

王月玲,王思成,马 璠,等. 宁南黄土丘陵区撂荒地恢复过程中土壤水稳性团聚体的变化特征[J]. 江苏农业科学,2018,46(21):310-314.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.076

宁南黄土丘陵区撂荒地恢复过程中土壤水稳性团聚体的变化特征

王月玲¹,王思成²,马 璠¹,许 浩¹,董立国¹,蔡进军¹,韩新生¹

(1. 宁夏农林科学院荒漠化治理研究所,宁夏银川 750002; 2. 宁夏农业综合开发办公室,宁夏银川 750011)

摘要:以宁南黄土丘陵区弃耕撂荒地研究对象,采用野外调查取样和实验室测定相结合的方法,研究不同年限撂荒地土壤水稳性团聚体及其特征。结果表明:(1) >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例在 0~30 cm 土层随着撂荒年限的延长先降低后增加,10 年降至最低点 10.20%; 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 土层各年限撂荒地 >0.25 mm 粒级水稳性大团聚体含量分别为 38.3%、24.53%、14.47%,各粒级土壤水稳性团聚体的变异系数总体呈现出随着粒级减小而逐渐变小的趋势;(2) 在 0~30 cm 土层随着撂荒年限的延长,土壤水稳性团聚体的平均质量直径和几何平均直径基本呈现出逐渐增加的趋势,土壤水稳性团聚体分形维数在 10 年后呈现出减小的趋势,且差异显著;(3) 相关分析表明,粒级 >2 mm 的水稳性团聚体对土壤结构的稳定性起到很大的作用。通过分析,总体反映出随着撂荒地植被的不断恢复,改善了土壤的结构性能,使得土壤抗蚀能力得到了很大提高。

关键词:撂荒地;土壤水稳性团聚体;恢复年限;宁南黄土丘陵区

中图分类号:S157 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)21-0310-05

撂荒地是指曾经被耕种而现在不被继续耕种以致荒芜的土地^[1],耕地撂荒是耕地边际化的极端表现。耕地出现严重撂荒的主要原因,一是城镇化和工业化发展引起农村人口的外迁和非农化,导致山区农业劳动力大量减少;二是农资价格上涨、生态条件恶劣导致土地利用纯收益下降;其中劳动力析出是撂荒的直接原因^[2]。耕地撂荒不仅是对土地资源的一种浪费,也影响生态环境。撂荒地现象从 20 世纪下半叶开始,在全球范围内都有发生,特别在发达资本主义国家开始,直到现在,欧美等国家时有发生。我国耕地撂荒主要是从近 20 年开始的,而近年来愈演愈烈,所以也成为研究的热点^[3]。弃耕演替为进展演替可以为生态恢复规划提供指导,但要恢复为稳定的生态系统可能会经历很长一段时间^[4]。黄土丘陵区是我国乃至全球水土流失最严重的地区,水土流失、土壤退化等已成为困扰该区域可持续发展和农民脱贫致富的主要问题^[5]。明确弃耕地撂荒后植被的自然演替是否引起土壤结构的变化,以及这种变化是否增强土壤的抗蚀性能,对于评价耕地撂荒解决水土流失问题至关重要。

