

长期施肥下不同种植年限碱化草甸土 水稳性团聚体及有机碳分布

李大伟, 孟庆峰, 周连仁, 马献发

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:以松嫩平原碱化草甸土为研究对象,通过长期施用有机肥,对不同种植年限碱化草甸土水稳性团聚体及有机碳的粒径分布特征进行了研究。结果表明,随着种植年限的增加,土壤较大粒级水稳性团聚体(>1 mm)含量减少,而 $0.25\sim 0.5$ mm 粒级水稳性团聚体含量明显增加;随种植年限的增加,各粒级碱化草甸土有机碳平均含量呈增加趋势。 $2\sim 5$ mm 粒级土壤有机碳平均含量最高,随粒级的减小,有机碳含量逐渐减少, $0.25\sim 0.5$ mm 粒级水稳性团聚体含量与有机碳含量呈现显著正相关关系;种植 4 a 后,碱化草甸土土壤水稳性团聚体及有机碳含量开始呈现稳中有升的趋势。

关键词:水稳性团聚体; 种植年限; 碱化草甸土; 长期施肥; 有机碳

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0080-04

中图分类号: S152.4⁺81

Distribution of Carbon and Water Stable Aggregates on Different Planting Years with Long-term Fertilization in Meadow Alkaline Soil

LI Da-wei, MENG Qing-feng, ZHOU Lian-ren, MA Xian-fa

(College of Resource and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Meadow alkaline soil was taken as research object in Songnen plain. Water-stable aggregates and carbon distribution in meadow alkaline soil were studied through long-term fertilization of manure. The results indicated that the larger water-stable aggregate content(>1 mm) was decreased with planting years increasing by long-term fertilization of manure, but $0.25\sim 0.5$ mm water-stable aggregates was increased significantly. The soil organic carbon(SOC) contents were increased in various size with planting years increasing, SOC contents in size of $2\sim 5$ mm were highest, and SOC contents decreased with size decreasing. Using correlation analysis, $0.25\sim 0.5$ mm water-stable aggregates were significantly related to SOC contents. Water-stable aggregates and SOC contents in meadow alkaline soil slightly increased after continuous 4-year planting.

Keywords: water-stability aggregates; planting years; meadow alkaline soil; long-term fertilization; soil organic carbon

土壤团聚体是土壤结构的基本单位,是土壤的重要组成部分^[1]。增加土壤团聚体,切断土壤毛细管,抑制水盐向上运移是防止土壤盐碱化的重要途径^[2]。碱化草甸土在开垦种植过程中,由于耕作对土壤团聚体的破坏,使土壤水稳性团聚体减少,导致土壤结构性差,加剧了土壤盐碱化。土壤有机碳是土壤肥力的核心,在促进土壤结构的形成,调节土壤化学及生物学性质,维持土壤养分的含量及其有效性等方面具有重要作用^[3]。有机碳被认为与团聚体形成关系密

切^[4-5]。已有的研究表明^[6],大量的有机碳储存在 $250\sim 2\ 000\ \mu\text{m}$ 的团聚体中。Puget等^[7-8]认为大团聚体的形成是微团聚体通过有机碳的胶结形成的,而团聚体的结构性破坏将导致土壤有机碳的流失。赵红等^[9]研究得出在蔬菜有机栽培中施有机肥可增加土壤团聚体含量,是改良土壤结构的有效措施。目前,有关土壤团聚体的研究,多集中在森林土壤,红壤,黑土等,而碱化草甸土的研究较少。本研究通过对长期施用有机肥的不同种植年限碱化草甸土水稳

收稿日期:2012-09-15

修回日期:2013-03-19

资助项目:公益性行业(农业)科研专项“松嫩平原中部盐碱化旱地节水控盐农业高效技术模式研究与示范”(200903001-06-6)

