

农牧交错区不同土地利用类型土壤颗粒组成和有机质特征

杨圆畅^{1,2}, 蒙仲举^{1*}, 党晓宏¹, 李浩年^{1,2}, 张晓伟^{1,2}, 李新^{1,2}

(1. 内蒙古农业大学沙漠治理学院, 内蒙古呼和浩特 010018; 2. 毛乌素沙地生态发展有限公司, 内蒙古鄂尔多斯 017300)

摘要 [目的] 探讨阴山北麓不同土地利用类型土壤颗粒组成和有机质特征。[方法] 选取内蒙古阴山北麓农牧交错区天然草地、早作农田、弃耕地(弃耕2年)、新开垦农田(开垦1年)4种不同土地利用类型, 分析典型样地土壤颗粒机械组成、土壤颗粒分形维数和有机质含量之间的关系。[结果] 试验区土壤表层颗粒含量主要是粉粒和极细砂含量, 其余粒级土壤颗粒的影响程度较小。0~80 cm 土层中0~50 μm 粒级颗粒含量与分形维数呈一定函数关系, 土壤分形维数与黏粒(<2 μm)和粉粒(2~50 μm)百分含量呈正相关, 与其余粒级相关性不大。0~50 cm 土层, 4种土地利用类型土壤颗粒分形维数随土层深度的变化发生不同程度波动, 总体上随深度增加呈上升趋势, 且天然草地分形维数变幅最大, 为0.083。0~80 cm 土层颗粒平均分形维数由小到依次为大依次为弃耕地(2.186) < 新开垦农田(2.230) < 早作农田(2.275) < 天然草地(2.290)。4种土地利用类型中弃耕地由于处在恢复阶段, 在各层的有机质含量均表现为最低。[结论] 4种土地利用类型中, 天然草地土壤黏粒和粉粒含量最高, 平均分形维数最大, 有机质含量较高。

关键词 土壤粒径; 颗粒粒级; 分形维数; 有机质含量; 土地利用类型; 农牧交错区

中图分类号 S152.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0049-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.013



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Characteristics of Soil Particle Composition and Organic Matter of Different Land Use Types in Agro-pastoral Intersecting Region
YANG Pu-chang^{1,2}, MENG Zhong-ju¹, DANG Xiao-hong¹ et al (1. College of Desert Control, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018; 2. Maowusu Sandy Land Ecological Development Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017300)

Abstract [Objective] To discuss the soil particle composition and organic matter characteristics of different land use types in the northern piedmont of Yinshan Mountain. [Method] Four different land use types were selected from the farming-pastoral ecotone in the northern piedmont of Yinshan Mountain, Inner Mongolia. The relationship between soil particle mechanical composition, soil particle fractal dimension and organic matter content in typical plots was analyzed. [Result] The soil surface particles in the test area were mainly silt and very fine sand, and the other soil particles had little influence. The particle content of 0-50 μm in 0-80 cm soil layer was a function of fractal dimension. The fractal dimension was positively correlated with the percentage of clay particles (<2 μm) and silt particles (2-50 μm), but had little correlation with other grain sizes. In 0-50 cm soil layer, the fractal dimension of soil particles of four land use types fluctuated in varying degrees with the change of soil depth, and generally showed an upward trend with the increase of soil depth, and the maximum range of fractal dimension of natural grassland was 0.083. The average fractal dimensions of particles in 0-80 cm soil layer from small to large were abandoned land (2.186) < newly reclaimed farmland (2.230) < dry farmland (2.275) < natural grassland (2.290). The organic matter content of abandoned farmland in each layer was the lowest in the four utilization types because it was in the recovery stage. [Conclusion] Among the four land use types, natural grassland has the highest clay and silt content, the highest average fractal dimension, and the highest organic matter content.

Key words Soil particle size; Particle fraction; Fractal dimension; Organic matter content; Land use type; Agro-pastoral intersecting region

内蒙古阴山北麓农牧交错区是我国北方农牧交错带的重要组成部分^[1], 也是生态环境最为脆弱的地区之一, 该地处蒙古高压的前缘地带, 风力作用强烈, 风蚀沙化、水土流失现象严重^[2]。同时, 加之频繁的人类活动, 进一步增加了土壤潜在可蚀性^[3], 如农田地不合理耕作、放牧极其不节制, 造成大量土壤表层遭到严重的破坏、植被覆盖度下降、土壤砾质化严重、土地生产力骤减等一系列问题, 给当地农牧业发展和生态环境构成严重的威胁^[4]。