土壤团聚体的形成与动态变化及团聚体稳定性是土壤结构研究的主要内容^[6]。作为土壤结构的基本单位,土壤团聚体与土壤物理、化学和生物学性质直接相关,其含量与粒级分

布不仅影响作物生长发育,而且对土壤抗蚀性和土壤可持续利用等有重要影响^[7]。具有良好团聚体结构的土壤,不仅具有高度的空隙性和持水性,而且有良好的通透性,在植物生长期能够很好地调节植物需要的水、肥、气、热诸因素^[8]。近年来,国内外对紫土、黑土等土壤条件下土地利用方式或不同肥力水平对土壤团聚体结构及稳定性影响^[9-16]研究较多,但对宁南黄土丘陵区不同年限撂荒地土壤水稳性团聚体影响的研究鲜有报道,急需加强研究。笔者以宁南黄土丘陵区为研究区域,采用 Yoder 湿筛法^[17]测定不同年限弃耕撂荒地土壤水稳性团聚体,使用土壤团聚体 MWD、GMD 和分形维数 D 等指标来分析和评价土壤水稳性团聚体的结构特征与稳定性,以期为宁南黄土丘陵区的植被恢复和土壤质量的改善提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于彭阳县东北 13 km 处的白阳镇中庄村,该村总面积 16.5 km²,耕地面积 1 076 hm²,地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地,地形破碎,地面倾斜度大,平均海拔在 1 600~1 700 m。年平均气温 7.6℃, ≥ 10 ℃的积温 2 200~2 750℃,境内年蒸发量较大,干燥度为 3.58,无霜期 140~160 d。降雨是雨水资源量的决定因素,研究区多年平均年降水量 475 mm,降水量集中且年内分配不均,雨量集中月份常以暴雨形式出现,易发局地暴雨洪水。研究区土壤类型以普通黑垆土为典型土壤,土壤母质为黄土及黄土状物,pH 值在 8.0~8.5,土层深厚,土质疏松。植被类型以草原植被为基础,生长着长茅草(*S. bungeana* Trin.)、角蒿(*I. Sinensis* Lam.)、星毛委陵菜(*P. acaulis* L.)等,其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃(*P.*

收稿日期:2017-12-11

基金项目:国家重点研发计划重点专项(编号:2016YFC0501702);国家科技支撑计划(编号:2015BAC01B01);宁夏重大攻关项目;宁夏农林科学院科技创新先导资金(编号:NKYJ-17-11)。

作者简介:王月玲(1980—),女,宁夏固原人,硕士,副研究员,主要从事黄土高原水土保持与生态环境建设方面的研究。E-mail: wylxnky@163.com。

通信作者:王思成,硕士,高级农业工程师,主要从事农业综合开发项目及资源环境方面的研究。E-mail: wangricheng2008@163.com。

davidiana Franch.)、沙棘 (*H. rhamnoides* L.)、山杏 (*Prunus armeniaca*) 等为主。

1.2 研究方法

1.2.1 样地选取 2017 年 4 月在野外全面踏查的基础上, 根据植物群落组成、结构和对当地居民的访问调查结果, 在保

证样地黄土母质相同的情况下, 本试验选取了无人干扰或人为干扰相对较少且立地条件相似的不同撂荒年限样地共 5 块进行土壤水稳性团聚体测定, 撂荒年限分别为 2、5、10、15、17 年。样地基本概况见表 1。

表 1 样地基本情况

撂荒年限 (年)	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 (m)	坡向	主要群落类型
2	106.721035°	35.953117°	1 585	半阳坡	猪毛菜 + 狗尾草 + 猪毛蒿
5	106.717647°	35.955781°	1 682	半阳坡	赖草、猪毛蒿 + 硬质早熟禾
10	106.715743°	35.952995°	1 677	半阳坡	猪毛蒿、长芒草 + 达乌里胡枝子
15	106.716447°	35.953738°	1 680	半阳坡	猪毛蒿 + 赖草
17	106.721339°	35.942355°	1 614	半阳坡	长芒草、长芒草 + 达乌里胡枝子

1.2.2 土壤样品的采集 2017 年 5 月在各样地内随机挖取 2 个深 30 cm 的剖面, 按从上到下斜对角线方式用铝盒和 100 cm³ 的环刀分别采取 0 ~ 10 cm、> 10 ~ 20 cm、> 20 ~ 30 cm 的原状土样, 每层取 3 个重复, 带回实验室。铝盒在通风处自然风干, 环刀烘干测定土壤容重。

