

植被恢复对土壤团聚体分布及有机碳、全氮含量的影响

苏 静¹, 赵世伟^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院; 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 植被是影响土壤有机碳含量和土壤结构的重要因素, 植被通过凋落物影响有机碳输入的数量和质量, 同时有改善土壤结构特别是水稳性团聚体的数量。探讨黄土高原侵蚀地区植被恢复后对土壤有机碳、氮及其团聚体平均重量直径的影响, 研究结果显示: 土壤有机碳、全氮含量与水稳性团聚体平均重量直径的变化趋势相同, 平均重量直径与有机 C 含量之间有二次多项式关系。植被类型是影响土壤碳、氮含量的关键因素, 植被恢复增加土壤养分含量, 改善土壤结构和土壤环境。

关键词: 植被恢复; 有机碳; 全氮; 平均重量直径

中图分类号: Q945. 1; S152. 4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005) 03-0044-03

Influence of Vegetation Restoration on Distribution of Aggregate and Organic Carbon and Nitrogen in Loess Plateau

SU Jing¹, ZHAO Shi-wei^{1,2}

(1. Department of Resources and Environment of Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and

Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Vegetation is one of important factor to affect the content of soil organic carbon and aggregate, which increase the input of soil organic carbon and improve soil structure. The influence of vegetation restoration on distribution of aggregate and organic carbon and nitrogen in Loess Plateau was studied. The result showed that there was the same tendency in changes of soil organic carbon, nitrogen and mean weight diameter of aggregate (MWD), but there was quadratic correlation between the organic carbon and MWD. Vegetation restoration could be the best way to improve ecological environment.

Key words: vegetation restoration; organic carbon; nitrogen; mean weight diameter

植被的演替是推动土壤养分循环的关键因素之一, 因为各种植物根系吸收土壤中元素的能力及植物枯枝落叶与根系含量不同, 因而当枯枝落叶及根系脱落、腐烂、分解后, 释放到土壤中的元素含量亦不同, 进而导致土壤养分含量差异。同时植被通过有机碳和根系的作用对土壤结构也有重要的影响。土壤有机碳含量是土壤肥力衡量的指标之一, 同时有机碳含量及其质量对土壤团聚体的形成及其稳定性产生一定的作用^[2]。Christensen 认为影响土壤团聚体的因素都影响土壤碳, 土壤碳的数量和质量与团聚体密切相关^[10], 因此土壤有机碳含量及团聚体数量是土壤生态功能衡量的标准。

黄土高原侵蚀地区植被恢复的过程是与土壤环境相互适应的过程, 植被的演替改善土壤环境, 提高土壤生态功能。植被凋落物数量是土壤有机碳的重要来源之一, 凋落物的数量和质量影响土壤有机碳质量和数量的直接原因; 土壤有机碳是土壤团聚体形成的主要胶结剂, 因此植被不仅影响土壤养分循环, 而且对土壤的结构有重要作用。李香兰研究结果表明: 子午岭植被恢复后, 土壤剖面有效态养分基本上以辽东林地含量最高, 沙棘林地最低, 其它林地居中, 但均高于农地^[1]。对于黄土高原侵蚀地区植被恢复后土壤生态功能提

高的报道较多^[11,12], 但是缺乏有机碳含量与土壤团聚体数量之间关系的探讨。本文就植被恢复对土壤团聚体及其有机碳氮含量影响作论述, 进一步阐明有机碳含量与土壤团聚体之间的关系, 及其植被恢复过程中有机碳含量及其团聚体数量作为土壤质量评价标准的重要意义。

1 研究区概况

本研究在黄土高原宁南宽谷丘陵区的固原县(上黄村)和彭阳县(王洼乡)进行。上黄村东经: 106 26 ~ 106 30, 北纬 35 59 ~ 36 03 N; 海拔高度 1 534 ~ 1 824 m。年均气温 7.0, 年均降雨量 472 mm。王洼乡, 包括姚岔和姬阳洼两个小流域, 东经 106 32 45 ~ 106 33 15, 北纬 36 04 30 ~ 36 09 36, 属浅切丘陵地貌, 具有黄土丘陵沟壑区第二副区典型特征。研究区属中温带半干旱区, 多年平均温度 6.8, 土壤为细黄土、淡黑垆土和普通黑垆土, 其中以细黄土为主。植被属灌丛草原植被类型区, 区内以面蚀和沟蚀形式的水力侵蚀为主, 冬季有风力侵蚀。根据宁夏土壤侵蚀分级标准, 属强度侵蚀区, 年土壤侵蚀模数为 7 000 t/km²。

① 收稿日期: 2004-12-22

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关计划课题(2001BA606A—4); 中科院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-421)资助