作者简介:李大伟(1982—),男(汉族),黑龙江省五大连池市人,硕士,研究方向为土壤改良。E-mail:ldw111222@163.com。

通信作者:马献发(1978—),男(汉族),黑龙江省克山县人,副教授,研究方向为土壤改良与土壤肥力修复。E-mail:mx7856@163.com。

性团聚体及其有机碳分布的分析,旨在为土壤的盐碱化治理提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验地位于松嫩平原黑龙江省肇州县永乐镇太丰村东北农业大学盐碱土长期定位试验站(东经 $125^{\circ}16'$,北纬 $45^{\circ}42'$),黑龙江省第一积温带,属于中温带大陆性季风气候,该区年平均气温 3.6°C ,年均降水量 434.5 mm ,年均蒸发量 1800 mm 。境内无江河,是黑龙江省重点干旱的县份之一,也是该省盐渍土主要分布区。试验区根据综合情况,每间隔几年在碱化草甸土和草甸碱土呈复区分布的土壤上开垦农田,通过长期施用有机肥的方式进行土壤改良,试验区面积共计 66.67 hm^2 ,有1,4,6,10和15 a共5块不同种植年限的农田。种植作物为玉米。

1.2 土壤样品采集

采集样品的土壤类型为碱化草甸土。以原始碱化草甸土为对照,以长期施用有机肥的不同种植年限碱化草甸土农田为研究对象,分别采集对照,种植1,4,6,10和15 a原状土土样,重复4次,采集深度为0—20 cm,采集过程中避免人为破坏土壤结构,装入塑料盒中带回试验室进行风干备用。

1.3 测定方法

将采集回来的原状土样在室内沿自然结构轻轻掰成直径约2 cm的小土块,除去植物残体等外来物,按Yoder法进行分级,用干筛法先将土样分成3级,即 $>5\text{ mm}$, $5\sim 2\text{ mm}$, $<2\text{ mm}$,称重,然后用四分法按比例取包括各级团粒的风干土样 50 g (3份),其中一份测定含水率。然后将 50 g 土样通过团粒分析仪湿筛出 $>5\text{ mm}$, $5\sim 2\text{ mm}$, $2\sim 1\text{ mm}$, $1\sim 0.5\text{ mm}$, $0.5\sim 0.25\text{ mm}$,共5级水稳性团聚体。将分离出的水稳性团聚体在鼓风干燥箱中 60°C 烘干后,过 0.25 mm 筛,测定土壤有机碳含量,测定方法采用外加热重铬酸钾容量法测定^[10]。

1.4 数据处理

利用Excel软件进行数据处理,采用SPSS软件进行单因素方差分析和相关性分析,采用LSD方法进行处理间显著性检验。

2 结果与分析

2.1 水稳性团聚体含量分布

碱化草甸土开垦种植后明显影响土壤水稳性团聚体分布,在长期施用有机肥下,随着种植年限的增加,土壤较大粒级水稳性团聚体含量减少,而 $0.25\sim$

0.5 mm 粒级水稳性团聚体含量明显增加。

从图1可以看出, $>5\text{ mm}$ 水稳性团聚体含量变化较大,呈现出先减少后增加的趋势。种植达到4 a时, $>5\text{ mm}$ 水稳性团聚体含量最低,由对照的 17.54% 下降到 5.13% ,下降趋势显著($p<0.05$),种植4~15 a时 $>5\text{ mm}$ 水稳性团聚体含量呈显著增加趋势,由4 a的 5.13% 增加到15 a的 13.77% ,基本与种植1 a持平;开垦种植后对于 $2\sim 5\text{ mm}$ 水稳性团聚体破坏性最大,与对照土壤相比各种种植年限此粒级含量降低明显,达到极显著差异($p<0.01$); $1\sim 2\text{ mm}$ 和 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 粒级变化规律基本一致,均是随种植年限的增加逐渐减少,由 15.76% 和 14.84% 分别降低到 3.40% 和 8.21% ; $0.25\sim 0.5\text{ mm}$ 粒级水稳性团聚体含量变化规律与其它不同,对照土壤此粒级含量较低,随着种植年限的增加,此粒级水稳性团聚体含量逐渐增加,各种种植年限与对照相比均达到极显著差异($p<0.01$),种植10 a,15 a与种植1 a水稳性团聚体含量差异显著,其它各种种植年限差异不显著。