1.2.3 水稳性团聚体的测试方法 本研究采用 Yoder 湿筛法对水稳性团聚体含量进行测定。利用日本产 DIK - 2001 型土壤团粒分析仪进行测试, 1 次可以分析 4 个样品, 套筛孔径依次为 2、1、0.5、0.25、0.106 mm。采集回来的土壤样品自然风干后进行测定, 每组样品测定的振荡时间为 30 min, 振荡结束后将留在筛子上的各级团聚体用清水冲入碗中, 接着用滤纸过滤团聚体, 然后把滤纸和土壤团聚体一起放入烘箱 55 ℃ 风干, 在空气中平衡 2 h, 不同粒级团聚体的土样分别称质量。

1.3 结果计算

(1) 不同粒级水稳性团聚体的质量百分比

$$W_i = \frac{W_{wi}}{M_T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: W_i 为某级水稳性团聚体的质量分数 (%) ; W_{wi} 为该级水稳性团聚体的风干质量 (g) ; M_T 为水稳性团聚体的风干总质量 (g)。

(2) 水稳性大团聚体的质量百分比

$$W_{0.25} = \frac{M_{i>0.25}}{M_T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $W_{0.25}$ 为水稳性大团聚体的质量分数 (> 0.25 mm) ; $M_{i>0.25}$ 为大于 0.25 mm 水稳性团聚体的质量 (g) ; M_T 为水稳性团聚体的风干总质量 (g)。

(3) 水稳性团聚体的土壤平均质量直径 (MWD)

$$MWD = \sum x_i y_i \quad (3)$$

式中: x_i 为土壤粒级的平均直径 (mm) ; y_i 为不同土壤粒级团聚体占总团聚体的比例。

(4) 水稳性团聚体的土壤几何平均直径 (GMD)

$$GMD = \exp \left(\frac{\sum m_i \ln x_i}{\sum m_i} \right) \quad (4)$$

式中: m_i 为土壤不同粒级团聚体的质量 (g) ; $\ln x_i$ 为土壤粒级平均直径的自然对数。

(5) 水稳性团聚体的分形维数 (D)

土壤团聚体的质量分形维数 (D) 是基于假设不同粒级的

土壤密度相同提出来的。公式如下:

$$\frac{M(r < \bar{x}_i)}{M_T} = \left(\frac{\bar{x}_i}{x_{\max}} \right)^{3-D} \quad (5)$$

两边取以 10 为底的对数:

$$\lg \left[\frac{M(r < \bar{x}_i)}{M_T} \right] = (3 - D) \lg \left(\frac{\bar{x}_i}{x_{\max}} \right) \quad (6)$$

式中: $M(r < \bar{x}_i)$ 为直径小于 \bar{x}_i 的团聚体的质量 (g) ; M_T 为团聚体总质量 (g) ; \bar{x}_i 为某级团聚体的平均直径 (mm) ; x_{\max} 为团聚体的最大直径 (mm)。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据处理和作图, 用 DPS 16.05 和 SPSS 19.0 统计分析软件进行单因素方差分析和相关分析, 不同参数之间多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 土壤水稳性团聚体的分布特征

在撂荒地的植被恢复过程中, 随着植被恢复年限的增长, 土壤水稳性团聚体含量也发生相应的变化。从表 2 可以看出, 水稳性团聚体以 < 0.25 mm 和 > 2 mm 粒级为主, 0 ~ 10 cm 土层各年限撂荒地 < 0.25 mm 粒级水稳性微团聚体含量平均值最高, 为 61.7%, > 0.25 mm 粒级水稳性大团聚体含量为 38.3%, > 2 mm 粒级的水稳性团聚体含量为 21.44%, > 1 ~ 2 mm 粒级的水稳性团聚体含量最小, 为 4.32%。> 10 ~ 20 cm 土层各年限撂荒地 < 0.25 mm 粒级水稳性微团聚体含量平均值为 75.47%, > 0.25 mm 粒级水稳性大团聚体含量为 24.53%, > 2 mm 粒级的水稳性团聚体含量为 13.02%, > 1 ~ 2 mm 粒级的水稳性团聚体含量最小, 为 2.92%。> 20 ~ 30 cm 土层 < 0.25 mm 粒级水稳性微团聚体含量平均值为 85.53%, > 0.25 mm 粒级水稳性大团聚体含量为 14.47%, > 2 mm 粒级的水稳性团聚体含量最小, 为 1.09%。且 0 ~ 30 cm 土层不同年限撂荒地, 基本呈现出随着粒级减小, 团聚体所占的质量百分比逐渐增大。

