

# 水土保持措施对褐土水稳性大团聚体的影响研究

韩加强<sup>1</sup>, 高晓飞<sup>1,2</sup>, 路炳军<sup>1,3</sup>, 谭欣<sup>1</sup>, 王维<sup>1</sup>, 牛建利<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学

地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 3. 北京市水土保持工作站, 北京 100038)

**摘要:**以北京市延庆县水土保持科技示范园不同水土保持措施的径流小区为对象,研究了水土保持措施对土壤水稳性大团聚体的影响。主要研究结果为:(1)仅采用工程措施会破坏土壤水稳性大团聚体,特别是粒径为 5~8 mm 的水稳性大团聚体,并降低土壤大团聚体的水稳定性;采用植物措施后可以明显增加土壤水稳性大团聚体的含量,特别是增加了 2~5 mm 和 5~8 mm 粒径的水稳性大团聚体的含量,并明显提高土壤大团聚体的水稳定性;(2)土壤有机质对土壤团聚体的形成具有明显的促进作用,有机质含量与土壤水稳性大团聚体的含量和大团聚体的水稳定性之间均具有显著的相关性。研究结果对水土保持工作具有一定的参考意义。

**关键词:**土壤团聚体;水土保持措施;植物措施;工程措施;有机质

中图分类号:S152.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0050-04

## Research on the Influence of Measures of Soil and Water Conservation on the Water-stable Macroaggregates in Cinnamon Soil

HAN Jia-qiang<sup>1</sup>, GAO Xiao-fei<sup>1,2</sup>, LU Bing-jun<sup>1,3</sup>, TAN Xin<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, NIU Jian-li<sup>1</sup>

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal

University, Beijing 100875, China; 3. Beijing Centre for Soil and Water Conservation, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Taking runoff plots with different water conservation measures in Beijing Yanqing County Soil and Water Conservation Demonstration Garden as a case, the research on the influence of water conservation measures on the soil water-stable aggregates was carried out. Results showed that: (1) applying only engineering measures would break the soil water-stable aggregates, especially those with the particle size of 5~8 mm, and it also reduced the water stability of soil aggregates, however, soil water-stable aggregates significantly increased, especially those with particle size of 2~5 mm and 5~8 mm after applying vegetation measures, it also improved the water stability of soil macroaggregates; (2) soil organic matter significantly promoted the formation of soil aggregates. The content of organic matter was obviously associated with both the content of soil water-stable macroaggregate and the water stability of soil macroaggregates. The result can provide a reference to soil and water conservation study.

**Key words:** soil aggregates; measures of soil and water conservation; vegetation measures; engineering measures; organic matter

土壤侵蚀是全球性的重大环境问题。我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一,每年土壤流失量约 80~120 亿 t,年损失粮食约 18~30 亿 kg<sup>[1-2]</sup>。土壤侵蚀强度与侵蚀环境和抵御侵蚀的能力都有密切关

系。土壤团聚体(wet aggregate stability)的数量和质量,是土壤对径流和侵蚀敏感性的有效指示因子<sup>[3]</sup>。对土壤团聚体粒径组成及水稳定性的研究能为水土流失防治提供科学依据,因而成为学术界研究

收稿日期:2012-04-26

修回日期:2012-05-21

资助项目:中央高校基本科研业务费专项资金;北京市大学生科学研究与创业行动计划项目

作者简介:韩加强(1988—),男,四川雅安人,本科生,主要研究方向:土壤侵蚀。E-mail:jiaqianghan@163.com

通信作者:高晓飞(1979—),男,山东莱阳人,博士,实验师,主要研究方向:土壤侵蚀。E-mail:gaoxiaofei@bnu.edu.cn

的重点。总结已有的研究成果,可将影响土壤团聚体稳定性的因素概括为土壤有机质、土壤微生物、耕作方式、土地利用类型、气候条件和植被覆盖情况等<sup>[4-9]</sup>。水土流失防治中,工程措施和植物措施是比较常用的两种方式。在选择水土保持措施时,不仅要考虑其对土壤流失量的抑制作用,也应该考虑对土壤结构的影响。具有良好结构的土壤不仅对土壤侵蚀具有较好的抑制作用,还对土壤肥力具有较好的保护作用。

