

Effects of Different Proportions of Soft Rock Addition on Carbon and Nitrogen Contents in Sandy Soil

Zhen Guo^{1,2,3}, Juan Li^{1,2,3,4}

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

²Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural and Resources, Xi'an Shaanxi

³Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Key Laboratory of Land Consolidation, Xi'an Shaanxi

Email: 675334047@qq.com

Received: May 7th, 2019; accepted: May 21st, 2019; published: May 28th, 2019

Abstract

This study was based on the soft rock and sand complex ratio test plots. The four treatments of soft rock to sand volume ratios of 0:1 (CK), 1:5 (C1), 1:2 (C2) and 1:1 (C3) were selected, and the carbon-nitrogen ratio (C/N) was mainly analyzed. The results showed that the soil organic carbon decreased with the increase of soil depth, and the organic carbon content of each compound ratio treatments in the 0 - 10 cm soil layer was significantly higher than that in the CK treatment. The results show that soil organic carbon decreases with the increase of soil depth, and the average value is between 3.10 - 3.53 g·kg⁻¹. The organic carbon content of 0 - 10 cm soil layer compounding treatment was significantly higher than that of CK treatment and the highest treatment with C3. There was no significant difference in the organic carbon content of all treatments in the 10 - 20 cm soil layer and the 20 - 30 cm soil layer. The average value of total nitrogen was between 1.52 - 1.90 g·kg⁻¹ and the total nitrogen content in 10 - 20 cm soil layer was the largest. The total nitrogen content in the 10 - 20 cm soil layer was significantly higher than that in the 0 - 10 cm and 20 - 30 cm soil layers. The range of C/N in the 0 - 10 cm, 10 - 20 cm and 20 - 30 cm soil layers is 1.58 - 3.53, 1.41 - 2.85 and 1.49 - 2.49, respectively. The average C/N of 0 - 10 cm soil layer is the highest and significantly higher than other soil layers, 20 - 30 cm, and 10 - 20 cm lowest. The average C3 treatment is lower than other treatments. Therefore, this study shows that the ratio of soft rock to sand volume was 1:1, which can enhance the degradation of microorganisms and promote the accumulation of carbon and nitrogen in the surface soil of 0 - 10 cm.

Keywords

Compound Soil, Organic Carbon, Total Nitrogen, Carbon to Nitrogen Ratio

不同比例砒砂岩添加对沙土中碳氮含量的影响

郭 振^{1,2,3}, 李 娟^{1,2,3,4}

¹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

²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

³陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治重点实验室, 陕西 西安

Email: 675334047@qq.com

收稿日期: 2019年5月7日; 录用日期: 2019年5月21日; 发布日期: 2019年5月28日

摘 要

本研究主要以砒砂岩与沙复配比小区为基础, 选择砒砂岩与沙体积比分别为0:1 (CK)、1:5 (C1)、1:2 (C2)和1:1 (C3)的四个处理, 主要分析其碳氮比(C/N)的分布特征。结果表明, 土壤有机碳随着土层深度的增加而降低, 平均值介于3.10~3.53 g·kg⁻¹之间, 0~10 cm土层复配比处理有机碳含量显著高于CK处理且以C3处理最高($P < 0.05$)。在10~20 cm土层和20~30 cm土层中, 所有处理下的有机碳含量均无显著差异。全氮平均值介于1.52~1.90 g·kg⁻¹之间, 平均以C3处理含量最高, 且10~20 cm土层全氮含量最大。10~20 cm土层全氮含量显著高于0~10 cm和20~30 cm土层。C/N在0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层的范围分别为1.58~3.53、1.41~2.85和1.49~2.49, 平均以0~10 cm土层C/N最高且显著高于其他土层, 20~30 cm次之, 10~20 cm最低。C3处理平均值低于其他处理。因此本研究得出砒砂岩与沙体积比为1:1时可增强微生物的降解作用, 促进0~10 cm表层土壤碳氮的积累。

关键词

复配土, 有机碳, 全氮, 碳氮比

Copyright © 2019 by author(s) 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