不同土层的水稳性团聚体含量随着恢复年限增加存在一定的差异。2.5 年的撂荒地的变化规律相同, 10、15、17 年撂荒地出现两头大、中间小的变化规律。在 0 ~ 10 cm 土层中不同年限撂荒地 > 2 mm 水稳性大团聚含量变化顺序为 17 年 > 15 年 > 10 年 > 5 年 > 2 年, 总体表现出 > 2 mm 水稳性大团聚含量随着撂荒年限的延长而不断增加, 在 2 ~ 10 年前期撂荒

演替中,各年限间差异不显著,但与 15、17 年差异显著。在 >10~20 cm 土层中不同年限撂荒地 >2 mm 水稳性大团聚含量变化顺序为 17 年>15 年>2 年>5 年>10 年,不同年限间差异不显著。在 20~30 cm 土层中不同年限撂荒地 >2 mm

水稳性大团聚含量变化顺序为 15 年>2 年>5 年>17 年>10 年,不同年限间差异不显著。<0.106 mm 水稳性团聚体含量在 0~30 土层中,随着撂荒年限的延长呈先增加后降低趋势,不同年限间差异显著。

表 2 不同撂荒年限地 0~30 cm 土层土壤水稳性团聚体分布特征

土层 (cm)	年限 (年)	不同粒级土壤水稳性团聚体的质量比例(%)					
		>2 mm	>1~2 mm	>0.5~1 mm	>0.25~0.5 mm	0.106~0.25 mm	<0.106 mm
0~10	2	2.70±0.035c	6.26±0.027a	9.61±0.033b	17.00±0.011a	21.75±0.026a	42.67±0.066cd
	5	6.29±0.077c	4.94±0.029ab	7.21±0.025bc	10.70±0.039b	13.46±0.020c	57.41±0.055b
	10	11.54±0.058c	2.39±0.005a	2.11±0.007e	3.24±0.008d	7.76±0.011def	72.95±0.069a
	15	34.19±0.222b	3.79±0.010ab	2.86±0.016de	4.03±0.019cd	7.44±0.020ef	47.70±0.167bc
	17	52.49±0.260a	4.21±0.032ab	2.92±0.019de	3.04±0.019d	5.52±0.026f	31.82±0.170d
	均值	21.44	4.32	4.94	7.60	11.19	50.51
10~20	2	15.52±0.171ab	6.26±0.015a	7.47±0.011a	9.75±0.018a	13.91±0.021a	47.09±0.157de
	5	13.47±0.157ab	0.86±0.013d	1.42±0.003d	2.80±0.013b	6.78±0.009bc	74.67±0.157ab
	10	0.28±0.004b	1.05±0.004cd	1.66±0.007d	2.49±0.014b	5.86±0.015c	88.65±0.038a
	15	17.10±0.234ab	2.81±0.011bc	4.26±0.031cd	4.24±0.018b	7.66±0.006bc	63.93±0.186bc
	17	18.71±0.191ab	3.63±0.005b	4.30±0.007bcd	4.60±0.010b	7.21±0.026bc	61.56±0.197bcd
	均值	13.02	2.92	3.82	4.77	8.29	67.18
20~30	2	1.67±0.027bc	7.11±0.037a	7.71±0.028ab	8.58±0.015a	12.29±0.007ab	62.64±0.107de
	5	1.17±0.014bc	4.66±0.036ab	4.80±0.026bc	7.44±0.034ab	11.70±0.043ab	70.22±0.131cd
	10	0.15±0.001c	1.53±0.003c	1.85±0.006c	2.30±0.007c	4.61±0.003d	89.57±0.012a
	15	1.75±0.034bc	3.08±0.011bc	3.97±0.018c	4.34±0.021bc	9.05±0.012bc	77.82±0.069bc
	17	0.70±0.006c	2.04±0.015c	3.06±0.022c	4.46±0.032bc	6.67±0.036cd	83.06±0.104ab
	均值	1.09	3.68	4.28	5.42	8.86	76.66