土壤颗粒组成是土壤最基本的物理性质, 它影响着水力特性、肥力状况和土壤侵蚀, 不同粒级土壤含量构成了不同的土地类型, 从而影响土壤的物理、化学及其生物学特征。土壤颗粒也是反映土壤质量的重要指标, 关于土壤质量的研究学者从许多方面进行了报道, 如刘畅等^[5]通过土壤入渗特征、土壤化学性质反映了黄土高原退耕还林后不同植被类型的土壤质量; 赵娜等^[6]通过土壤微生物、生物量碳和氮等角度反映了华北底丘山地不同耕地年限刺槐人工林的土壤质

量; 周瑶等^[7]通过酶活性、微生物、土壤养分反映了不同生态恢复下宁夏黄土丘陵典型草原土壤质量。有研究表明, 土壤粒径和有机质含量也是反映土地质量特征的重要指标^[8]。

截至目前, 针对阴山北麓土地利用的研究国内学者从不同角度进行思考, 并取得了大量的成果, 但运用分形理论对阴山北麓不同土地利用类型的土壤粒径研究报道较少。基于此, 该研究以内蒙古阴山北麓农牧交错区4种不同利用类型土地为研究对象, 探讨不同土地利用类型下土壤颗粒的机械组成、分形维数和土壤有机质的特征关系, 揭示阴山北麓农牧交错区不同利用类型土壤质量的演变规律, 以期为该区域不同类型土壤的保护及其利用提供理论依据和科学支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 该研究区位于内蒙古阴山北麓中段的武川县, 试验样点选在武川县东房子村, 地理位置为 40°47'~41°23'N, 110°31'~111°53'E^[9]。属于典型的中温带大陆性季风气候, 年平均气温 3℃, 无霜期为 124 d 左右, 年降水量 354 mm 左右。该区域为农牧交错带的典型代表地区, 主要以栗钙土和棕钙土为主, 这类土壤具有多孔隙、沙性、土壤肥力低、有机质含量少的特征, 同时该地区降水稀少, 气候干燥, 植被覆盖低, 所以该地区土壤结构较差, 导致土壤退化严重^[10]。

基金项目 国家自然科学基金项目(4206070150)。

作者简介 杨圆畅(1997—), 男, 内蒙古巴彦淖尔人, 硕士研究生, 研究方向: 荒漠化防治。*通信作者, 教授, 博士生导师, 从事荒漠化防治研究。

收稿日期 2021-12-24

1.2 样地布设与样品采集 该试验于2020年4月进行,经实地调查以及结合当地实际情况,选取该地区新开垦农田、天然草地、旱作农田、弃耕地4种均匀平整的样地,据调查弃耕地的弃耕年限为2年,新开垦农田开垦年限为1年。选取样地中心位置,每个样地取3个重复,取样分别在4个样地上用分层器分8层,每层深度为10 cm。将待测土样带回实验室,用105℃温度进行烘干,24 h后将待测土样拿出,用土壤筛筛去直径大于3.50 mm的粗颗粒和植物根系等物质。均匀取筛选后的土样5 g置于50 mL盛有蒸馏水的小烧杯中,用移液枪加入浓度为10%的H₂O₂溶液10 mL,加热后冷却4~6 h;再将浓度为10%的HCl溶液10 mL置于小烧杯中进行加热,冷却后将溶液中上层杂质去除。之后采用英国Malvern公司生产的Mastersizer 3000激光粒度仪测定土壤粒径分布。依据美国制土壤粒径分级标准^[11],将土壤样品按粒径划分为黏粒(<2 μm)、粉粒(2~50 μm)、极细砂(>50~100 μm)、细砂(>100~250 μm)、中砂(>250~500 μm)、粗砂(>500~1 000 μm)和极粗砂(>1 000~2 000 μm)。

1.3 土壤颗粒分形维数计算 土壤颗粒分形维数计算参考杨培岭等^[12-14]土壤分形模型:

$$\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{d}_{\max}}\right)^{3-D} = \frac{W(\delta < \bar{d}_i)}{W_0}$$

式中, \bar{d}_i 为两筛分粒级 d_i 与 d_{i+1} 间粒径的平均值, \bar{d}_{\max} 为最大

粒级土粒的平均直径, $W(\delta < \bar{d}_i)$ 为小于 \bar{d}_i 的累积土粒质量, W_0 为土壤各粒级质量的总和, δ 为土壤颗粒的粒径变量。

土壤颗粒分形维数计算过程:分别以质量比对数 $\lg\left[\frac{W(\delta < \bar{d}_i)}{W_0}\right]$ 、粒径比对数 $\lg\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{d}_{\max}}\right)$ 为纵坐标、横坐标采用回归分析法进行线性拟合,拟合方程的斜率为 $K=3-D$,故可得出土壤颗粒分形维数 D 的值^[15]。计算出4种不同土地利用方式土壤团粒结构的分形维数。

