

宁南黄土丘陵区植被恢复对土壤团聚体稳定性的影响

赵世伟¹, 苏 静², 杨永辉¹, 刘娜娜²

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

摘 要: 应用分形维数和平均重量直径对宁南黄土丘陵人工植被下土壤团聚体的结构进行了分析, 结果发现: 团聚体分形维数农田最大, 山杏、沙棘和柠条其次, 荒草地最小, 分形维数与 > 0.25 mm 团聚体含量负相关。土壤团聚体平均重量直径柠条> 沙棘> 荒草地> 山杏> 农田, 平均重量直径与 > 0.25 mm 团聚体含量成显著的正相关关系。植被恢复改善了土壤结构, 提高土壤抗侵蚀能力。在评价土壤团聚体稳定性方面, 分形维数与平均重量直径间的相关性较好。

关键词: 土壤结构; 分形维数; 平均重量直径

中图分类号: S 152.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005)03-0027-02

Influence of the Soil Structure in Loess Hilly Region of Southern Ningxia Under Different Man-made Vegetation

ZHAO Shi-wei¹, SU Jing², YANG Yong-hui¹, LIU Na-na²

(1. Institute of Soil and Water conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources;
2. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The soil structure in Loess Plateau of Southern Ningxia was studied with the fractal fraction and mean weight diameter. The result showed that: fractal fraction of cropland was the highest, pasture was the lowest, and there was a negative correlation between the fractal fraction and the amount of > 0.25 mm aggregate. Mean weight diameter (MWD) in vegetation was bigger than cropland, there was a positive correlation between MWD and amount of > 0.25 mm aggregate. It was gotten that fractal fraction and mean weight diameter can be used to appraise the soil structure.

Key words: soil structure; fractal fraction; mean weight diameter

植被恢复是黄土高原地区生态环境建设的重要措施, 植被恢复的实施改变了不合理的土地利用方式, 充分利用土壤-植物复合系统的功能改善局部环境, 促进区域生态平衡。植被恢复促进了土壤肥力恢复和土壤结构的改善。查轩的研究表明植被主要通过改善土壤特性而提高土壤侵蚀能力, 植被恢复后土壤有机质、水稳性团聚体及渗透性等抗侵蚀特性分别提高了 6、2.5 和 4.5 倍, 土壤抗冲性提高了 20 多倍^[1], 植被恢复改善了土壤结构, 提高黄土体的抗冲性能, 促进土壤功能的恢复。

土壤结构是土壤功能表现的基础, 土壤团聚体是土壤结构构成的基础, 团聚体的稳定性直接影响土壤表层的水、土界面行为, 特别是与降雨入渗和土壤侵蚀关系十分密切。土壤团聚体是土粒经各种作用形成的直径为 10~0.25 mm 的结构单位, 它是土壤中各种物理、化学和生物作用的结果。植被恢复后, 土壤结构发生了变化, 即土壤团聚体粒径分布发生变化。Van Bavel (1949) 就已经提出将平均重量直径当作土壤团聚体分布的指标, 鲁植雄就分形维数在农业土壤中的应用作了论述^[2], 可以认为分形维数、平均重量直径和 >

0.25 mm 水稳性团聚体的含量是评价土壤结构方法, 本文应用了这 3 种方法探讨了宁南黄土丘陵区植被恢复对土壤团聚体的影响, 为更好的评价土壤结构提供一个较好的思路。

1 试验区概况

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。其中所处的地区气候状况为: 年总辐射量 5 342.4 MJ/m², 年均气温 7.0℃, 年均降雨量 472 mm, 干燥度指数 1.55, 无霜期 152 d。王洼乡, 包括姚岔和姬阳洼两个小流域, 地处王洼乡的北侧, 西与王洼镇相邻, 106°32'45"~106°33'15"E, 北纬 36°04'30"~36°09'36"N, 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℃, 最大冻土厚度 1.4 m, 0℃积温 3 015℃, 10℃积温 2 690.4℃, 平均无霜期 145 d, 最大 180 d, 最小 105 d。年平均日照时数 2 518 h, 太阳总辐射 534.3 kJ/cm²。多年平均风速在 2.3 m/s 左右, 该区总面积 18.5 km², 区内土层厚度 50~150 m, 土壤为细黄

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: 赵世伟(1962-), 男, 研究员, 主要从事土壤与水资源管理研究。