作者简介: 苏静(1978-)女, 硕士研究生, 研究方向为植被与土壤有机碳关系。

2 研究方法

2.1 土壤采集

采原状土样 0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm 深度, 样品带回室内进行风干。同时采集混合土样, 分析其养分含量。

原状土样室内风干后, 用萨维诺夫湿筛法测定 > 5 mm、2.0~5.0 mm、2.0~1.0 mm、1.0~0.5 mm、0.5~0.25 mm、< 0.25 mm 的各级团聚体含量。

2.2 有机碳、全氮测定

将混合土样风干后, 过 2 mm 土壤筛, 用 $K_2Cr_2O_7$ (外加热法) 测定有机碳含量。全氮用凯式法测定。

3 研究结果

3.1 不同植被对土壤团聚体分布及其平均重量直径的影响

植被的类型与团聚体粒径分布相关, 与图 1 可以看出, > 5 mm 团聚体含量, 柠条最大, 沙棘最少。< 0.25 mm 团聚体含量沙棘 > 荒地 > 杏树 > 柠条。这可能的原因有两点: 一方面与植物本身特性有关, 柠条根系庞大, 而且不同粒径的大根和小根在不同层次都有分布, 但是沙棘大侧根在土壤深层不再分布 (见表 1)。另一方面由于我们选取的在地理位置上存在差异, 植被的坡度和坡向影响植被的生长状况及其下垫面的性质。

平均重量直径是评价土壤水稳定性的指标之一, 从图 2 可以看出植被对不同土层团聚体水稳定性的影响。从不同植被类型看, 荒草地和柠条土壤水稳性团聚体含量高于杏树、沙棘和农田; 从不同层次看, 团聚体平均重量直径表层 0~10 cm 大于 10~20 cm 和 20~30 cm, 柠条不同层次之间差异较大, 杏树和荒草地团聚体平均重量直径 0~20 cm 之间差异不大, 农田几乎无差异。柠条和杏树林根系分布较深, 因此在 20~30 cm 层次土壤有一定的影响, 荒草地和沙棘根系主要集中在土壤表面, 对下层的影响较少, 农田由于人为耕作的影响土壤结构无明显的层次分布。

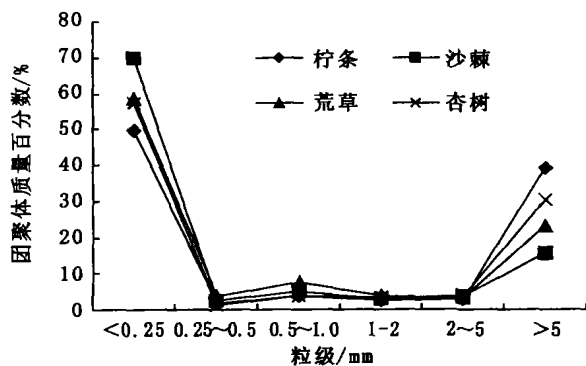


图 1 不同植被土壤团聚体粒径分布

表 1 沙棘、柠条和山杏产量与根系的比较^[8]

植 被	3 年产量/ ($kg \cdot hm^{-2}$)	0~50 cm 根系总重/g	0~50 cm 根长/m
沙 棘	1342.5	440.0	130.2
柠 条	1170.0	1236.5	143.47
山 杏	6139.5		

3.2 植被对土壤有机碳含量和全氮含量的影响

分析结果表明: 从不同植被来看, 山杏林土壤全氮含量高于荒草、沙棘、柠条和农田。从不同层次看, 土壤全氮含量表层 0~10 cm 高于 10~20 cm 和 20~30 cm, 荒草地由于根