为了解不同水土保持措施对土壤结构的影响,以北京市延庆县水土保持科技示范园中的不同水保措施的径流小区为研究对象,探讨不同水保措施对土壤水稳性大团聚体含量和大团聚体水稳性的影响,以期为水土保持工作提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区介绍

北京市延庆县水土保持科技示范园位于北京市延庆县大榆树镇上辛庄村,属永定河水系、官厅水库上游一级支流妫水河流域。示范区年平均气温为 $8.5^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 $150\sim 160\text{d}$ <sup>[10]</sup>。在示范园南侧山坡上共布设24个径流小区,坡度为 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ,长 $5\sim 21\text{m}$ ,宽 $1\sim 5\text{m}$ 。小区四周设高出地面 $20\sim 30\text{cm}$ ,埋深 $30\sim 50\text{cm}$ ,厚 $11.5\text{cm}$ 用砖围砌水泥抹面的挡水围埂。围埂外侧为与小区处理相同的保护带,带宽 $1.5\text{m}$ 。坡面处理有鱼鳞坑整地荒坡、鱼鳞坑种植侧柏坡面、水平条整地荒坡、水平条种植落叶小乔木坡面(核桃树)及未采取任何措施的对照坡面等<sup>[11]</sup>。

研究选取小区中未采取任何措施的对照坡面(下文简称“对照坡面”)、鱼鳞坑整地荒坡、鱼鳞坑种植侧柏坡面、水平条整地荒坡和水平条种植落叶小乔木坡面为研究对象,分别在每个小区的不同位置进行采样以减少误差,具体采样情况如表1所示。

表1 不同水保措施的采样地点

水保措施	采样区位	文中简称
未采取任何措施的对照坡面	坡上、坡中、坡下	措施1
鱼鳞坑整地荒坡	坑里、坑脊、坑外	措施2
鱼鳞坑种植侧柏坡面	坑里、坑脊、坑外	措施3
水平条整地荒坡	条里、条脊、条外	措施4
水平条种植落叶小乔木坡面	条里、条脊、条外	措施5

### 1.2 研究方法

土壤水稳性大团聚体粒径分布使用电动土壤水稳性团聚体分析仪采用湿筛法<sup>[12]</sup>进行测定。仪器共有4套筛子,每套由5个孔径不同的筛子组成,分别为: $5, 2, 1, 0.5$ 和 $0.25\text{mm}$ 。实验中套筛的振幅为4

$\text{cm}$ ,频率为 $30\text{次}/\text{min}$ ,震动时间为 $10\text{min}$ 。供试样分层放入土筛后,不进行预湿,直接浸入水中<sup>[13]</sup>。

土壤大团聚体水稳性测定采用Kemper和Rosenau方法<sup>[14]</sup>。只使用一个 $0.25\text{mm}$ 孔径的筛子,实验中筛子的升降幅度为 $3.7\text{cm}$ ,频率为 $29\text{次}/\text{min}$ ,持续时间为 $10\text{min}$ 。同样,为了减少预湿润过程中因人为原因造成的误差,不对土样进行预湿润。

有机质含量采用“重铬酸钾容量—外加热法”测定<sup>[15]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤水稳性大团聚体粒径组成分析

2.1.1 土壤水稳性大团聚体含量 研究发现,同一种水保措施不同位置的水稳性大团聚体的含量存在较大差异(图1)。将每种水保措施不同位置的水稳性大团聚体含量的平均值作为每种水保措施土壤的水稳性大团聚体含量的平均状况。则结果显示为:鱼鳞坑种植侧柏坡面( $33.2\%$ )>水平条种植小乔木坡面( $33.1\%$ )>对照坡面( $25.5\%$ )>水平条整地荒坡( $21.5\%$ )>鱼鳞坑整地荒坡( $20.4\%$ )(表2)。

