

# 基于LB法不同植被类型下土壤团聚体水稳性研究

董莉丽<sup>1</sup>, 郑粉莉<sup>2,3</sup>, 秦瑞杰<sup>2</sup>

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;  
3. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 土壤团聚体与土壤侵蚀和径流密切相关, 本试验用 Le Bissonnais 法中的快速处理测定黄土丘陵区纸坊沟流域土壤水稳性团聚体含量, 计算团聚体平均质量直径(MWD)、几何平均直径(GMD)和质量分形维数(D), 比较几种水稳性团聚体指标之间的相关性, 确定植被类型对土壤水稳性团聚体含量的影响。结果表明, 大于0.2 mm的土壤团聚体含量在1978年油松林地的0~5 cm层最大, 为54.95%, 在1990年刺槐林地和荒地的20~40 cm层最小, 为3.20%; MWD(mm)和GMD(mm)在1978年油松林地的0~5 cm层最大, 分别为1.66和0.46, 在荒地的20~40 cm层最小, 分别为0.09和0.05; 表层(0~5 cm)土壤D在2.71~2.84之间, 表下层在2.74~2.91之间。土壤有机质与D, MWD, GMD和>0.2 mm显著相关, 表明增加土壤有机质含量有利于土壤团聚体形成和水稳性提高。D, MWD, GMD和>0.2 mm都可用于表征土壤团聚体水稳性, 作为土壤抗侵蚀性指标。

**关键词:** 土壤团聚体水稳性; 分形维数; 平均质量直径; 几何平均直径

**中图分类号:** S152.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0191-06

土壤团聚体稳定性是土壤生态系统的综合参数<sup>[1]</sup>, 团聚体的稳定性与土壤侵蚀和径流密切相关<sup>[2]</sup>, 是土壤对径流和侵蚀敏感性的有效指示因子<sup>[3]</sup>; 团聚体稳定性的测定可间接地量化土壤可蚀性, 如在黄土高原和南方红土丘陵区常将>0.25 mm水稳性团聚体含量作为土壤抗蚀性指标。同一母质发育的土壤因植被类型不同, 团聚体的组成和数量都可发生很大的变化, 说明植被类型对土壤团聚体的形成具有较大的影响<sup>[4]</sup>。例如, 有研究<sup>[1]</sup>认为灌丛地土壤团聚体稳定性是农地的2.23倍; Pinheiro等<sup>[5]</sup>认为草场转变为农地后土壤团聚体含量下降, 土壤易受到侵蚀; Caravac等<sup>[6]</sup>认为农地土壤团聚体稳定性显著小于林地土壤。许多学者<sup>[7-9]</sup>利用平均质量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)研究土壤团聚体特征。20世纪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工具, 许多学者应用分形几何学研究土壤团聚体分布状态, 其中Zhou等<sup>[9]</sup>研究认为分形维数D是评价土壤团聚体特征的更敏感且更准确的参数, 并认为土壤扰动越大, 团聚体的分形维数越高; Zhang等<sup>[10]</sup>研究认为分形理论是反映土壤团聚体分布的有效方法; 李阳兵等<sup>[11]</sup>研究认为土壤团聚体结构分形维数与土壤性质之间存在显著定量关

系; 这些都说明土壤团聚体粒级分布的分形维数能客观反映团粒结构的特征和稳定性, 可作为土壤抗侵蚀性指标。纸坊沟流域是中科院安塞水土保持试验站生态恢复定位实验研究小流域, 该流域经过了30多年的水土保持综合治理, 期间, 许多坡耕地转变为草地或人工林地。笔者利用Le Bissonnais (LB)方法测定了该流域不同植被类型下土壤水稳性团聚体, 并计算土壤团聚体质量平均直径、几何平均直径和土壤团聚体粒级分布的质量分形维数, 探讨其与水稳性团聚体各粒级含量和土壤有机质之间的关系, 揭示植被恢复与重建对改善土壤生态环境的作用机制, 为评价退耕还林还草在减少土壤侵蚀方面的作用提供科学依据。