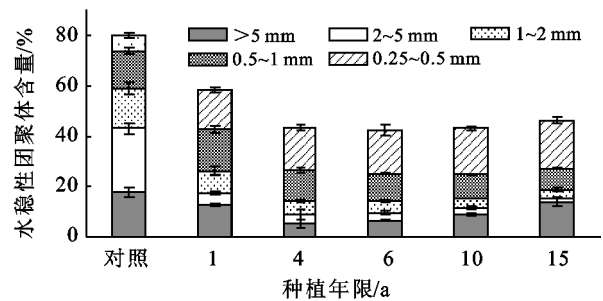


图1 不同种植年限土壤各粒级水稳性团聚体含量分布

2.2 有机碳含量分布

不同种植年限及不同粒级土壤有机碳含量不同,总体上来看,在长期施用有机肥下,随着种植年限的增加,土壤水稳性团聚体有机碳含量逐渐增加。从对照到种植4 a增加较快,种植4 a后土壤水稳性团聚体有机碳含量增加趋势平缓。

从不同粒级来看, $2\sim 5\text{ mm}$ 粒级土壤有机碳含量最高,平均达到 23.4 g/kg ,随粒级的减小,有机碳含量开始逐渐减少, $0.25\sim 0.5\text{ mm}$ 粒级有机碳含量最低,平均为 18.6 g/kg 。但 $>5\text{ mm}$ 粒级土壤有机碳含量并不高,平均为 19.6 g/kg ,介于 $1\sim 2\text{ mm}$ 粒级和 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 粒级之间(图2),土壤有机碳在粒级较大的团聚体中含量较高。

2.3 相关性分析

土壤有机质、黏粒及碳酸钙是影响土壤水稳性团聚体含量的主导因子^[11],其中土壤有机质与团聚体之间存在着密切的线性关系,它们是土壤团聚体的主

要胶结剂,能促进土壤团聚体的形成^[12]。在本研究中 0.25~0.5 mm 粒级水稳性团聚体有机碳与水稳性团聚体含量呈极显著($p < 0.01$)正相关关系,相关系数 $R = 0.8235$ 。其它各粒级水稳性团聚体有机碳含量与水稳性团聚体含量无显著正相关关系。

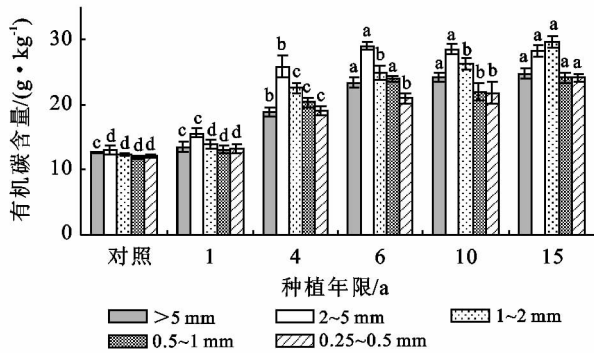


图 2 不同种植年限土壤团聚体各粒级中的有机碳含量

3 结果讨论

土壤团聚体是土壤结构的基本单元,在种植之初,土地利用方式的转变首先使团聚体破碎,改变了土壤结构导致土壤各粒级团聚体的重新分配^[13-16]。李海波等^[17]研究发现草地植物细根系的连接和缠绕作用对大团聚体的稳定起到关键作用因而提高了土壤的团聚化,相应地草地微团聚体和粉黏粒的质量分数则显著低于裸地和农田无肥处理,本研究与其结果一致,尤其是>5 mm 和 2~5 mm 粒级原始碱化草甸土水稳性团聚体明显高于种植后土壤,种植后>5 mm 水稳性团聚体平均下降 51.99%,2~5 mm 水稳性团聚体平均下降 90.40%。