系分布的影响 0~20 cm 土壤全氮含量无差异。

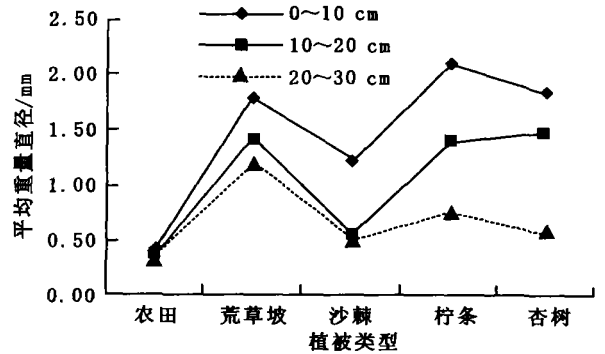


图 2 不同植被下土壤团聚体平均重量直径

有机碳含量的分布与植被关系密切, 试验结果表明: 土壤有机碳含量荒草地最大, 高于山杏林、沙棘和柠条, 农田最低。土壤有机碳含量在表层 0~10 cm 最高。

土壤有机碳含量在表层 0~10 cm 山杏林最高, 沙棘 > 荒草地 > 柠条 > 农田。在 10~20 cm 和 20~30 cm 土层荒草地有机碳含量最高, 大于山杏林 > 柠条 > 沙棘 > 农田。可能是由于山杏凋落物产量较大 (见表 1), 在土壤表面形成腐殖层, 同时可以保持水土, 增加入渗, 促进植被凋落物的分解和转化。草地群落地上和地下生物量都较高, 每年几乎全部的死亡凋落进入土壤, 利于有机碳的积累, 宋日研究草地时发现对于植物残体中的根茎以及深层的残体都有利于有机碳的积累^[6]。农田由于人为的移走秸秆, 减少有机碳输入, 因此有机碳含量较低。Jennifer S. Powers 认为不同土地利用方式造成根和叶生物量之间的差异可以说明土壤碳含量差异的 50%^[9]。植被对土壤有机碳含量的影响主要是通过改变凋落物的数量和质量及其环境条件的改变而影响有机碳的储存量、组成和稳定性^[2]。

不同植被下土壤有机碳与全氮含量之间的变化趋势是一致的, 表 2 显示植被对土壤有机碳和全氮比值的影响: C/N 比值, 柠条 > 荒草地 > 沙棘 > 山杏 > 农田; 沙棘影响表层 0~10 cm, 山杏影响 10~20 cm 土层, 柠条影响 20~30 cm 土层; 说明相对于土壤全氮的累积, 柠条更利于土壤有机碳的增加。植被对土壤有机碳的影响大于对全氮的影响, 这主要与植被特性有关, 朱丽认为较为发达的根系可为土壤生物栖息提供更好的场所, 并产生更多根系分泌物促进土壤微生物活动, 使得有机残体分解更强^[7]。农田碳氮比值较低, 可能是人为施加氮肥的结果。

表 2 不同植被下土壤 C/N 比的差异

植被类型	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	平均值
农 田	7.46	6.75	7.84	7.35
荒草地	9.57	8.85	10.95	9.79
柠 条	10.12	8.68	15.56	11.45
沙 棘	10.55	7.39	8.78	8.91
山 杏	6.15	9.51	7.14	7.60

3.3 团聚体平均重量直径与有机碳含量的关系

土壤有机碳是土壤团聚体形成的胶结剂之一, 土壤有机碳含量与水稳性团聚体的数量有关。由图 5 得出结论, 平均重量直径随土壤有机碳含量的提高而增加, 且变化趋势成二次多项式正相关关系。平均重量直径越大土壤抗侵蚀能力越强, 土壤结构越好, 土壤有机碳含量对土壤结构的贡献越大。土壤团聚体平均重量直径是土壤结构的评价指标之一,

土壤有机碳含量是土壤肥力的关键指标,同时两个因素又是互相影响的。土壤有机碳含量促进团聚体形成,土壤结构的改善可以调节土壤环境特别是土壤水分环境,为植物残体分

解,腐殖化和微生物活动提供更好的条件,植被对两者的影响是相关的。

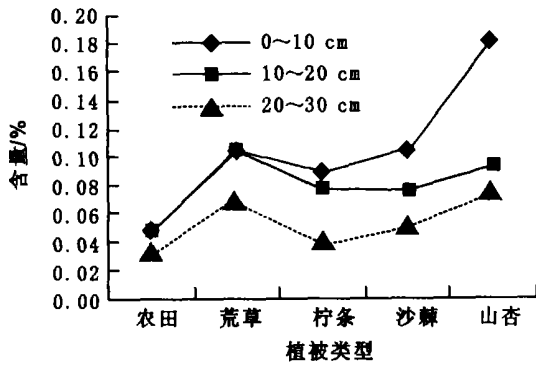


图 3 不同植被不同层次土壤全氮含量

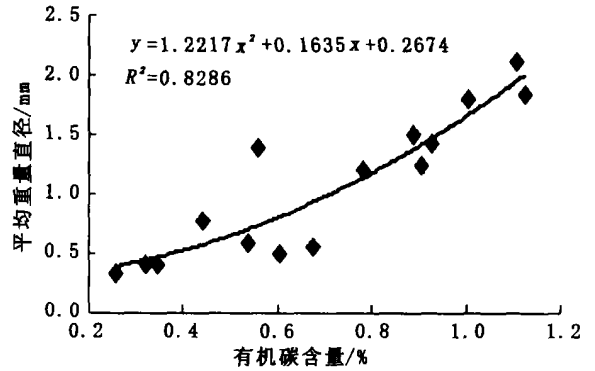


图 4 不同植被不同土层有机碳含量差异

4 讨论

陈庆强的研究比表明地表植被类型及其发育特征直接影响有机碳的更新^[3]。黄土高原侵蚀地区植被恢复改善了植被结构,增加了植被覆盖度,促进了植被的演替,从而增加土壤有机碳含量,改善土壤结构性,提高土壤抗侵蚀能力。通过植被恢复土壤环境得到改善,土壤有机碳、全氮含量及团聚体平均重量直径增加。