研究结果表明,工程措施会减少土壤水稳性大团聚体的含量,采取植物措施后土壤水稳性大团聚体的含量会显著增加。和对照坡面相比,仅采用工程措施鱼鳞坑整地荒坡和水平条整地荒坡的土壤水稳性大团聚体的含量都明显降低,分别减少了 $5.1\%$ 和 $4.0\%$ 。采取植物措施后,鱼鳞坑种植侧柏坡面土壤的水稳性大团聚体的含量明显高于仅采用工程措施鱼鳞坑整地荒坡,增加了 $12.8\%$ ;水平条种植小乔木坡面土壤的水稳性大团聚体的含量明显高于仅采用工程措施的水平条整地荒坡,增加了 $11.6\%$ 。

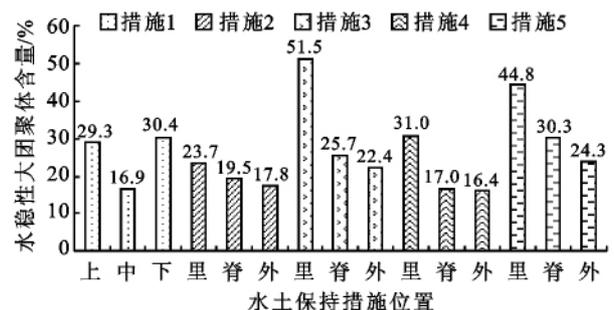


图1 不同水保措施的土壤水稳性大团聚体的含量

2.1.2 土壤水稳性大团聚体粒径组成 研究区的土壤以较大粒径( $2\sim 5\text{mm}$ 和 $5\sim 8\text{mm}$ )的水稳性大团聚体为主,但不同水保措施的水稳性大团聚体的粒径组成具有较大的差异(表2)。和对照坡面相比,仅采用工程措施会对土壤水稳性大团聚体造成破坏,主要

表现为破坏了较大粒径(2~5 mm 和 5~8 mm)的水稳性大团聚体。鱼鳞坑整地荒坡各粒径的水稳性大团聚体的含量均低于对照坡面,降低幅度最大的是粒径为 5~8 mm 的水稳性大团聚体,降低了 2.7%;粒径为 2~5 mm,1~2 mm,0.5~1 mm,0.25~0.5 mm 的水稳性大团聚体分别降低了 0.1%,0.5%,

1.0%,0.9%。水平条整地荒坡各粒径中,粒径为 5~8 mm,2~5 mm,1~2 mm,0.5~1 mm 的水稳性大团聚体的含量均低于对照坡面,降低幅度最高的为粒径为 5~8 mm 的水稳性大团聚体,降低了 3.5%;粒径为 2~5 mm,1~2 mm,0.5~1 mm 的水稳性大团聚体分别降低了 1.5%,0.9%,0.5%(表 2)。

表 2 不同水土保持措施的土壤水稳性大团聚体的粒径组成

水土保持措施	5~8 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	合计
对照坡面	8.9	5.6	3.1	4.5	3.5	25.5
鱼鳞坑整地荒坡	6.2	5.5	2.6	3.5	2.6	20.4
鱼鳞坑种植侧柏坡面	12.5	10.4	3.9	3.6	2.7	33.2
水平条整地荒坡	5.4	4.1	2.2	4.0	5.8	21.5
水平条种植小乔木坡面	10.2	9.5	3.9	5.1	4.5	33.1
平均值	8.6	7.1	3.1	4.1	3.8	26.7