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 土壤水稳性大团聚体的质量分数

从表 3 可以看出,>0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例随着撂荒年限的延长先降低后增加。撂荒初期 2 年的土壤水稳性大团聚体含量较高,0~30 cm 土层平均为 33.22%,随着撂荒年限的延长,5~10 年撂荒地土壤水稳性大团聚体含量开始下降,在 10 年处最低平均为 10.20%,然后又开始增加,撂荒 17 年 0~30 cm 土层土壤水稳性大团聚体含量达到最大,平均为 34.72%。在 0~10 cm 土层,2、10、17 年撂荒地 >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例差异显著;在 10~20 cm 土层,2、5、10 年撂荒地 >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例差异显著;在 20~30 cm 土层,2、5、10 年撂荒地 >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例差异显著。在 0~30 cm 土层,不同年限撂荒地 >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例随着土层深度的加深而减少。

表 3 不同撂荒年限 0~30 cm 土层 >0.25 mm 土壤水稳性大团聚体比例

土层 (cm)	土壤水稳性大团聚体比例(%)					
	>0.25 mm	2 年	5 年	10 年	15 年	17 年
0~10	35.58cd	29.13de	19.29e	44.86bc	62.67a	38.30
10~20	39.00ab	18.55cd	5.49d	28.40bc	31.23bc	24.53
20~30	25.07bc	18.07cd	5.82e	13.14de	10.27de	14.47
均值	33.22	21.92	10.20	28.80	34.72	

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 土壤水稳性团聚体平均质量直径、几何平均直径和分形维数

从表 4、表 5 可以看出,从团聚体平均质量直径和几何平

均直径来看,在 0~30 cm 土层土壤水稳性团聚体 MWD 和 GMD 的变化趋势是相同的。在 0~10 cm 土层,撂荒 2 年团聚体 MWD 和 GMD 较小,随着撂荒年限的延长,5~17 年间总体呈现增加趋势。在 >10~20 cm 土层,撂荒 2 年团聚体 MWD 和 GMD 较小,5 年处略有增加,在 10 年处明显下降,随后在 15~17 年开始增加。在 >20~30 cm 土层,也是撂荒 2 年团聚体 MWD 和 GMD 较小,随后 5~17 年变化不是很明显。0~30 cm 不同土层间,土壤水稳性团聚体 MWD 和 GMD 随着土层的加深呈减小趋势,表明表土层 0~10 cm 土壤团聚体较下层 >10~30 cm 稳定,土壤抗侵蚀能力较强。从表 4、表 5 可以看出,在 0~10 cm 土层,2~5 年与 10~17 年撂荒地团聚体 MWD 和 GMD 差异显著,在 >10~20 cm 土层,10 年与 15~17 年撂荒地团聚体 MWD、GMD 差异显著,在 >20~30 cm 土层,各年限撂荒地团聚体 MWD、GMD 差异不显著。