## 1 研究区概况

安塞纸坊沟(试验站)位于黄土高原中部, 陕西省延安市安塞县境内, 距延安市39 km。东经109°19'23", 北纬36°51'30", 海拔1 068~1 309 m。年均气温8.8℃, 年平均降雨量542.5 mm, 在气候上处于暖温带半湿润向半干旱过渡区; 地带性土壤为黑垆土, 但现在以黄绵土为主; 植被类型处于暖温带森林草原区, 同时又是受人类活动影响的典型水土流失严重区。

收稿日期: 2009-08-20

基金项目: 中国科学院西部行动计划(二期)“水文过程响应及其模拟”(KZCX2-XB2-05-03); 西北农林科技大学创新团队建设计划项目(01140202); 拔尖人才计划项目(01140102)

作者简介: 董莉丽(1979—), 女, 陕西扶风人, 博士研究生, 研究方向为生态修复与环境质量。E-mail: donglilixia@sina.com。

## 2 材料与方 法

### 2.1 样品采集

通过对该区植被类型的详细调查,选择不同年限刺槐林地、柠条刺槐混交林地、荒地、柠条灌木林地和油松林地 为研究对象,样地基本情况见表 1。

2008 年 8 月中旬采集土壤样品。每个样地按 S 型布设 5 个样点,每个样点用土钻分别取 0~5,5~10,10~20 cm 和 20~40 cm 土壤样品,将每层采集的 5 个样点土壤样品混合均匀,按四分法分 3 袋装,带回实验室,自然风干,全部土样过 3~5 mm 筛,用于测定水稳定性团聚体含量。

表 1 样点描述

Table 1 Description of sample sites

植被类型 Vegetation type	坡向 Slope direction	坡度 Gradient	海拔 Elevation (m)	经度/纬度 Longitude/latitude	优势种及盖度 Dominant species and coverage degree	主要伴生种 Main companion species	退耕时间(year) Restoration year
刺槐	EN35°	27°	1294	109°15'43"E/ 36°44'26"N	铁杆蒿和芨芨蒿 58%	长芒草,达乌里胡枝子	1977
	NE5°	32°	1290	109°15'41"E/ 36°44'29"N	长芒草和铁杆蒿 38%	阿尔泰狗娃花,白羊草	1988
	WS10°	15°	1249	109°15'36"E/ 36°44'26"N	猪毛蒿和阿尔泰狗娃花 12%	地锦草,香青蓝,苦苣菜	1990
柠条刺槐	WS10°	18°	1307	109°15'38"E/ 36°44'30"N	铁杆蒿 50%	长芒草,菊叶委陵菜	1977
柠条	WS20°	24°	1293	109°15'42"E/ 36°44'25"N	长芒草 50%	达乌里胡枝子	1974
油松	NE20°	32°	1160	109°16'03"E/ 36°45'58"N	铁杆蒿和紫穗槐 40%	长芒草,达乌里胡枝子	1978
荒草	WN5°	15°	1265	109°15'37"E/ 36°44'25"N	铁杆蒿 10%	刺儿菜	2005

注:表 1 中植被拉丁名分别为:油松(*Pinus tabulaeformis*);柠条(*Caragana korshinskii*);刺槐(*Robinia pseudoacacia*);达乌里胡枝子(*Lespedeza danurica*);芨芨蒿(*Artemisia giraldii*);阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*);苦苣菜(*Lactuca indica*);铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*);猪毛蒿(*Artemisia scoparia*);菊叶委陵菜(*Potentilla tanacetifolia*);刺儿菜(*Cephalanoplos segetum*);长芒草(*Stipa bungeana*);白羊草(*Bothriochloa isochneum*);地锦草(*Euphorbia humifusa*);香青蓝(*Lagochilus ilicopolius*);紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)。