与仅采用工程措施相比,在工程措施的基础上增加植物措施会增加土壤水稳性大团聚体的含量,主要体现在增加了较大粒径(2~5 mm 和 5~8 mm)的水稳性大团聚体。和鱼鳞坑整地荒坡相比,增加了植物措施鱼鳞坑种植侧柏坡面的各粒径水稳性大团聚体的含量都高于鱼鳞坑整地荒坡,增加最多的是粒径为 5~8 mm 的水稳性大团聚体,增加了 6.3%,其次是粒径为 2~5 mm 的水稳性大团聚体,增加了 4.9%,粒径为 1~2 mm,0.5~1 mm 和 0.25~0.5 mm 的水稳性大团聚体的含量分别增加了 1.3%,0.1%,0.1%。和水平条整地荒坡相比,增加了植物措施的水平条种植小乔木坡面的粒径为 5~8 mm,2~5 mm,1~2 mm,0.5~1 mm 的土壤水稳性大团聚体的含量都明显增加,分别增加了 4.8%,5.4%,1.7%,1.1%。

综上可知:(1) 仅仅采用鱼鳞坑或水平条等工程措施会对土壤水稳性大团聚体造成破坏,减少土壤水稳性大团聚体的含量;采用植物措施后可以明显增加土壤水稳性大团聚体的含量;(2) 鱼鳞坑和水平条等工程措施对土壤团聚体的破坏主要体现在破坏了粒径为 5~8 mm 的水稳性大团聚体;采取植物措施后能够对土壤的水稳性大团聚体的形成起到较好的促进作用,特别是增加了粒径为 2~5 mm 和 5~8 mm 的水稳性大团聚体的含量。

## 2.2 土壤大团聚体的水稳性分析

不同水土保持措施的土壤大团聚体的水稳性存在一定的差异,表现为土壤大团聚体的水稳性的大小关系为:鱼鳞坑种植侧柏坡面(28.9%)>水平条种植小乔木坡面(27.4%)>对照坡面(26.1%)>水平条整地荒坡(25.4%)>鱼鳞坑整地荒坡(23.1%)。仅采用鱼鳞坑或水平条等工程措施会降低土壤大团聚

体的水稳性,采用植物措施后可以明显提高土壤大团聚体的水稳性。和对照坡面相比,仅采用工程措施鱼鳞坑整地荒坡和水平条整地荒坡的土壤大团聚体的水稳性都明显降低,分别降低了 3.0%和 0.7%。采取植物措施以后,鱼鳞坑种植侧柏坡面的土壤大团聚体的水稳性明显高于仅采用工程措施鱼鳞坑整地荒坡,增加了 5.8%;水平条种植小乔木坡面的土壤大团聚体的水稳性明显高于仅采用工程措施的水平条整地荒坡,增加了 2.0%。不同水保措施土壤的水稳性大团聚体的含量和大团聚体的水稳性之间具有显著的相关性( $p<0.01$ )(图 2)。

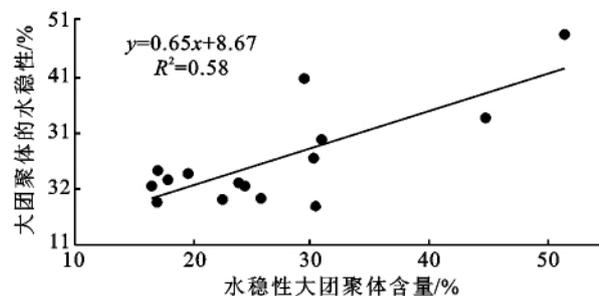


图 2 土壤水稳性大团聚体含量和大团聚体的水稳性之间的相关关系图

综上可知:(1) 仅仅采用鱼鳞坑或水平条等工程措施会降低土壤大团聚体的水稳性,采用植物措施后可以明显提高土壤大团聚体的水稳性;(2) 不同水保措施土壤的水稳性大团聚体的含量和大团聚体的水稳性之间具有显著的相关性。

## 2.3 有机质对土壤大团聚体的影响分析

土壤有机质对土壤团聚体的形成具有明显的促进作用。不同水土保持措施土壤的有机质含量和土壤水稳性大团聚体含量(图 3a)、大团聚体的水稳性(图 3b)之间具有显著的相关性( $p<0.01$ )。