土壤有机碳作为土壤肥力的主要物质基础, 在土壤物理化学以及生物学进程中起着不可或缺的调控作用, 不仅占有养分转换利用的核心位置, 也是陆地生态系统碳库和氮库的重要枢纽[1] [2]。土壤有机碳和氮素作为植物生长发育的基本营养元素, 不仅是土壤养分循环转化的核心, 也是陆地土壤碳库和氮库的重要组成部分, 其含量变化是土地利用方式下土壤质量和土壤肥力演变的重要标志, 直接影响着土壤肥力和作物产量的高低。因此, 研究砒砂岩与沙复配土中 C/N 可以为农田养护管理及种植模式的筛选提供理论借鉴意义。

目前, 对 C/N 研究主要集中在不同土地利用类型的农田生态系统[3], 而对于人为改造后的重构土体则研究不足。Hyvonen 等[4]对北欧 15 个观测站土壤的碳稳定性和氮储量之间的研究指出, 氮素投入量的增加

可以减少有机碳的矿化损失, 间接促进有机碳的储存与累积, 而通过施用有机肥等有机碳直接输入途径又可在一定程度上促进氮素的累积与保持, 可见碳氮之间相互依存, 有一定的耦合关系。在干旱、半干旱地区, 地表自然植被稀疏, 土壤中微生物分解能力下降, 土壤退化严重, 致使土壤中有机碳含量下降, 水稳性土团聚体少, 土壤紧实度等物理状态变差, 细土壤颗粒丢失, 土质变差, 向荒漠化发展, 影响了土壤的有效利用[5] [6]。土壤全氮作为土壤肥力的基础, 是作物获得氮素的氮库, 包括矿质氮、易矿化有机氮、不易矿化有机氮和固定在黏土矿物中的铵。其中矿质氮可被植物直接利用; 有机氮在植物生长过程中, 经过土壤微生物的矿化分解, 释放植物可以吸收利用的多种形态氮素如: 铵态氮、硝态氮及各种氨基酸等[7] [8]。

目前, 团队成员关于砒砂岩与沙复配土体的研究主要存在于物理化学结构及保水性能等方面研究较多[8], 而对于复配土的养分循环及表征体系研究较少, C/N 与养分元素之间的关系目前还未涉及。因此, 本文从农业生态角度入手, 以成土 9 年的砒砂岩与沙复配土为研究对象, 采集 0~30 cm (间隔 10 cm) 土层样品, 对不同土层复配土的基本理化性质、C/N 特性及其与养分元素之间的关系进行研究, 以期复配土的养分含量提升及管理、碳氮循环及生态系统的多样性提供理论基础。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

小区定位模拟试验设置在陕西地建研究院的富平中试基地, 富平县(108°57'~109°26'E, 34°42'~35°06'N)是关中平原和陕北高原的过渡地带, 属渭北黄土高原沟壑区, 地势北高南低, 自西北向东南倾斜, 境内海拔 375.8~1420.7 m, 属于大陆性季风温暖带半干旱型气候, 年平均日照时数约 2389.6 h, 年平均降水量 527.2 mm (1990~1995), 年均气温 13.1℃, 年总辐射量 5187.4 MJ·m⁻², 降水年际变化大, 年降水量变异系数(CV)达到 21.1%。

2.2. 试验设计

田间试验小区为模拟毛乌素沙地砒砂岩与沙混合层的土地状况, 试验小区在 0~30 cm 铺设砒砂岩或黄土与沙的混合物质, 30~70 cm 填充风沙土。砒砂岩和沙均取自榆林榆阳区小纪汗乡大纪汗村。砒砂岩有机碳和全氮含量分别为 2.00 g·kg⁻¹ 和 2.22 g·kg⁻¹, 沙土中有机碳和全氮含量分别为 0.63 g·kg⁻¹ 和 0.89 g·kg⁻¹。

试验开展于 2009 年, 选取砒砂岩与沙按体积比 0:1 (CK)、1:5 (C1)、1:2 (C2)、1:1 (C3) 复配的四个处理, 每个处理重复 3 次, 共 12 个小区。小区面积为 2 m × 2 m = 4 m², 根据小区立地条件, 考虑光照、微地形等因素的均一性, 试验小区采取自南向北“一”字型布设, 通常土壤耕层深度为 30~40 cm, 因此试验小区将砒砂岩与沙的混合深度设计为 0~30 cm, 模拟实地条件, 30~70 cm 完全用沙填充。试验田为玉米(金诚 508)-小麦(小偃 22)一年两熟轮作, 全部采用人工播种。试验田的供试化肥类型为尿素(含 N 46.4%)、磷酸二铵(含 N 16%、含 P₂O₅ 44%)、硫酸钾(含 K₂O 52%), 施肥量为每年施化肥 N: 255 kg·hm⁻²、P₂O₅: 180 kg·hm⁻²、K₂O: 90 kg·hm⁻²。