### 2.2 测定方法

测定土壤团聚体稳定性的传统方法主要有湿筛法、水滴和人工降雨法、浸水崩解法等,由于这些方法所用的水分湿润方式、干扰能力大小和试验所用的团聚体大小等因素的差异,结果往往难以进行比较,并无法区分不同的团聚体稳定性机制。LB 方法根据团聚体不同的崩解作用力采用不同的处理,以区分团聚体崩解的不同机制。本文应用 LB 方法中的快速处理测定土壤水稳性团聚体含量,模拟了在快速湿润(如中国北方夏天的暴雨等)下土壤团聚体崩解作用,主要反映团聚体崩解的消散机制。测定方法见参考文献[12]。

### 2.3 计算方法

平均质量直径(MWD)和几何平均直径(GMD)由以下公式计算:

$$MWD = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad GMD = \text{Exp} \frac{\sum_{i=1}^n w_i \ln \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

式中, $\bar{x}_i$  为土壤粒级的平均直径(mm); $w_i$  为不同土壤粒级团聚体占总团聚体的比例。

土壤团聚体分形维数计算公式如下<sup>[13]</sup>:

$$W(r < R_i) / W_T = \left( \frac{\bar{R}_i}{R_{\max}} \right)^{3-D}$$

两边取以 10 为底的对数:

$$\lg W(r < R_i) / W_T = (3 - D) \lg \bar{R}_i / R_{\max}$$

式中, $D$  为土壤水稳性团聚体各粒级分布的分形维数; $W$  为直径小于  $R_i$  累积质量; $W_T$  为总质量; $\bar{R}_i$  为两相邻粒级  $R_i$  与  $R_{i+1}$  间土粒平均直径; $R_{\max}$  为最大粒级土粒平均直径。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同植被类型下土壤水稳性团聚体特征

3.1.1 不同植被类型下 >0.2 mm 团聚体含量 土壤团聚体是土壤的重要组成部分,影响土壤的许多物理化学性质,其稳定性是土壤学和土壤侵蚀学研究的重要方面。图 1 为 LB 法测定土壤水稳性团聚体各粒级含量的 >0.2 mm, MWD, GMD 和  $D$  值。一

般以大于 0.25 mm 水稳性团聚体含量作为土壤可蚀性的重要指标;但有研究<sup>[14]</sup>认为在模拟降雨条件下,30 min 后径流深度和土壤侵蚀量与表层土壤水稳性大团聚体(>0.2 mm)含量负相关。加之 LB 方法中没有 0.25 mm 筛,现计算大于 0.2 mm 水稳性团聚体含量,记为 >0.2 mm,见图 1-A,图 1 中具有不同字母者表示在同一土层不同样地之间的差异显著。>0.2 mm 在 1978 年油松林地的 0~5 cm 最大,为 54.95%,在 1990 年刺槐林地和荒地的 20~40 cm 最小,为 3.20%。各样地表层土壤 >0.2 mm 顺序为:1978 年油松林地 > 1977 年刺槐林地 > 荒地 > 1974 年柠条林地 > 1974 年柠条刺槐林地 > 1990 年

刺槐林地 > 1988 年刺槐林地。差异显著性检验表明,荒地,1974 年柠条林地和 1974 年柠条刺槐林地之间,1974 年柠条林地,1974 年柠条刺槐林地和 1990 年刺槐林地之间及 1990 年刺槐林地和 1988 年刺槐林地之间的差异性不显著,其余各样地之间的差异性显著。

3.1.2 不同植被类型下的土壤团聚体 MWD 和 GMD 平均质量直径 (MWD) 和几何平均直径 (GMD) 是反映土壤团聚体稳定性的两个重要指标。团聚体稳定性越大, MWD 和 GMD 越高。图 1-B 和 1-C 分别为土壤水稳性团聚体的 MWD 和 GMD,二者变化趋势基本一致。