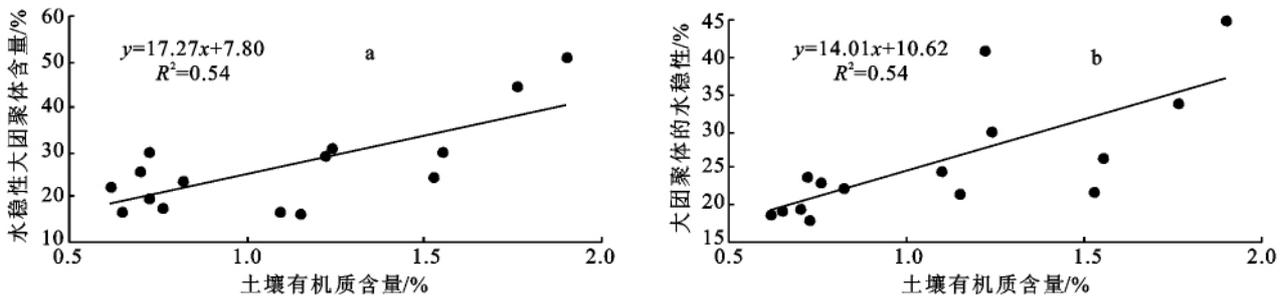


图3 土壤有机质和水稳性大团聚体含量及大团聚体的水稳性之间的相关关系

### 3 结论

本研究以北京市延庆县水土保持科技示范园中的径流小区为例,研究了不同水保措施对土壤水稳性大团聚体含量和大团聚体水稳定性的影响,主要研究结果如下:

(1) 仅采用鱼鳞坑或水平条等工程措施会对土壤水稳性大团聚体造成破坏,并降低土壤大团聚体的水稳定性;采用植物措施后可以明显增加2~5 mm和5~8 mm粒径的水稳性大团聚体的含量,并明显提高土壤大团聚体的水稳定性。

(2) 土壤有机质对土壤团聚体的形成具有明显的促进作用,土壤有机质含量与土壤水稳性大团聚体的含量和大团聚体的水稳性之间都有显著的相关性。

#### 参考文献:

- [1] 史衍玺. 人为开垦加速侵蚀下土壤质量演变及其机理研究[D]. 陕西杨凌: 中国科学院水利部水土保持研究所, 1998.
- [2] 中国农业年鉴编委会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [3] 郭伟, 史志华, 陈利顶, 等. 红壤表土团聚体粒径对坡面侵蚀过程的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2516-2522.
- [4] Elliott E T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1986, 50(3): 627-633.
- [5] 尹瑞玲. 微生物与土壤团聚体[J]. 土壤学进展, 1985, 13(4): 24-29.
- [6] Six J, Elliott E T, Paustian K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(5): 1367-1377.
- [7] 丁瑞兴, 刘树桐. 黑土开垦后土壤肥力的研究[J]. 土壤学报, 1980, 17(1): 20-32.
- [8] 韩晓增, 颜春起. 中国东北农田土壤水分属性及调控[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [9] 秦瑞杰, 郑粉莉, 卢嘉. 草本植物生长发育对土壤团聚体稳定性影响的试验研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(3): 141-144.
- [10] 贺鸿文. 延庆县水土保持综合治理工作的探索与实践[J]. 北京水利, 2005(1): 47-49.
- [11] 乔彦芬, 姜德文, 田玉柱. 综合型水土保持科技示范园的规划设计: 以北京市延庆县水土保持科技示范园为例[J]. 水土保持通报, 2006, 26(1): 85-88.
- [12] 王秀颖, 高晓飞, 刘和平, 等. 土壤水稳性大团聚体测定方法综述[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(3): 106-113.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [14] Carter M R, Gregorich E G. Soil Sampling and Methods of Analysis[M]. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.