

冻融对沼泽湿地土壤水稳性大团聚体的影响

秦胜金^{1,2}, 刘景双², 丁洪¹, 张玉树¹

(1. 福建省农业科学研究所 土壤肥料研究所, 福建 福州 350013; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘 要: 水稳性大团聚体 (>0.25 mm) 是土壤侵蚀和质量的重要表征指标。通过室内培养, 在不同含水量、冻融次数和压实处理条件下, 研究冻融过程对三江平原沼泽湿地土壤水稳性大团聚体的影响。结果表明, 冻融过程影响土壤水稳性大团聚体含量, 但压实和土壤起始含水量对湿地土壤的水稳性大团聚体影响较小, 而冻融次数影响显著。4 次冻融前, 随着冻融次数的增加, 不同处理的土壤水稳性大团聚体含量呈增加趋势; 4 次冻融后, 高含水量处理的土壤水稳性大团聚体变化不明显, 而低含水量处理的土壤水稳性大团聚体含量有微弱增加。

关键词: 冻融过程; 水稳性大团聚体; 沼泽湿地; 三江平原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)06-0115-04

中图分类号: S152.4

Effects of Freezing-thawing on Soil Water-stable Aggregates in Fresh Marsh

QIN Sheng-jin^{1,2}, LIU Jing-shuang², DING Hong¹, ZHANG Yu-shu¹

(1. Institute of Soil and Fertilizer, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China)

Abstract: Soil water-stable macro-aggregates (>0.25 mm) are an important characteristic index of soil erosion and soil quality. The effects of freezing-thawing on the content of soil water-stable macro-aggregates in Sanjiang Plain wetlands were studied under different soil water contents, numbers of freezing-thaw cycles, and compaction treatments by indoor incubation experiment. Results showed that the content of soil water-stable macro-aggregate was influenced by the freezing-thawing. The effects of freezing-thawing frequency were more significant compared with compaction and initial soil water content. Before the 4th freezing-thaw cycle, the content of soil water-stable macro-aggregates under different treatments increased with the increasing of freezing-thawing frequency. After the 4th freezing-thaw cycle, however, the content at high soil water content did not change obviously and increased slightly.

Keywords: freezing-thawing; soil water-stable macro-aggregate; fresh marsh; Sanjiang Plain

土壤团聚体是土壤结构最基本的单元, 是重要的土壤物理属性, 土壤团聚体稳定性已被广泛认为是土壤质量或土壤健康的一个关键指标^[1]。土壤团聚体稳定性与生态系统许多功能和过程有着密切的联系, 它不仅影响土壤的空隙性、持水性、通透性和抗侵蚀性^[2], 而且对土壤肥力、质量和可持续利用等有着重要影响^[3]。同时, 作为土壤结构的基本单元, 土壤团聚体受到人类活动和自然因素的影响, 如土地利用方式^[4]、垦殖^[5]、耕作制度^[6]、施肥处理^[7]以及降雨^[8]、干湿交替^[9]和冻融过程^[10-13]等。

冻融过程是中高纬度和高海拔地区一个重要的气候特征, 一般而言, 会对土壤产生不稳定性效应, 影

响土壤团聚体的结构, 改变土壤团聚体颗粒的组成^[14]。有关研究表明, 冻融作用对土壤团聚体的影响, 受土壤起始含水量^[10, 12, 14]、土壤压实^[10, 15]、冻融次数^[10-13]以及冻融速率^[12, 14]的影响。

三江平原沼泽湿地位于黑龙江省东北部, 属北温带湿润大陆性季风气候区, 1 月平均气温 - 21 ~ - 18 ℃, 年均温 1.6 ~ 1.9 ℃, 冻融期长达半年, 最大冻结深度达 1 m, 每年 10 月底至 11 月中旬和 3 月中旬至 5 月中旬, 湿地土壤存在多次冻融过程^[5], 但有关冻融过程对该地区土壤团聚体影响的研究还未见报道。因此, 本研究通过室内培养实验, 初步研究在不同含水量、土壤压实和冻融次数的条件下, 冻融过程对沼

收稿日期: 2009-04-08

修回日期: 2009-05-25

资助项目: 福建省青年人才项目 (2008F3019); 国家自然科学基金 (30900280); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-309)

作者简介: 秦胜金 (1982—), 女 (汉族), 内蒙古自治区包头市人, 博士, 助理研究员, 主要从事湿地生物地球化学方面的研究。E-mail: qinshengjin@126.com。

通信作者: 刘景双 (1956—), 男 (汉族), 吉林省长春市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事湿地与农业生态环境方面的研究。E-mail: liujingshuang@neigae.ac.cn。

泽湿地土壤水稳性大团聚体的影响,以期为三江平原春季水土流失研究和湿地管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