生了变化。荒草地、沙棘、山杏及柠条土壤有机碳含量分别比农田高 193.8%、46.6%、77.3%、54.0%,相应的土壤全氮分别比农田高 121.9%、62.9%、82.1%、177.7%,平均重量直径比农田增加 289.3%、102.0%、275.9%、244%,说明植被显著增加土壤有机碳含量,全氮含量和团聚体平均重量直径,这与赵鸿雁的研究结果是一致的^[4]。植被是土壤储存碳、改善土壤养分循环的桥梁,通过植被恢复不仅改善土壤环境条件,而且是土壤成为碳的储存库。

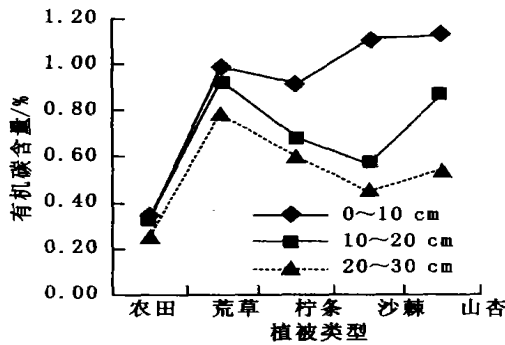


图 5 土壤有机碳与平均重量直径关系

土壤有机碳含量与团聚体平均重量直径的关系表明土壤有机碳对土壤结构的贡献随有机碳含量增加而提高,但是增加单位有机碳含量而引起团聚体平均重量直径的增加量的变化趋势无法预计,一方面可能是由于植被恢复的年限较短,大都在 20 年内。另一方面植被恢复后主要都是人工植被或者次生灌木,未达到植被演替的顶级群落,植被对土壤有机碳的影响还存在潜力,全部有机碳都对团聚体形成发生作用,有机碳没有剩余。

综上所述,土壤是植物生存的重要环境条件之一,对植物的生长及其功能有重要的影响,土壤结构和养分状况是度量侵蚀退化生态系统恢复的指标之一^[5]。植被恢复是改善土壤环境的主要措施,植被恢复增加土壤养分,改善土壤结构使得退化的生态系统到恢复。因此植被退化和恢复直接影响到土壤环境的退化和恢复,植被恢复的过程就是土壤养分增加,土壤结构和土壤环境改善提高的过程。

植被类型对土壤有机碳,全氮含量及团聚体平均重量直径有一定的影响。侵蚀地区土壤经过植被恢复,土壤性质产参考文献:

[1] 李香兰,穆兴民. 黄土高原不同林型对土壤剖面特征影响的研究[J]. 陕西林业科学, 1994, (3): 3- 7.
 [2] 吴建国,徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳的影响(理论方法和实践)[M]. 北京:中国林业出版社, 2004.
 [3] 陈庆强. 华南亚热带山地土壤有机质更新特征及其影响因子[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1 446- 1 453.
 [4] 赵鸿雁. 山杨林的水文生态效应研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(4): 497- 500.
 [5] 吴彦,刘庆,乔永康. 亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性变化及其对土壤理化性质的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 648- 655.
 [6] 宋日,吴春胜,郭继勋. 东北草原植物残体腐解动态研究(简报)[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 105- 108.
 [7] 朱丽,郭继勋,鲁萍. 松嫩羊草甸草原、碱茅群落土壤酶活性比较研究[J]. 草业学报, 2002, 11(4): 28- 34.
 [8] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1997.
 [9] Jennifer S Powers. Changes in soil carbon and nitrogen after contrasting land-use transitions in Northeastern Costa Rica [J]. Ecosystems, 2004, 7: 134- 146.
 [10] Christensen B T, Carbon in primary and secondary organ mineral complexes[A]. In: Cater, M R, A B Stewart Eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils[M]. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc. 1996. 97- 165.
 [11] 杨新民. 黄土高原灌木林地水分环境特性研究[J]. 干旱地区研究, 2001, 18(1): 8- 13.
 [12] 黄明斌,刘贤赵. 黄土高原森林植被对流域径流的调节作用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1 057- 1 060.