2.3. 土壤样品采集

2018 年 5 月份小麦收获后, 采集各小区 0~30 cm 土层样品(间隔 10 cm), 每个小区均匀采集 5 点组成一个混合样。将采集的土壤样品去除动、植物残体, 经自然风干后研磨过 0.149 mm 筛, 用于有机碳、全氮的测定。

2.4. 测定方法

复配土有机碳采用重铬酸钾-浓硫酸外加热法进行测定, 全氮采用元素分析仪(EA3000, 意大利欧维特)测定[9]。

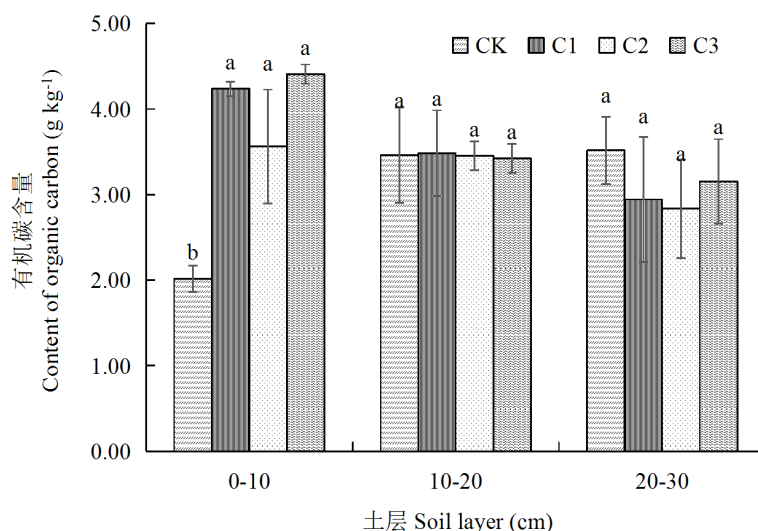
2.5. 数据处理与分析

所有数据采用 EXCEL 2019 进行分类整理并绘制图表, 采用 SPSS 19.0 进行方差分析和多重比较。

3. 结果与分析

3.1. 复配土有机碳含量(SOC)

砒砂岩与沙不同复配比处理下各土层有机碳含量存在一定差异, 0~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 土层土壤有机碳含量分别介于 2.02~4.41 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、3.42~3.48 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 2.83~3.52 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间, 平均含量随着土层的加深而逐渐降低(图 1)。在 10~20 cm 土层和 20~30 cm 土层中, 所有处理下的有机碳含量均无显著差异($P > 0.05$), 而在 0~10 cm 土层中, 所有复配比处理之间无显著差异, 但均显著高于 CK 处理($P < 0.05$), 增幅介于 76.70%~118.75%之间。当砒砂岩与沙复配比为 1:5 时, 各土层有机碳含量均有所提高, 以 0~10 cm 土层显著增加, 随着砒砂岩比例的增加, 当砒砂岩与沙复配比为 1:2 时, 各土层有机碳含量均有一定幅度的减小, 但无明显差异, 当砒砂岩与沙复配比为 1:1 时, 0~10 cm 和 20~30 cm 土层有机碳含量又出现上升趋势, 10~20 cm 土层有机碳含量仍继续降低, 但无显著性差异。结果表明砒砂岩与沙复配比处理主要对 0~10 cm 土层影响显著。



注: 误差棒上不同小写字母表示同一土层下不同处理间在 5% 水平下的显著性, 下同。

Figure 1. The vertical distribution characteristics of soil organic carbon under different compound ratios of soft rock and sand

图 1. 砒砂岩与沙不同复配比例下土壤有机碳垂直分布特征

3.2. 复配土全氮含量(TN)