在小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)草甸群落,选

取地势平坦的小区,用铁锹去除地表枯落物及植物根茬,露出土壤,多点采集 0—20 cm 表层土壤,尽量避免挤压,以保持原状土壤结构。将土壤样品带回实验室,挑去草根及枯落物,新鲜土壤样品过 4 mm 土壤筛^[10]。土壤样品一部分在室内风干,测试土壤理化性质(表 1)。

表 1 供试土壤的基本性质

土壤类型	颗粒组成/(g·kg ⁻¹)			容重/ (g·cm ⁻³)	pH (水土=1:2.5)	有机质/ (g·kg ⁻¹)
	黏粒 (<0.002 mm)	粉粒 (0.02~0.002 mm)	砂粒 (>0.02 mm)			
草甸沼泽土	18.98	79.44	1.59	1.02	5.87	5.33

1.2 冻融实验设计

参照 Lehrs 等^[10]和 Kvarno 等^[13]实验设计,分别设置了不同含水量、冻融次数和压实状况等不同处理,研究冻融过程对土壤水稳性大团聚体的影响。土壤含水量的处理方法为:将采集的土壤通过风干或加湿法,调节土壤含水量到 25% 左右(低含水量, L)和田间持水量(48%) (高含水量, H)。根据已有研究结果表明^[11],利用喷雾加湿法比真空加湿法对土壤团聚体的影响小,而且操作方便。因此,本研究直接利用喷雾加湿法,调节土壤含水量至田间持水量。压实处理的具体操作如下:(1) 压实处理(constrained, C):将不同含水量的土壤,装入直径为 4 cm、高度为 10 cm PVC 管中,轻拍 PVC 管,使土壤容重达 1.02 g/cm³(干土重),管两端用保鲜膜密封,防止培养过程中,土壤水分的损失;(2) 不压实处理(unconstrained, U):50 g 新鲜土壤样品平铺于玻璃培养皿,厚度约为 1 cm,培养皿上面用保鲜膜密封,防止水分损失。

两种处理样品分别在 -10℃ 温度下冻结 24 h,然后在 5℃ 温度下融化 24 h,为一次冻融循环(FT: freeze-thaw),分别在冻融 0 次、1 次、2 次、4 次和 10 次时采集样品,其中冻融 0 次指未冻融处理,每个处理 5 个重复。为了防止干—湿交替对土壤水稳性团聚体结构的影响^[9],直接利用新鲜土壤样品进行水稳性大团聚体测定^[10]。测试前样品在室温下放置 2 h,利用湿筛法测定水稳性大团聚体。

1.3 水稳性大团聚体测定——湿筛法

土壤水稳性大团聚体测定参考 Lehrs 等^[10]、Kvarno 等^[13]和刘晓利等^[3]提供的方法测定。称取 25 g 培养后的土壤样品,放入孔径为 0.25 mm 的土壤筛中,将土壤筛放入已加水的水桶中,水的高度超

过土壤筛 5 cm 左右。浸润 10 min,在水中慢慢提起筛子,再下降,升降幅度为 3~4 cm(注意上层的筛子不能露出水面),2 min 内重复 50 次。残留在 0.25 mm 筛上的土壤颗粒,用细水流通过漏斗收集到铝盒中,待铝盒中溶液澄清后,倒去上面的清液。在 105℃ 条件下烘干后称重,这些粒级 >0.25 mm 粒级的团聚体称为水稳性大团聚体^[3]。

1.4 数据处理

主要是 Excel 2003 和 SPSS 11.5 对实验数据进行分析并进行 T 检验,用软件 origin 7.5 进行作图。

2 结果与分析

2.1 起始含水量对土壤团聚体的影响

图 1 为不同冻融处理对土壤水稳性大团聚体的影响。实验起始阶段,土壤团聚体含量在高含水量条件下比低含水量条件下高 11.59%,含水量对土壤团聚体影响显著($P < 0.05$)。一般而言,含水量低的团聚体含量高^[10],但土壤团聚体对含水量的响应与土壤颗粒组成有关,黏粒含量较高的土壤,含水量较高时增加了土壤颗粒之间的粘附作用,增加了土壤结合力,提高了土壤团聚体含量^[13]。此外,黏粒含量较高的土壤在实验中装土时,土壤含水量较高时土壤易粘在一起,与低含水量土壤相比,增加了其结合强度,导致其团聚体含量增加^[13]。

随着冻融次数的增加,两种水分之间的差异逐渐减小;当实验结束时,两种水分处理之间差异性并不显著($P = 0.175$)。而已有研究结果表明,冻融过程中的土壤团聚体含量受土壤起始含水量的影响。Bryan^[14]研究表明,当土壤含水量达饱和状态,冻融速率较慢时,冻融作用促进土壤团聚体增加;但在 -25℃ 或 -40℃ 快速冻融时,将降低土壤团聚体。

