong, E. and Kochanoski, R.G. (1988) The Importance of Erosion in the Carbon Balance of Prairie Soils. *Canadian Journal of Soil Science*, **68**, 111-119. <https://doi.org/10.4141/cjss88-010>
- [23] Johannes, M.H.K. and David, T. (2000) Dynamics of Soil Nitrogen and Carbon Accumulation for 61 Years after Agricultural Abandonment. *Ecology*, **81**, 88-98. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0088:DOSNAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0088:DOSNAC]2.0.CO;2)
- [24] Mank, L.K. (1986) Changes in Carbon Storage after Cultivation. *Soil Science*, **142**, 279-288. <https://doi.org/10.1097/00010694-198611000-00006>

- 
- [25] Lal, R. (2002) Soil Carbon Dynamics in Cropland and Rangeland. *Environmental Pollution*, **116**, 353-362.  
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00211-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00211-1)
- [26] 陈文超, 徐生, 朱安宁, 等. 保护性耕作对潮土碳、氮含量的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(9): 224-230.
- [27] 胡岗, 秦松, 范成五, 等. 3 种不同管理措施黄壤坡耕地的有机碳与氮养分[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2630-2636.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)