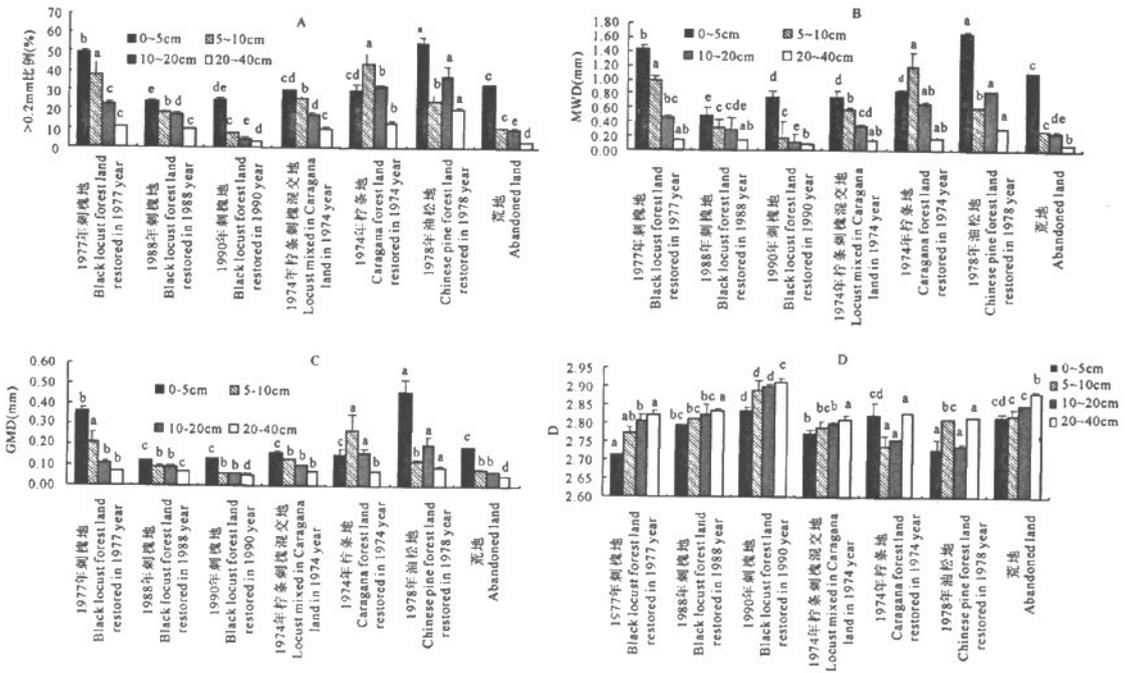


图 1 不同植被类型下土壤水稳性团聚体特征(A: >0.2mm;B:MWD;C:GMD;D:D)

Fig. 1 Characteristics of water stable aggregates under different vegetation types (A: >0.2mm; B: MWD; C: GMD; D: D)

由图可知, MWD 和 GMD 在 1978 年油松林地的 0~5 cm 最大,分别为 1.66 和 0.46,在荒地的 20~40 cm 最小,分别为 0.09 和 0.05。表层土壤 MWD 在各样地顺序为:1978 年油松林地 > 1977 年刺槐林地 > 荒地 > 1974 年柠条林地 > 1990 年刺槐林地 > 1974 年柠条刺槐林地 > 1988 年刺槐林地,差异显著性检验表明,1974 年柠条林地、1990 年刺槐林地和 1974 年柠条刺槐林地之间差异性不显著,其余各样地之间差异性显著。表层土壤 GMD 在各样地之间的顺序为:1978 年油松林地 > 1977 年刺槐林地 > 荒地 > 1974 年柠条刺槐林地 > 1974 年柠条林地 > 1990 年