Lehrsch 等^[10]研究表明,低含水量条件下土壤团聚体高于高含水量条件下的团聚体。Kvarno 等^[13]研究表明,不同含水量条件下,冻融作用对土壤团聚体的影响受土壤颗粒组成和实验操作的影响。本研究中,起始含水量不同的土壤团聚体在冻融初期差异较大,高含水量土壤团聚体高于低含水量土壤团聚体,但随着冻融次数的增加,两者之间差异不明显,与 Lehrsch 等^[10]研究结果并不一致。这主要是由于一方面湿地草甸土黏粒和有机质含量较高,黏粒和有机质含量较高的土壤颗粒之间有更多的连接,这时水分对土壤团聚体影响较小^[14],随着冻融次数的增加,两种水分之间的差异性减小;另一方面,与 Lehrsch 等^[10]研究相比,本研究中两种处理含水量都较高,这也可能是导致两种含水量处理下,土壤团聚体含量差异不明显的因素之一。

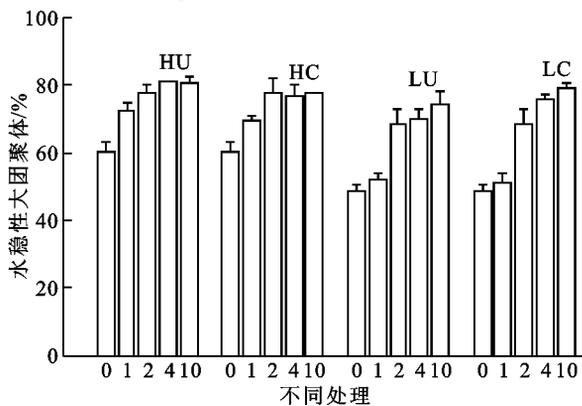


图1 不同冻融处理对土壤水稳性大团聚体的影响

注:数字代表不同的冻融次数;HU代表高含水量不压实处理;HC代表高含水量压实处理;LU代表低含水量不压实处理;LC代表低含水量压实处理。

2.2 冻融次数对土壤团聚体的影响

冻融次数提高或降低土壤团聚体含量^[10-13]。本研究中,不同处理条件下的土壤团聚体含量,均表现为随冻融次数的增加而呈增加趋势。1次冻融后,高含水量不压实处理(HU)和高含水量压实处理(HC)的土壤团聚体含量显著升高($P < 0.05$),分别增加12.3%和6%,而低含水量不压实处理(LU)和低含水量压实处理(LC)的土壤团聚体含量升高不明显,分别增加3.2%和2.3%。2次冻融后,高含水量和低含水量处理的土壤团聚体含量都显著升高($P < 0.05$),其中低含水量不压实处理(LU)和低含水量压实处理(LC)的土壤团聚体含量分别从 $51.9 \pm 2\%$ 、 $51 \pm 3\%$ 上升到 $68.3 \pm 4.6\%$ 、 $68.5 \pm 4.6\%$ 。4次冻融后,高含水量处理的土壤团聚体变化较小,高含水量

不压实处理(HU)的土壤团聚体含量稍有上升,实验结束时的土壤团聚体含量为 $80.4 \pm 2.1\%$;高含水量压实处理(HC)的土壤团聚体含量反而有所下降,实验结束时的土壤团聚体含量为 $77.6 \pm 0.3\%$;而低含水量处理的土壤团聚体仍表现为增加趋势,但增加幅度较小,实验结束时低含水量不压实处理(LU)和压实处理(LC)的团聚体含量分别为 $74.5 \pm 3.7\%$ 和 $75.6 \pm 1.4\%$ 。方差分析表明,不同处理的土壤团聚体含量在不同冻融次数之间差异性显著($P < 0.01$)。

研究表明,冻融次数对团聚体含量影响显著,前4次冻融过程,随着冻融次数的增加,不同处理的土壤团聚体含量呈增加趋势;4次冻融后,高含水量条件下的土壤团聚体变化不明显,而低含水量处理的土壤团聚体有微弱增加,这与 Lehrsch 等^[10]和 Oztas 等^[12]研究结果相似,但与 Kvarno 等^[13]研究结果并不一致。这主要是由于 Kvarno 等^[13]为了对比水滴法和湿筛法在表示团聚体抗蚀性是否具有统一性,在使用湿筛法时采用了孔径为0.5 mm土壤筛。而 Edwards 等^[11]研究表明,随着冻融次数的增加,4.75~9.5 mm和2~4.75 mm的大粒径团聚体显著降低,1~2 mm和0.5~1 mm的团聚体影响较小,而 < 0.5 mm团聚体显著增加。本实验主要是为了研究冻融作用对水稳性大团聚体(> 0.25 mm)的影响,只测定了 > 0.25 mm的水稳性大团聚体。因此,测定团聚体粒径不同可能是造成两者结果差异的一个重要因素。