表 4 土壤水稳性团聚体平均质量直径

土层 (cm)	土壤水稳性团聚体平均质量直径(mm)					
	2 年	5 年	10 年	15 年	17 年	均值
0~10	0.83c	1.22c	2.07b	2.35ab	2.59a	1.81
10~20	1.46ab	1.61ab	0.86b	1.76a	1.78a	1.49
20~30	0.93bc	0.93bc	0.87bc	1.02abc	0.91bc	0.93
均值	1.07	1.25	1.26	1.71	1.76	

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著,表 5、表 6 同。

土壤水稳性团聚体分形维数越大,土壤结构的稳定性越差。从表 6 可以看出,0~30 cm,2、5、10 年撂荒地分形维数曲线比较接近,变化不是很明显,15、17 年撂荒地变化比较明显。尤其在 0~10 cm 土层,15、17 年撂荒地土壤水稳性团聚

体分形维数明显下降,说明 10 年之后,土壤结构的稳定性开始变好。分析结果表明,表土层 0 ~ 10 cm,2 ~ 10 年与 17 年撂荒地土壤水稳性团聚体分形维数差异显著,20 ~ 30 cm 不同年限撂荒地土壤水稳性团聚体差异不显著。

表5 土壤水稳性团聚体几何平均直径

土层 (cm)	土壤水稳性团聚体几何平均直径(mm)					
	2 年	5 年	10 年	15 年	17 年	均值
0 ~ 10	0.66c	0.93c	1.64b	2.04ab	2.35a	1.52
10 ~ 20	1.15ab	1.42ab	0.69b	1.48a	1.48a	1.24
20 ~ 30	0.76bc	0.74bc	0.72bc	0.82bc	0.71bc	0.75
均值	0.86	1.03	1.02	1.45	1.51	

表 6 土壤水稳性团聚体分形维数

土层 (cm)	土壤水稳性团聚体分形维数					
	2 年	5 年	10 年	15 年	17 年	均值
0 ~ 10	2.78 ^{abc}	2.83 ^{ab}	2.90 ^a	2.69 ^{bc}	2.45 ^d	2.73
10 ~ 20	2.75 ^{de}	2.89 ^{abc}	2.97 ^a	2.82 ^{bcd}	2.80 ^{cd}	2.85
20 ~ 30	2.86 ^{cd}	2.90 ^{bc}	2.97 ^a	2.93 ^{ab}	2.95 ^{ab}	2.92
均值	2.80	2.88	2.95	2.81	2.73	

2.4 土壤容重、水稳性团聚体各参数之间的相关性

通过土壤容重(SBD)、水稳性团聚体各参数之间的相关系数来评价土壤团聚体数量组成对土壤结构稳定性的影响。

从表 7 可以看出,在表土层 0 ~ 10 cm,土壤容重与分形维数相关不显著;土壤容重与土壤水稳性团聚体 MWD、GMD 和 >2 mm 大团聚体所占比例呈极显著、显著负相关,相关系数分别为 -0.49、-0.44、-0.32;土壤容重与 >0.25 ~

0.5 mm、0.106 ~ 0.25 mm 土壤水稳性团聚体所占比例呈极显著正相关,相关系数均为 0.40。土壤水稳性团聚体分形维数与 MWD、GMD、>2 mm 呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.56、-0.66、-0.88;分形维数与 >0.25 ~ 0.5 mm、0.106 ~ 0.25 mm 和 <0.106 mm 呈显著、极显著正相关,相关系数分别为 0.35、0.45、0.87;其中, <0.106 mm 的相关系数为 0.87,贡献最大。土壤水稳性团聚体 MWD 和 GMD 与 >2 mm 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.87 和 0.92;与其他径级呈极显著负相关。分形维数与 MWD、GMD 的影响因子相反,>2 mm 的土壤水稳性大团聚体越多,MWD 和 GMD 的值越大,分形维数值越小,土壤结构越稳定,土壤抗侵蚀能力越强,反之,则越差。MWD 与 GMD 呈极显著正相关,相关系数为 0.98