刺槐林地 > 1988 年刺槐林地,其中荒地,1974 年柠条刺槐林地,1974 年柠条林地,1990 年和 1988 年刺槐林地之间的差异性不显著。另外, >0.2 mm、MWD 和 GMD 除在 1974 年柠条林地的 5~10 cm 高于 0~5 cm 的,在 1978 年油松林地的 10~20 cm 高于 5~10 cm 的外,在其余各样地的 0~5, 5~10, 10~20 cm 和 20~40 cm 依次减小。表层土壤 >0.2 mm 和 GMD 在 1977 年刺槐林地显著高于在 1988 年和 1990 年刺槐林地的,在 1988 年和 1990 年刺槐林地之间的差异不显著,这主要与退耕时间有关。1977 年刺槐林地,1974 年柠条刺槐林地和 1974 年

柠条林地同一时期退耕,  $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 在 1977 年刺槐林地显著高于在 1974 年柠条刺槐林地和 1974 年柠条林地的, 而 1974 年柠条刺槐林地和 1974 年柠条林地之间的差异不显著, 说明相对于柠条纯林和柠条刺槐混交林, 刺槐林地团聚体水稳性大, 在发生强降雨情况下, 土壤团聚体不易分散成糊状, 有效减少土壤侵蚀; 1977 年刺槐林地和 1978 年油松林地同一时期退耕, 但  $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 在油松林地显著大于在刺槐林地的, 这说明油松林地在有效减少土壤侵蚀方面的作用大于刺槐林地。

**3.1.3 不同植被类型下土壤团聚体分形特征** 土壤水稳性团聚体各粒级分布的质量分形维数(D)在 2.71~2.91 之间, 表层(0~5 cm)土壤的 D 在 2.71~2.84 之间, 5~10, 10~20 cm 和 20~40 cm 的 D 在 2.74~2.91 之间。这与安韶山等<sup>[15]</sup>研究得出表层土壤团聚体分形维数在 2.75~2.86 之间, 表下层的在 2.77~2.89 之间的结论接近。D 除在 74 年柠条林地的 5~10 cm 和 10~20 cm 小于 0~5 cm, 在油松林地的 5~10 cm 大于 10~20 cm 外, 在其余各样地的 0~5, 5~10, 10~20 cm 和 20~40 cm 依次增大。表层土壤 D 的大小顺序为 1977 年刺槐林地 < 1978 年油松林地 < 1974 年柠条刺槐林地 < 1988 年刺槐林地 < 荒地 < 1974 年柠条林地 < 1990 年刺槐林地, D 在 1977 年刺槐林地和 1978 年油松林地最小, 分别为 2.71 和 2.72, 与 1977 年刺槐林地和 1978 年油松林地表层土壤  $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 最高(见图 1)相一致。说明这两个林地土壤的水稳性大团聚体含量较高, 这与其退耕时间长, 群落结构复杂有关。1977 年, 1988 年和 1990 年刺槐林地随表层土壤团聚体的 D 值依次增大, 1988 年刺槐林地和 1990 年刺槐林地退耕时间仅相差 2 年, 但 1988 年刺槐林地的 D 值显著小于 1990 年刺槐林地的, 主要由于 1990 年刺槐林地光照时间较长, 土壤含水量较低, 植被稀疏, 平均总盖度仅为 12%, 且样地土壤有机质(OM)和微生物量<sup>①</sup>均显著低于 1988 年刺槐林地的, Zhang 等<sup>[16]</sup>和 Cerda 等<sup>[11]</sup>认为有机质和微生物及其分泌物在团聚体的形成和水稳性中起到重要作用。 $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 在 1974 年柠条刺槐林地和 1974 年柠条林地之间以及在 1988 年和 1990 年刺槐林地之间无显著差异, 而表层土壤 D 差异显著, Zhou 等<sup>[9]</sup>研究认为 D 值在反映不同植被类型下土壤团聚体水稳性时更加敏感。