土、淡黑垆土和普通黑垆土,其中以细黄土为主。植被属灌木草原植被类型区,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。

2 采样与分析方法

2.1 采样

采样地点在上黄的油坊塬和皇甫山以及彭阳王洼,土壤主要为细黄土,采样点土地利用方式以林地、农地、退耕地、草地、灌木等为主。采取原状土样 0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm 深度,样品带回室内进行风干。

2.2 分析方法

原状土样室内风干后,用萨维诺夫干筛法和湿筛法分别测定 > 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 的各级风干团聚体和水稳性团聚体含量。

2.3 计算方法

2.3.1 分形维数

分形理论应用与土壤科学始于 20 世纪 80 年代初。具有相似结构地多孔介质,大于某一粒径 d_i 的土粒构成的体积 $V(r > d_i)$ 可由 Katz 的公式推出:

$$V(r > d_i) = A [1 - (\bar{d}_i / k)^{3-D}] \tag{1}$$

式中: r ——直径、 A 、 K ——描述形状尺度的常数; \bar{d}_i ——两个相邻粒级的平均直径 \bar{d}_i ,忽略各粒级间土粒比重差异,则:

$$W(r > d_i) = pA [1 - (\bar{d}_i / d_{max})^{3-D}] \tag{2}$$

式中: $w(d_i)$ ——大于 d_i 的累计土粒重量, W_0 ——各粒级重量的总和, $\lim d_i = 0$,可推出

$$\lim W(r > d_i) = \rho A \tag{3}$$

有以上可推出:

$$W(r > d_i) / W_0 = 1 - (d_i / d_{max})^{3-D} \tag{4}$$

d_{max} 是最大土粒直径, D ——分形维数。明显 $3-D$ 是 $\log(W_i / W_0) \sim \log(d_i / d_0)$ 线性关系的斜率^[3]。

2.3.2 团聚体平均重量直径

平均重量直径(MWD) = $((d_i + d_{i-1}) / 2) \times (d_i - d_{i-1})$ 团粒百分率

3 结果与讨论

3.1 植被对团聚体分形维数的影响

试验结果显示:土壤团聚体分形维数农田的最大,荒草地的最低,沙棘、柠条和山杏居中。丁文峰指出分形维数越小,土壤容重越小,土壤越疏松,土壤含蓄水分和水土保持的功能越强^[4],土壤团聚体分形维数越大,土壤结构越不稳定,土壤抗侵蚀能力越差。因此,有植被的土壤水土保持功能好于农田,荒草地最好,柠条、沙棘、杏树次之。

荒草地土壤由于一方面荒草凋落物和草根的作用,对土壤结构的改善能力较强。沙棘、柠条和山杏由于大都种植的坡度较大,由于固原气候条件风的影响,这些植被的凋落物经风的搬运,输入土壤中的较少。另一方面由于坡度大,土壤受侵蚀影响较大,土壤表面产生了水土流失,引起有机物的损失。

3.2 分形维数与> 0.25 mm 土壤团聚体的关系

数据显示分形维数与> 0.25 mm 土壤团聚体含量成负相关关系,分形维数越大,> 0.25 mm 团聚体含量越低,而

且达到 0.5 显著性水平($p = 0.677, n = 100$)。土壤分形维数是反映土壤结构几何形状的参数,土壤团聚体粒径分布的分形维数反映了土壤水稳性团聚体及水稳性团聚体对土壤结构与稳定性的影响趋势,即团聚体分形维数越小,土壤则具有良好的结构与稳定性。> 0.25 mm 水稳定团聚体的含量越高,土壤结构越稳定,土壤抗蚀性越好;与此对应分形维数大,表示土壤团聚体需要的分维值就越高,土壤结构越复杂,土壤发育阶段越高。