从表 8 可以看出,在土层 $>10 \sim 20$ cm,土壤容重与分形维数相关不显著;土壤容重与土壤水稳性团聚体 GMD 和 >2 mm 大团聚体所占比例呈显著正相关,相关系数分别为 0.32、0.29;土壤容重与 $>1 \sim 2$ mm、 $>0.5 \sim 1$ mm、 $>0.25 \sim 0.5$ mm、 $0.106 \sim 0.25$ mm 土壤水稳性团聚体所占比例呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.51 、 -0.44 、 -0.41 、 -0.43 。土壤水稳性团聚体分形维数与 MWD、GMD、 >2 mm 呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.75 、 -0.77 、 -0.90 ;分形维数与 <0.106 mm 呈极显著正相关,相关系数为 0.60。土壤水稳性团聚体 MWD 和 GMD 与 >2 mm 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.91 和 0.93。分形维数与 MWD、GMD 的影响因子相反, >2 mm 的土壤水稳性大团聚体越多,MWD

表 7 0~10 cm 土壤容重、水稳性团聚体各参数之间的相关性分析

[illegible]

注:**、* 分别为 0.01、0.05 水平上显著相关,表 8、表 9 同。

表 8 >10 ~ 20 cm 土壤容重、水稳性团聚体各参数之间的相关性分析

[illegible]

和 GMD 的值越大,分形维数值越小,土壤结构越稳定,土壤抗侵蚀能力越强,反之,则越差。MWD 与 GMD 呈极显著正相关,相关系数为 0.99。

从表 9 可以看出,在土层 >20~30 cm,土壤容重与分形维数呈极显著正相关;土壤容重与 >1~2 mm、>0.5~1 mm、>0.25~0.5 mm、0.106~0.25 mm、<0.106 mm 土壤水稳性团聚体所占比例呈显著、极显著负相关。土壤水稳性团聚体分形维数与 MWD、GMD、>2 mm、>1~2 mm、>0.5~1 mm、

表 9 >20~30 cm 土壤容重、水稳性团聚体各参数之间的相关性分析

参数	相关系数									
	SBD	D	MWD	GMD	>2 mm	>1~2 mm	>0.5~1 mm	>0.25~0.5 mm	0.106~0.25 mm	<0.106 mm
SBD	1.00	0.38**	-0.04	-0.03	-0.12	-0.32*	-0.45**	-0.43**	-0.45**	0.43**
D		1.00	-0.61**	-0.63**	-0.71**	-0.78**	-0.74**	-0.67**	-0.65**	-0.97**
MWD			1.00	0.99**	0.92**	0.191	0.04	-0.06	-0.00	0.46**
GMD				1.00	0.95**	0.201	0.04	-0.06	0.01	0.48**
>2 mm					1.00	0.204	0.10	0.02	0.05	-0.55**
>1~2 mm						1.00	0.84**	0.80**	0.80**	0.86**
>0.5~1 mm							1.00	0.87**	0.81**	-0.83**
>0.25~0.5 mm								1.00	0.93**	-0.82**
0.106~0.25 mm									1.00	-0.82**
<0.106 mm										1.00