### 3.2 土壤有机质、水稳性团聚体各粒级含量与团聚体水稳性指标间相关性分析

土壤水稳性各粒级团聚体含量与 D, MWD, OM

和 GMD 之间的相关性分析见表 2。 $>0.2$  mm 与  $<0.05$  和  $0.05\sim0.1$  mm 含量之间呈极显著负相关, 相关系数分别为  $-0.887$  和  $-0.925$ ; 与  $0.1\sim0.2$  mm 含量之间不具有相关性; 与  $0.2\sim0.5$ 、 $0.5\sim1$ 、 $1\sim2$  和  $>2$  mm 呈极显著正相关。MWD 与  $<0.05$  和  $0.05\sim0.1$  mm 之间呈极显著负相关, 相关系数分别为  $-0.829$  和  $-0.862$ ; MWD 与  $0.1\sim0.2$  和  $0.2\sim0.5$  mm 之间不具有相关性, 与  $0.5\sim1$  mm 显著相关, 相关系数为  $0.321$ ; MWD 与  $1\sim2$  和  $>2$  mm 之间呈极显著正相关性, 相关系数分别为  $0.503$  和  $0.997$ 。MWD 和 GMD 之间的相关系数为  $0.956$ , Zhou 等<sup>[9]</sup>研究认为壤团聚体 MWD 和 GMD 之间的相关性为  $0.95$ 。GMD 和 MWD 与各粒级团聚体含量之间的相关性相同, 相关系数略有差异。D 与  $<0.05$  和  $0.05\sim0.1$  mm 之间呈极显著正相关, 相关系数分别为  $0.951$  和  $0.780$ ; 与  $0.2\sim0.5$ 、 $0.5\sim1$ 、 $1\sim2$  和  $>2$  mm 之间呈极显著负相关; 与  $0.1\sim0.2$  mm 呈显著负相关。因此, 分别对  $<0.1$  和  $>0.1$  mm 与 D 进行回归分析(见图 2)。由图 2 可以看出,  $<0.1$  mm 团聚体含量越多, D 越大。张保华等<sup>[17]</sup>研究也认为土壤团聚体分形维数与较大粒级团聚体含量呈负相关、与较小粒级团聚体含量呈正相关。说明分形维数能客观反映团粒结构的性状, 从而为土壤抗蚀性提供新指标。D 与 MWD, GMD, OM 之间的相关系数分别为  $-0.795$ ,  $-0.811$ ,  $-0.589$ , 均达到极显著水平。其中, D 与 MWD 和 GMD 之间关系见图 2, D 值与 MWD 和 GMD 为非线性关系, 这说明 D 是以不同的方式量化土壤团聚体稳定性。

OM 与  $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 呈极显著正相关, 与 D 值呈极显著负相关, 表明增加土壤有机质含量有利于土壤团聚体形成和水稳性提高。Six 等<sup>[18]</sup>认为微团聚体通过有机质的粘合形成大团聚体。Zhang 等<sup>[16]</sup>认为有机质在大团聚体的形成和水稳性中起到最重要的作用。1974 年柠条刺槐林地土壤有机质含量最高, 但  $>0.2$  mm、MWD 和 GMD 显著低于 1977 年刺槐林地和 1978 年油松林地, 可见土壤结构的改善不仅决定于输入有机质的总量, 而且与有机质的组成和特征有关, 因为有机质的组成和特征不同, 使微团聚体和大团聚体的稳定作用具有不同的机制<sup>[4]</sup>。本项研究中, 表层(0~10 cm)土壤 MWD 和 GMD 以及  $>0.2$  mm 一般较大, 而 D 值一般较小, 这主要是由于表层土壤有机质含量高, 且位于团聚体的内部, 其不易和微生物接触, 进而不易被