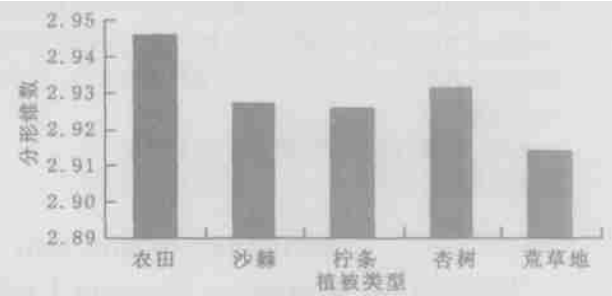


图 1 不同植被下土壤团聚体的分形维数差异

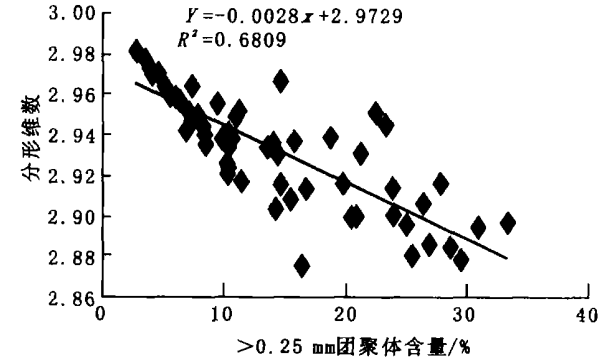


图 2 > 0.25 mm 团聚体含量与分形维数间关系

3.3 植被对平均重量直径的影响

图 3 结果显示:土壤团聚体平均重量直径,柠条高于杏树、荒草地、沙棘、农田最小。土壤平均重量直径表层(0~10 cm)高于 10~20 cm 和 20~30 cm,但是农田和荒草地平均重量直径在这 3 层中的差异不大,沙棘、柠条和杏树之间的差异较大。在 10~20 cm 土层柠条和杏树平均重量直径高于其他植被类型,而在 20~30 cm 土层荒草地最高,各个植被下的差异不显著。

土壤团聚体平均重量直径的值越大,土壤结构越稳定,土壤抗侵蚀能力越强。说明柠条、杏树、荒草地和沙棘土壤的抗侵蚀能力高于农田。表层土壤累计有机质含量较多,促进土壤团聚体的形成,因此平均重量直径较大。荒草地和农田由于有机质大都累计在表层,人为耕作影响,三层间的差异不大。杏树和柠条在 10~20 cm 值较大,因为柠条根系很深,杏树栽培的时间较长。在 20~30 cm 土层团聚体平均重量直径差异不显著说明植被对土壤结构的影响主要表现在 0~20 cm 的表层,深层影响较小。

3.4 平均重量直径与< 0.25 mm 土壤团聚体的关系

从图 4 中可以看到平均重量直径与< 0.25 mm 土壤团聚体成负相关关系,达到 0.01 显著水平。平均重量直径越大,< 0.25 mm 水稳性团聚体的含量越少,土壤结构越不稳定。

(下转第 69 页)

[32] 张林生, 赵文明. LEA 蛋白与植物的抗旱性[J] . 植物生理学通讯, 2003, 39(1): 61– 66.

[33] Caray Arroyo A, Colmenero Flores J M, Caroiarrubio A, et al. Highly hydrophilic proteins in prokaryates and eukaryates are common during conditions of water deficit[J] . J. Biolchem, 2000, 275(8): 5 668– 5 674.

[34] Ingram J, Bartels D. The molecular basis of dehydration tolerance in plants[J] . Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1996, 47: 377.

[35] 耀大勇, 沈黎明. 脱水蛋白研究进展[J] . 生物化学与生物物理进展, 1998, 25(2): 119– 123.

[36] 梁文裕, 等. 植物胚胎发育时期特异蛋白的研究进展[J] . 福建农林科技大学学报, 2003, 32(1): 98– 103.

[37] Kaldenhoff R, Eckert M. Featuresand Functions of Plant Aquaporins[J] . J Photochem Photobiol B , 1999, 52: 1– 6.

[38] Preston GM ,Carroll T P, et al. Appearance of Water Channelsin Xenopus Oocytes Expressing Red Cell CHIP28 Protein [J] . Science, 1992, 256(5055): 385– 387.

[39] Maurel C, Reizer J, Schroeder J, et al. The Vacuolaar Membrane Protein λ ITIP Creates water Specific Channelsin Xenopus Oocytes[J] . EMBO J, 1993, 12(6): 2241– 2247.

[40] Santoni V, Gerbeau P, Javot H, et al. The High Diversity of Aquaporins Reveals Novel Facets of Plant Membrane Functions[J] . Curr Opin Plant Biol, 2000, 3(6): 476– 481.

[41] Johnson KD, Herman EM, Chrispeels M J. An Abundant Highly Conserd Tonoplast Protein Seeds[J] . Plant Physiol, 1989, 91: 1006– 1013.

[43] 于秋菊, 林忠平, 等. 植物水孔蛋白研究进展[J] . 北京大学学报(自然科学版), 2002, 38(6): 855– 866.