虽然种植后土壤大团聚体被明显破坏,但是通过长期施用有机肥,在有机质的作用下,0.25~0.5 mm 土壤水稳性团聚体明显增加,说明施用有机肥后,土壤微团聚体开始团聚,形成 0.25~0.5 mm 较小粒级的水稳性团聚体,这部分水稳性团聚体相对稳定,不易被耕作所破坏,对土壤肥力的贡献也最大,苗淑杰等^[18]在黑土上的研究表明,当化肥和有机肥配合施用后,主要促进土壤中<1 mm 团聚体形成,尤其对 0.5~0.25 mm 粒级团聚体形成的促进作用最大。史奕等^[19]研究松嫩平原典型中厚黑土层团聚体分布情况时得出,不同施肥模式黑土中<1 mm 水稳性团聚体占绝对优势。本研究与其结果一致。

大量研究表明^[20],有机质在团聚体形成过程中起重要作用,是土壤团聚体形成的胶结剂。在有机质含量高的黑土和熟化度高的土壤中,有机胶结物质的胶结作用是形成水稳性团聚体的主要因素。苗淑杰

等^[21]研究表明,长期有机无机肥料配施有利于黑土大颗粒团聚体形成,促进土壤有机碳在大团聚体中的分配。施肥和作物轮作管理的综合结果表明,有机无机肥料配合施用有利于形成良好的土壤结构。徐江兵等^[22]研究表明,长期有机无机肥配施显著提高了土壤有机碳的含量,土壤团聚体中有机碳含量随团聚体粒级减小而降低,厩肥处理对各粒级团聚体有机碳及总有机碳含量促进作用最明显。本研究同样得到相同结果,大团聚体中有机碳含量高于较小团聚体,2~5 mm 粒级土壤有机碳平均含量最高,随粒级的减小,有机碳含量开始逐渐减少。但本研究>5 mm 粒级土壤有机碳平均含量并不高,具体原因有待进一步研究。通过对各粒级水稳性团聚体含量与有机碳含量相关性分析得出,0.25~0.5 mm 水稳性团聚体含量与有机碳含量呈显著正相关关系。说明耕作对此粒级影响较小,而有机碳的作用较大。

总之,本研究由于长期施用有机肥,使土壤有机碳含量增加,但同时由于不同种植年限导致的土壤水稳性团聚体的破坏程度的减少,使得碱化草甸土土壤水稳性团聚体较大粒级开垦后迅速减少,而较小粒级水稳性团聚体由于长期施用有机肥作用而显著增加。种植 4 a 后,土壤水稳性团聚体及碳分布趋于稳定。

4 结论

碱化草甸土开垦种植后明显影响土壤水稳性团聚体分布,长期施用有机肥下,随着种植年限的增加,土壤较大粒级水稳性团聚体含量减少,而 0.25~0.5 mm 粒级水稳性团聚体含量明显增加。长期施用有机肥下,不同种植年限各粒级碱化草甸土有机碳平均含量呈增加趋势。其中,2~5 mm 粒级土壤有机碳平均含量最高,达到 23.4 g/kg,0.25~0.5 mm 粒级有机碳含量最低,为 18.6 g/kg。0.25~0.5 mm 粒级水稳性团聚体含量与有机碳含量呈现显著正相关关系。长期施用有机肥下,种植 4 a 后,土壤水稳性团聚体及有机碳分布开始呈现稳中有升的趋势。

[参 考 文 献]

- [1] 刘晓利,何圆球,李成亮,等.不同利用方式旱地红壤水稳性团聚体及其碳、氮、磷分布特征[J].土壤学报,2009,46(2):255-262.
- [2] 刘彩霞,黄为一.耐盐碱细菌与有机物料对盐碱土团聚体形成的影响[J].土壤,2010,42(1):111-116.
- [3] 何淑勤,郑子成.不同土地利用方式下土壤团聚体的分布及其有机碳含量的变化[J].水土保持通报,2010,30(1):7-10.
- [4] 孙天聪,李世清,邵明安.长期施肥对褐土有机碳和氮素