3 结论

通过以上分析,在宁南黄土丘陵区撂荒地植被恢复过程中,不同撂荒年限对土壤水稳性团聚体含量有很大的影响。(1)不同年限撂荒地 0~30 cm 土层土壤的水稳性团聚体分布以 <0.25 mm、>2 mm 粒级为主,0~10 cm、>10~20 cm、>20~30 cm 土层各年限撂荒地 >0.25 mm 粒级水稳性大团聚体含量分别为 38.3%、24.53%、14.47%,且 0~30 cm 土层不同年限撂荒地基本呈现出随着粒级减小,团聚体所占的质量百分比逐渐增大。(2)不同土层的水稳性团聚体含量随着恢复年限增加存在一定的差异。2、5 年的撂荒地的变化规律相同,10、15、17 年撂荒地出现两头大、中间小的变化规律。>2 mm 水稳性大团聚含量在 0~10 cm 土层中不同年限撂荒地变化顺序为 17 年>15 年>10 年>5 年>2 年,总体表现出 >2 mm 水稳性大团聚含量随着撂荒年限的延长而不断增加;>0.25 mm 土壤水稳性大团聚体所占比例在 0~30 cm 土层随着撂荒年限的延长先降低后增加。(3)不同年限撂荒地 0~30 cm 土层,从土壤 MWD、GMD 和分形维数值来看,10 年撂荒地土壤抗蚀能力较弱,从 10 年以后,随着撂荒时间的延长,土壤抗侵蚀能力逐渐增强。(4)通过土壤容重与水稳性团聚体各参数间的相关性分析结果表明,粒级 >2 mm 的水稳性团聚体对土壤结构的稳定性有较大的影响。

参考文献:

[1]李孔俊. 土地抛荒的经济学视角[J]. 广西教育学院学报,2002(5):82-84.
[2]李升发,李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望[J]. 地理学报,2016,71(3):370-389.
[3]温婧媛,李小英. 农村撂荒地开发利用研究综述[J]. 现代农业科技,2016(15):297-299.

>0.25~0.5 mm、0.106~0.25 mm、<0.106 mm 土壤水稳性团聚体所占比例呈极显著负相关。土壤水稳性团聚体 MWD 和 GMD 与 >2 mm、<0.106 mm 呈极显著正相关,其中,与 >2 mm 的相关系数分别为 0.92、0.95,贡献最大。分形维数 D 与 MWD、GMD 的影响因子相反,>0.5 mm 的土壤水稳性大团聚体越多,MWD 和 GMD 的值越大,分形维数 D 值越小,土壤结构越稳定,土壤抗侵蚀能力越强,反之则越差。MWD 与 GMD 呈极显著正相关,相关系数为 0.99。

[4]朱桂林,山 仑,刘国彬. 弃耕演替与恢复生态学[J]. 生态学杂志,2004(6):94-96.
[5]薛超玉,焦 峰,张海东,等. 黄土丘陵区弃耕地恢复过程中土壤与植物恢复特征[J]. 草业科学,2016,33(3):368-376.
[6]Bronick C J,Lal R. Soil structure and management;a review[J]. Geoderma,2005,124(1/2):3-22.
[7]周 虎,吕贻忠,李保国. 土壤结构定量化研究进展[J]. 土壤学报,2009,46(3):501-506.
[8]侯春霞,骆东奇,谢德体,等. 不同利用方式对紫色土团聚体形成的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2003,25(5):467-470.
[9]尚莉莉. 长期定位施肥与土地利用方式对红壤团聚体稳定性的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
[10]付 鑫. 不同覆盖方式对旱作农田土壤团聚结构和固碳效应的影响[D]. 西安:西北大学,2016.
[11]杨如萍,郭贤仕,吕军峰,等. 不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(1):252-256.
[12]王天高. 不同植被条件下土壤团聚体中腐殖质及养分分布特征研究[D]. 雅安:四川农业大学,2015.
[13]范如芹,梁爱珍,杨学明,等. 耕作方式对黑土团聚体含量及特征的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(18):3767-3775.
[14]范春梅,廖超英,孙长忠,等. 黄土高原丘陵沟壑区放牧林草地团聚体水稳性的研究[J]. 中国农学通报,2005,21(11):399-401.
[15]刘希玉,王忠强,张心昱,等. 施肥对红壤水稻土团聚体分布及其碳氮含量的影响[J]. 生态学报,2013,33(16):4949-4955.
[16]钟义军,黄欠如,武 琳,等. 水保措施对红壤旱地团聚体及其特性的影响[J]. 土壤通报,2014,45(4):961-965.
[17]Yoder R E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses[J]. Journal of the American Society of Agronomy,1936,28(5):337-351.