① 数据未发表。

矿化<sup>[19]</sup>。因此,增加土壤有机质是促进团聚体稳定

性,防止土壤侵蚀的基本途径。

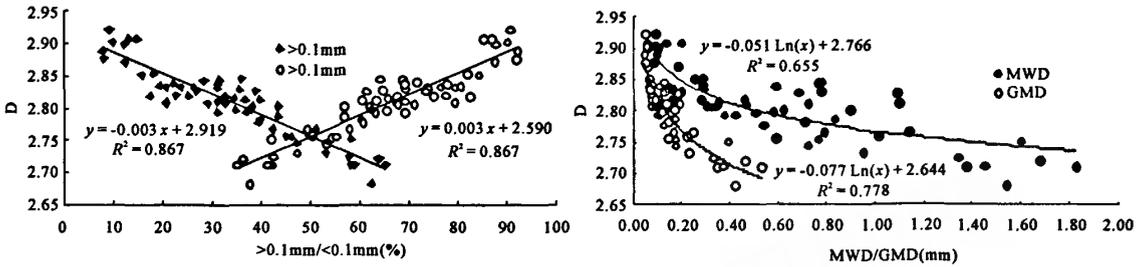


图 2 D 值与 >0.1 mm, <0.1 mm, MWD, GMD 的散点图

Fig.2 The scatter figures between D and >0.1 mm, <0.1 mm, MWD, GMD

表 2 相关性分析

Table 2 Correlation analysis

	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-2	>2	D	MWD	OM	GMD	>0.2
<0.05	1.000											
0.05-0.1	0.706**	1.000										
0.1-0.2	-0.224	-0.134	1.000									
0.2-0.5	-0.439**	-0.480**	0.876**	1.000								
0.5-1	-0.587**	-0.616**	0.686**	0.902**	1.000							
1-2	-0.677**	-0.660**	0.398**	0.629**	0.870**	1.000						
>2	-0.797**	-0.834**	-0.263*	0.051	0.246	0.435**	1.000					
D	0.951**	0.780**	-0.329*	-0.572**	-0.695**	-0.731**	-0.755**	1.000				
MWD	-0.829**	-0.862**	-0.201	0.120	0.321*	0.503**	0.997**	-0.795**	1.000			
OM	-0.585**	-0.647**	0.143	0.319*	0.411**	0.539**	0.586**	-0.589**	0.610**	1.000		
GMD	-0.843**	-0.793**	-0.164	0.146	0.319*	0.456**	0.953**	-0.811**	0.956**	0.528**	1.000	
>0.2	-0.887**	-0.925**	0.002	0.340**	0.532**	0.660**	0.951**	-0.885**	0.972**	0.655**	0.931**	1.000

注: \*\* 0.01 水平上显著相关, \* 0.05 水平上显著相关。

Note: \*\* Correlation is significant at the 0.01 level, \* correlation is significant at the 0.05 level.

### 4 结 论

1977 年刺槐林地和 1978 年油松林地表层土壤团聚体 D 最小,而 MWD, GMD 和 >0.2 mm 最大,表明这两个林地土壤结构稳定,抗蚀性强。在同一植被类型下,退耕时间越长,则地表土壤团聚体 >0.2 mm, MWD 和 GMD 越大, D 越小。在同时期退耕条件下,刺槐林地表层土壤团聚体 >0.2 mm, MWD 和 GMD 比柠条刺槐混交林地和柠条林地的大,且差异显著。OM 与 >0.2 mm、MWD 和 GMD 呈极显著正相关,与 D 值呈极显著负相关,表明增加土壤有机质含量有利于土壤团聚体形成和水稳定性提高。D, MWD, GMD 和 >0.2 mm 都可用于表征土壤团聚体水稳定性,作为土壤抗侵蚀性指标,表层土壤 >0.2 mm、MWD、GMD 和 OM 最高, D 值最小,说明表层土壤团聚体结构稳定,在减少水土流失方面的作用明显。

### 参 考 文 献:

- [1] Cerdá A. Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia[J]. Soil & Tillage Research, 2000, 57:159—166.
- [2] Bernard B, Roose E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels[J]. Catena, 2002, 47:133—149.
- [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] 史奔, 陈欣, 沈善敏. 土壤团聚体的稳定机制及人类活动的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11):1491—1494.
- [5] Pinheiro E F M, Pereira M G, Anjos L H C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil[J]. Soil & Tillage research, 2004, 77:79—84.
- [6] Caravaca F, Lax A, Albaladejo J. Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forest soils of semi-arid Spain[J]. Soil & Tillage Research, 2004, 78:83—90.
- [7] Li Z X, Cai C F, Shi Z H, et al. Aggregate stability and its relationship with some chemical properties of red soils in subtropical China [J]. Pedosphere, 2005, 15(1):129—136.