- 在团聚体中分布的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(9):1841-1848.
- [5] 陈恩凤. 土壤肥力物质基础及其调控[M]. 北京: 科学出版社, 1990:118-134.
- [6] Wright A L, Hons F M. Carbon and nitrogen sequestration and soil aggregation under sorghum cropping sequences[J]. *Biology and Fertility Soils*, 2004, 41(2): 265-272.
- [7] Puget P, Chenu C, Balesdent J. Dynamic of organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregate[J]. *European Journal of Soil Science*, 2000, 51(4):595-605.
- [8] Madari B, Machado P L O A, Torres E, et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brazil [J]. *Soil and Tillage Research*, 2005, 80(1/2):185-200.
- [9] 赵红, 袁培民, 吕贻忠, 等. 施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J]. *土壤*, 2011, 43(2):306-311.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:30-34.
- [11] Ni Jinzhi, Xu Jianming, Xie Zhengmiao, et al. Changes of labile organic fractions in soils under different rotation systems [J]. *Pedosphere*, 2004, 14(1): 103-109.
- [12] 李辉信, 袁颖红, 黄欠如. 不同施肥处理对红壤水稻土团聚体有机碳分布的影响[J]. *土壤学报*, 2006, 43(3): 422-429.
- [13] 刘晓利, 何圆球. 不同利用方式和开垦年限下红壤水稳性团聚体及养分变化研究[J]. *土壤*, 2009, 41(1): 84-89.
- [14] 张孝存, 郑粉莉, 王彬, 等. 不同开垦年限黑土区坡耕地土壤团聚体稳定性与有机质关系[J]. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2011, 39(5): 90-95.
- [15] 李云生, 盛大海. 不同开垦年限农田黑土团聚体与土壤基础肥力的关系[J]. *现代化农业*, 2010, 369(4): 11-12.
- [16] 梁爱珍, 张晓平, 杨学明, 等. 耕作对东北黑土团聚体粒级分布及其稳定性的短期影响[J]. *土壤学报*, 2009, 46(1):154-158.
- [17] 李海波, 韩晓增, 许艳丽, 等. 黑土农田不同管理方式对根际土壤团聚体稳定性影响[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(3):110-115.
- [18] Miao Shujie, Qiao Yunfa, Zhou Lianren. Aggregation stability and microbial activity of China's black soils under different long-term fertilisation regimes[J]. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 2009, 52(1):57-67.
- [19] 史奕, 陈欣, 沈善敏. 有机胶结形成土壤团聚体的机理及理论模型[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(11): 1495-1498.
- [20] Changey K, Swift R S. Stability of soil aggregates in relation organic constituents and soil water content[J]. *Soil Sci.*, 1990, 41(1):73-83.
- [21] 苗淑杰, 周连仁, 乔云发, 等. 长期施肥对黑土有机碳矿化和团聚体碳分布的影响[J]. *土壤学报*, 2009, 46(6): 1068-1075.
- [22] 徐江兵, 李成亮, 何圆球, 等. 不同施肥处理对旱地红壤团聚体中有机碳含量及其组分的影响[J]. *土壤学报*, 2007, 44(4):675-682.

(上接第79页)

- [13] 刘玉花, 王晓春, 徐文远, 等. G111公路讷嫩段8种护坡灌木根系增强土壤抗冲性比较研究[J]. *水土保持学报*, 2010, 24(6):32-37.
- [14] Zhang Jianhui, Liu Gangcai, Ni Shijun, et al. Antiscourability of purple soil on hillslopes with different land uses [J]. *Science in China(E): Technological Sciences*, 2003, 46(S1): 133-141.
- [15] 史东梅, 陈晏. 紫色丘陵区农林混作模式的土壤抗冲性影响因素[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(5):1400-1409.
- [16] 邹翔, 崔鹏, 陈杰, 等. 小江流域土壤抗冲性实验研究[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(2):71-73.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [18] 卢金伟. 土壤团聚体水稳性及其与土壤可蚀性之间关系研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.