砒砂岩与沙不同复配比处理下全氮含量在 0~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 土层的范围分别为 0.59~2.79 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、1.22~2.44 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 1.35~1.93 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间(图 2), 平均以 10~20 cm 土层全氮含量最高, 且显著高于 0~10 cm 和 20~30 cm 土层($P < 0.05$)。所有处理中平均以 C3 处理的全氮含量最高($P < 0.05$), 其次为 C2、C1 和 CK 处理。在 0~10 cm 土层和 10~20 cm 土层中, C3 处理的全氮含量最高, 较其他处理显著增加了 100.84%~371.26%和 16.78%~98.48%。C1 处理和 C2 处理间无明显差异($P > 0.05$), 但均显著高于 CK 处理。在 20~30 cm 土层中, CK、C2 和 C3 处理差异不明显, 且全氮含量均显著高于 C1 处理。说明土壤全氮含量受复配比例和土层的影响较为明显, 0~10 cm 土层影响最为突出。

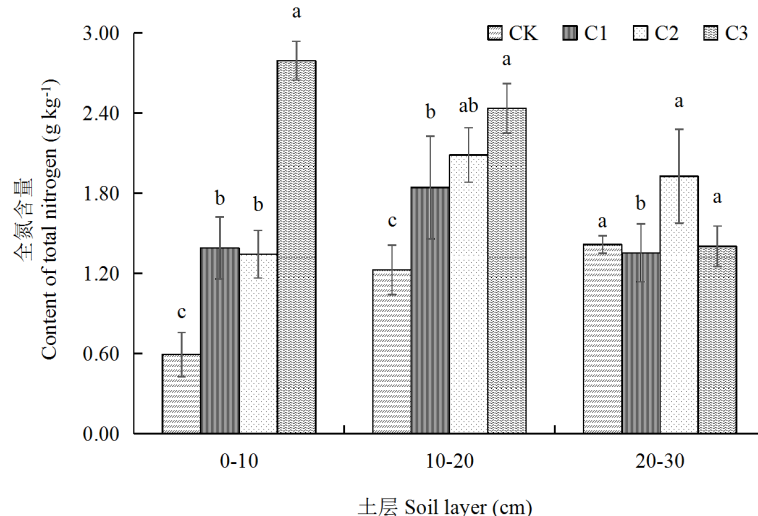


Figure 2. The vertical distribution characteristics of soil total nitrogen under different compound ratios of soft rock and sand

图 2. 砒砂岩与沙不同复配比例下土壤全氮垂直分布特征

3.3. 复配土碳氮比(C/N)

不同比例砒砂岩与沙复配处理下 C/N 在 0~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 土层的范围分别为 1.58~3.53、1.41~2.85 和 1.49~2.49 (图 3), 平均以 0~10 cm 土层 C/N 最高且显著高于其他土层, 20~30 cm 次之, 10~20 cm 最低。在各土层中, 均以 CK 处理的 C/N 最大, 介于 2.49~3.53 之间, 当砒砂岩与沙体积比增加为 1:2 时, 各土层 C/N 随着砒砂岩含量的增加而依次减小, 当砒砂岩与沙体积比增加为 1:1 时, 0~20 cm 土层 C/N 持续降低, 而 20~30 cm 土层 C/N 有增加趋势。与 CK 处理相比, 0~10 cm 土层下 C3 处理的 C/N 显著降低, 10~20 cm 下的 C1、C2 和 C3 处理也显著降低, 而 20~30 cm 土层中则无显著性差异。各土层下所有复配比处理间也无显著性差异。进一步结果表明 C/N 在 0~10 cm 土层变化最明显。