(上接第 28 页)

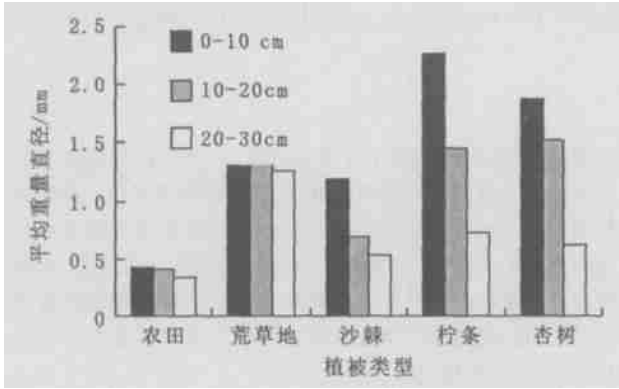


图 3 不同植被下土壤团聚体平均重量直径差异

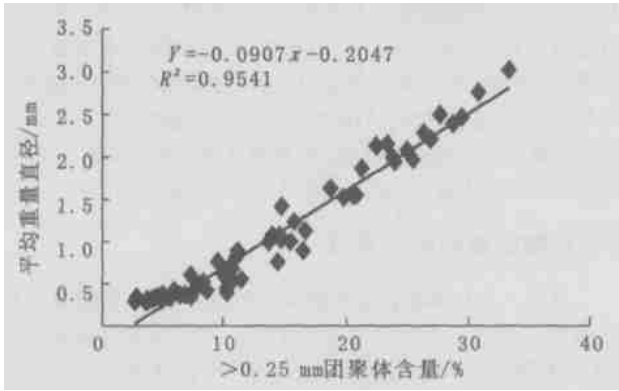


图 4 平均重量直径与> 0.25 mm 水稳性团聚体含量关系

参考文献:

[1] 查轩, 唐克丽. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J] . 水土保持研究, 1992, 6(2): 52– 58.

[2] 鲁植雄, 张维强, 潘君拯. 分形理论及其在农业土壤中的应用[J] . 土壤学进展, 1994, 22(5): 40– 45.

[3] 杨培岭, 罗远培, 石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征[J] . 科学通报, 1993, 38(20): 1896– 1899.

[4] 丁文峰, 丁登山. 黄土高原植被破坏前后土壤团粒结构分形特征[J] . 地理研究, 2002, 21(6): 700– 706.

[5] 彭祥林, 朱显谟. 关于黄土– 古土壤研究简述[J] . 水土保持研究, 1995, 2(4): 20– 25.

[6] 吴承祯, 洪伟. 不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J] . 土壤学报, 1999, 36(2): 162– 167.

4 结 论

彭祥林指出没有植被的繁衍就没有黄土高原的形成^[5], 植被恢复就是利用植被– 土壤之间的互动关系来提高土壤肥力, 改善土壤结构和功能, 已达到改善生态环境的目的. 由于土壤侵蚀的影响, 土壤环境较差, 自然恢复植被需要的时间太长, 因此人工植被可以加速植被恢复的过程.

固原黄土丘陵人工植被对土壤团聚体的影响的研究结果说明: 植被恢复改善了土壤结构, 提高了土壤功能. 土壤结构评价的指标– 团聚体分形维数农田最大, 山杏、沙棘和柠条其次, 荒草地最小, 分形维数与> 0.25 mm 团聚体含量负相关. 土壤团聚体平均重量直径柠条> 沙棘> 荒草地> 山杏> 农田, 平均重量直径与> 0.25 mm 团聚体含量呈显著的正相关关系.

对土壤结构的评价不仅反映土壤结构状态, 更要反映土壤功能. Van Bavel(1949) 就已经提出将平均重量直径当作土壤团聚体分布的指标, 80 年代初发展起来的分形几何学理论与方法, 为研究土壤特性的不规则性提供了有效的工具. 应用这两种方法对固原团聚体粒径分布状况计算, 这两种方法都能反映土壤团聚体状况, 说明土壤结构的改善. 由于这两种方法表达较粒径分布更为简单, 而且团聚体分形维数不尽表示团聚体粒径大小, 还反映质地均一程度, 土壤通透性和抗蚀性以及土壤肥力(吴承祯^[6]), 因此应用范围较广泛, 表达意义和功能较多, 是较为合理的土壤性质和功能的表达方式.