2.3 压实对土壤团聚体的影响

不同含水量条件下,压实处理与不压实处理之间的差异性不明显($P > 0.05$)。而 Lehrsch 等^[10,14]研究表明,在土壤含水量达15%或以上时,不压实处理条件下的冻融过程有利于提高土壤团聚体含量。这主要是因为压实的土壤在冻融过程中,由于土壤受到周围管壁的束缚,土壤中水分在形成冰晶时产生的压力超过土壤团聚体承受范围时,将破坏团聚体结构,造成团聚体含量下降^[10]。但由于三江平原沼泽湿地土壤黏粒含量较高(表1),土壤颗粒之间有更多和更强的连接桥,导致压实处理对三江平原湿地土壤团聚体影响较小^[14]。

3 结论

三江平原沼泽湿地草甸土,在冻融过程中,压实和土壤起始含水量对水稳性大团聚体影响较小,而冻融次数对水稳性大团聚体含量影响显著。4次冻融前,随着冻融次数的增加,不同处理的土壤水稳性大

团聚体含量呈增加趋势;4次冻融后,高含水量条件下的土壤水稳性大团聚体变化不明显,而低含水量处理的土壤水稳性大团聚体有微弱增加。但本研究仅仅初步研究了含水量、冻融次数和压实在冻融过程对草甸土壤水稳性大团聚体的影响,今后还需要进一步研究含水量、冻融速率、冻融次数和压实等条件在冻融过程中对不同粒径水稳性团聚体的影响。

[参 考 文 献]

- [1] Wander M M, Bollero G A. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 63(4): 961-971.
- [2] 王春燕, 黄丽, 谭文峰, 等. 几种侵蚀土壤中有机质和团聚体的关系 [J]. *水土保持学报*, 2007, 21(3): 52-56.
- [3] 刘晓利, 何园球, 李成亮, 等. 不同利用方式和肥力红壤中水稳性团聚体分布及物理性质特征 [J]. *土壤学报*, 2008, 45(3): 459-455.
- [4] 梁向锋, 赵世伟, 华娟, 等. 子午岭林区典型植被下土壤结构及稳定性指标分析 [J]. *水土保持通报*, 2008, 28(3): 12-16.
- [5] 宋长春, 阎百兴, 王毅勇, 等. 沼泽湿地开垦对土壤水热条件和性质的影响 [J]. *水土保持学报*, 2003, 17(6): 144-147.
- [6] 史奕, 张璐, 陈欣, 等. 不同经营方式对黑土水稳性团聚体组成及微粒有机质积累分布的影响 [J]. *中国生态农业学报*, 2005, 13(2): 122-124.
- [7] 詹其厚, 袁朝良, 张效朴. 有机物料对砂姜黑土的改良效应及其机制 [J]. *土壤学报*, 2003, 40(3): 420-425.
- [8] 周一杨, 王恩姮, 陈祥伟. 模拟降雨条件下黑土溅蚀与团聚体分选特征 [J]. *水土保持学报*, 2008, 22(6): 176-179.
- [9] Park E J, Sul W J, Smucker A J M. Glucose additions to aggregates subjected to drying/wetting cycles promote carbon sequestration and aggregate stability [J]. *Soil Biology and Biochemistry*. 2007, 39(11): 2758-2768.
- [10] Lehrsh G A, Sojka R E, Carter D L, et al. Freezing effects on aggregate stability affected by texture, mineralogy, and organic matter [J]. *Soil Science Society of America Proceedings*, 1991, 55(5): 1401-1406.
- [11] Edwards L W. The effect of alternate freezing and thawing on aggregate stability and aggregate size distribution of some Prince Edward Island soils [J]. *Journal of Soil Science*, 1991, 42(2): 193-204.
- [12] Oztas T, Fayetorbay F. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability [J]. *Catena*, 2003, 52(5): 1-8.
- [13] Kvarno S H, Oygarden L. The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway [J]. *Catena*, 2006, 67(3): 175-182.
- [14] Bryan R B. The influence of frost action on soil-aggregate stability [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 1971, 54(12): 71-88.
- [15] Lehrsch G A, Sojka R E, Jolley P M. Freezing effects on aggregate stability of soils amended with lime and gypsum [J]. *Catena*, 1993, 24(S): 115-127.
- [16] Bearden B N, Petersen L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and aggregate stability of a vertisol [J]. *Plant and Soil*, 2000, 218(1): 173-183.