- [8] Pirmoradian N, Sepaskhah A R, Hajabbasi M A. Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influences by tillage treatments[J]. *Biosystems Engineering*, 2005,90(2):227—234.
- [9] Zhou H, Lu Y Zh, Yang Zh Ch, et al. Influence of Conservation Tillage on Soil Aggregates Features in North China Plain[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2007,6(9):1099—1106.
- [10] Zhang Zh, Wei Ch F, Xie D T, et al. Effects of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China[J]. *Particuology*, 2008,6(3):157—166.
- [11] 李阳兵,魏朝富,谢德体,等.岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体分形特征研究[J].*土壤通报*,2006,37(1):51—55.
- [12] Le Bissonnais Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility I. Theory and methodology[J]. *European Journal of Soil Science*,1996,47:425—428.
- [13] 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.
- [14] Barthès B, Roose E. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: Validation at several levels[J]. *Catena*,2002,47(2):133—149.
- [15] 安韶山,张 扬,郑粉莉.黄土丘陵区土壤团聚体分形特征及其对植被恢复的响应[J].*中国水土保持科学*,2008,6(2):66—70.
- [16] Zhang M K, He Zh L, Chen C Ch, et al. Formation and water stability of aggregates in red soils as affected by organic matter[J]. *Pedosphere*, 1996,6(1):39—45.
- [17] 张保华,刘子亭,何毓蓉,等.应用分形维数研究土壤团聚体与低吸力段持水性的关系[J].*土壤通报*,2006,37(5):857—860.
- [18] Six J, Faustian K, Elliott E T, et al. Soil structure and organic matter: I. distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 2000,64:681—689.
- [19] Wei Ch F, Gao M, Shao J G, et al. Soil aggregate and its response to land management practices[J]. *China Particuology*, 2006,4(5):211—219.

## Study on effects of different vegetation types on soil aggregate water stability based on LB method

DONG Li-li<sup>1</sup>, ZHENG Fen-li<sup>2,3</sup>, QIN Rui-jie<sup>2</sup>

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. The State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry land Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Soil aggregate is crucial to soil erosion and runoff. The fast wetting of Le Bissonnais method was used to measure the content of soil water stable aggregate and samples were collected from Zhifanggou catchment of the Loess hilly-gully region. The mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD) and mass fractal dimension (D) of soil aggregates were calculated and correlations among these indexes were analyzed. The effects of vegetation types on the content of soil water stable aggregates were studied. The results indicate that the biggest content of >0.2 mm soil aggregate is 54.95% in the 0~5cm of Chinese pine forest restored in 1978 year land and the smallest is 3.20% in the 20~40 cm of black locust forest land restored in 1990 year and abandoned land; The biggest of MWD(mm) and GMD (mm) are 1.66 and 0.46 respectively in the 0~5 cm of Chinese pine forest land restored in 1978 year and the smallest of them are 0.09 and 0.05 respectively in the 20~40 cm of abandoned land. D of topsoil (0~5 cm) and subsoil(5~20 cm) are 2.71~2.84 and 2.74~2.91 respectively. >0.2 mm, MWD, GMD and D correlate significantly with soil organic matter, which indicate that increasing the content of soil organic matter can improve soil aggregate formation and soil aggregate water stability. D, MWD, GMD and >0.2 mm can indicate soil aggregate water stability and are the indicators of the soil anti-erodibility.

**Keywords:** soil aggregate water stability; fractal dimension; mean weight diameter; geometric mean diameter