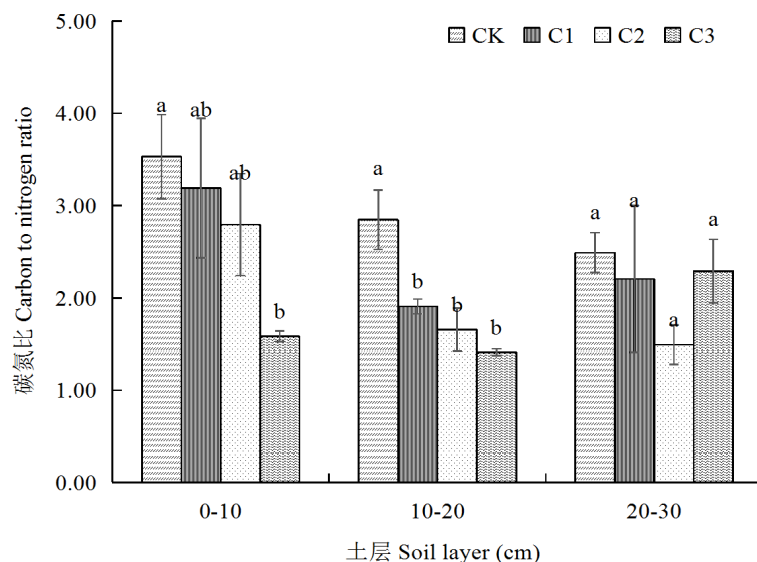


Figure 3. The vertical distribution characteristics of C/N under different compound ratios of soft rock and sand

图 3. 砒砂岩与沙不同复配比例下土壤碳氮比垂直分布特征

4. 结论与展望

砒砂岩与沙复配土有机碳含量在垂直方向上具有明显的垂直分布特征, 表现为随着土层深度的增加而依次降低, 全氮含量则以 10~20 cm 土层含量最高, 0~10 cm 土层和 20~30 cm 土层基本一致。有机碳和全氮在不同处理间的平均含量以 C3 处理最高。C/N 在 10~20 cm 土层最低, 不同处理中以 C3 处理的 C/N 较小。

本研究结果可以为毛乌素沙地的综合整治以及土壤地力的提升提供科学依据, 对成土技术的应用以及沙地改良的途径提供重要保障。虽然本文对砒砂岩与沙复配土体的养分研究取得了一定的进展, 但要揭示其机理还可借鉴扫描电镜技术和光谱技术做进一步的土体结构分析和力学特性分析。

基金项目

陕西地建集团内部科研项目(DJNY2019-12, DJNY2018-12), 长安大学陕西省土地整治重点实验室开放基金项目(2018-JC18, 2019-JC07), 长安大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(300102279503)。

参考文献

- [1] Pan, Y.C., Liu, Q.Q., Yan, B.J., *et al.* (2010) The Influence of Sampling Scale on Spatial Variability Analysis of Soil Nutrients. *Chinese Journal of Soil Science*, **41**, 257-262.
- [2] Li, H.Q., Guo, C.J., Guo, C.X., *et al.* (2017) Effect of Soil and Water Conservation Measures on Spatial and Temporal Variation of Soil Nutrients in Slope Farmland. *Chinese Journal of Soil Science*, **48**, 707-714.
- [3] Jian, X., Wang, S., Wang, Y.L., *et al.* (2016) Distribution Characteristics of Soil Carbon and Nitrogen after Urban Wetland Conversion to Different Land Use Types. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **5**, 1408-1416.
- [4] Hyvonen, R., Persson, T. and Andersson, S. (2008) Impact of Long-Term Nitrogen Addition on Carbon Stocks in Trees and Soils in Northern Europe. *Biogeochemistry*, **89**, 121-137. <https://doi.org/10.1007/s10533-007-9121-3>
- [5] Zhang, L., Sun, X.Y., Li, S.Y., *et al.* (2017) Characteristics of Carbon and Nitrogen Distribution across Typical Forest Types in Xianrendong Nature Reserve of Liaoning Province. *Journal of Jilin Agriculture University*, **39**, 183-188.
- [6] Han, J.C., Liu, Y.S., Luo, L.T., *et al.* (2012) Study on the Core Technology of Rapidly Compounding Soft Rock and Sand in Wusu Sandy Land. *China Land Science*, **26**, 87-94.
- [7] Li, J., Wu, L.C. and Li, L. (2018) Study on Soil and Water Conservation Effect of Soft Rock and Sand Compound Soil. *Western Development (Land Development Engineering Research)*, **3**, 35-40.
- [8] Zhang, L. and Han, J.C. (2016) Influence of Different Remodeling Ratios of Soft Rock and Sand on Water Storage in Surface Soil. *Western Development (Land Development Engineering Research)*, **4**, 50-53+74.
- [9] Bao, S.D. (2000) *Soil and Agricultural Chemistry Analysis*. China Agriculture Press, Beijing.

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: 2334-3338, 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: ojswc@hanspub.org