1.4 数据处理 采用SPSS 26.0和Excel 2007软件对试验数据进行统计分析,用origin 2018对土壤颗粒分形维数、土壤有机质含量和土壤颗粒含量的相关性进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同利用类型表层土壤颗粒分形特征 通过对土壤颗粒的体积百分含量计算可知(表1),4种不同类型的土地主要以粉粒(2~50 μm)和极细砂(>50~100 μm)为主,黏粒(<2 μm)的百分含量偏低。4种类型土地中,天然草地黏粒含量最高,为0.248%,其他3种类型土地的黏粒百分含量在0.183%~0.195%,含量相差较小;粉粒百分含量从高到低依次为天然草地>新开垦农田>旱作农田>弃耕地;极细砂百分含量最高的是旱作农田,含量最低的是天然草地;此外弃耕地中细砂、中砂、粗砂、极粗砂含量均比其他3种类型土壤含量高。

表1 不同土地利用类型表层土壤颗粒的百分含量

Table 1 The percentage content of surface soil particles in different land use types

土地利用类型 Land use type	黏粒 Clay	粉粒 Silt	极细砂 Very fine sand	细砂 Fine sand	中砂 Medium sand	粗砂 Coarse sand	极粗砂 Very coarse sand	%
新开垦农田 Newly cultivated farmland	0.195	78.860	15.904	2.241	2.146	0.654	0.000	
天然草地 Natural grassland	0.248	95.613	4.103	0.036	0.000	0.000	0.000	
旱作农田 Dry farmland	0.188	69.399	23.396	7.017	0.000	0.000	0.000	
弃耕地 Abandoned land	0.183	67.380	19.744	8.136	2.678	1.084	0.795	

2.2 土壤分形维数的垂直分布特征 应用回归分析法计算得到4种利用类型土地不同深度分形维数,从表2可以看出,不同土层深度对土壤的分形维数产生一定的影响,在0~80 cm土层深度,4种不同利用类型土壤分形维数以天然草地40~50 cm处有最大值,为2.336,以弃耕地60~70 cm处有最小值,为2.044。在垂直结构上,土壤颗粒分形维数在土层

深度0~50 cm整体上呈不同程度上升趋势,变幅分别为新开垦农田(0.070)、天然草地(0.083)、旱作农田(0.126)、弃耕地(0.056)。在0~80 cm土壤平均分形维数依次表现为弃耕地(2.186)<新开垦农田(2.230)<旱作农田(2.257)<天然草地(2.290)。

表2 4种利用方式下不同深度土壤分形维数

Table 2 Fractal dimension of soil at different depth under four utilization modes

土地利用类型 Land use type	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm	40~50 cm	50~60 cm	60~70 cm	70~80 cm	平均值 Average
新开垦农田 Newly cultivated farmland	2.194 b	2.238 c	2.240 bc	2.256 a	2.264 b	2.256 a	2.190 c	2.202 c	2.230
天然草地 Natural grassland	2.253 a	2.279 b	2.307 a	2.279 a	2.336 a	2.258 a	2.317 a	2.291 a	2.290
旱作农田 Dry farmland	2.184 c	2.310 a	2.272 ab	2.266 a	2.264 b	2.246 ab	2.257 b	2.254 b	2.257
弃耕地 Abandoned land	2.183 c	2.176 c	2.224 c	2.223 b	2.232 b	2.224 b	2.044 d	2.183 c	2.186

注:同列不同小写字母表示不同土地利用之间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different land uses ($P<0.05$)

2.3 分形维数与机械组成的关系 由土壤分形维数的计算得出,土壤分形维数与土壤各粒级组分存在一定的相关关

系。为探寻确定二者之间的关系,分别对土壤分形维数与黏粒、粉粒、极细砂、细砂、中砂、粗砂、极粗砂的百分含量进行

相关性分析,得出 7 种土壤颗粒分形维数与颗粒百分含量之间的关系(图 1)。从图 1 可以看出,黏粒、粉粒的百分含量与分形维数呈显著正相关,其中,分形维数与黏粒百分含量决定系数(R^2)最大(0.930 7),表明黏粒的百分含量与土壤分

形维数的相关性最强;与粉粒百分含量相关性不强;而极细砂、细砂、中砂、粗砂、极粗砂百分含量与分形维数无对数函数关系。说明黏粒和粉粒百分含量随土壤颗粒分形维数增加而增大。

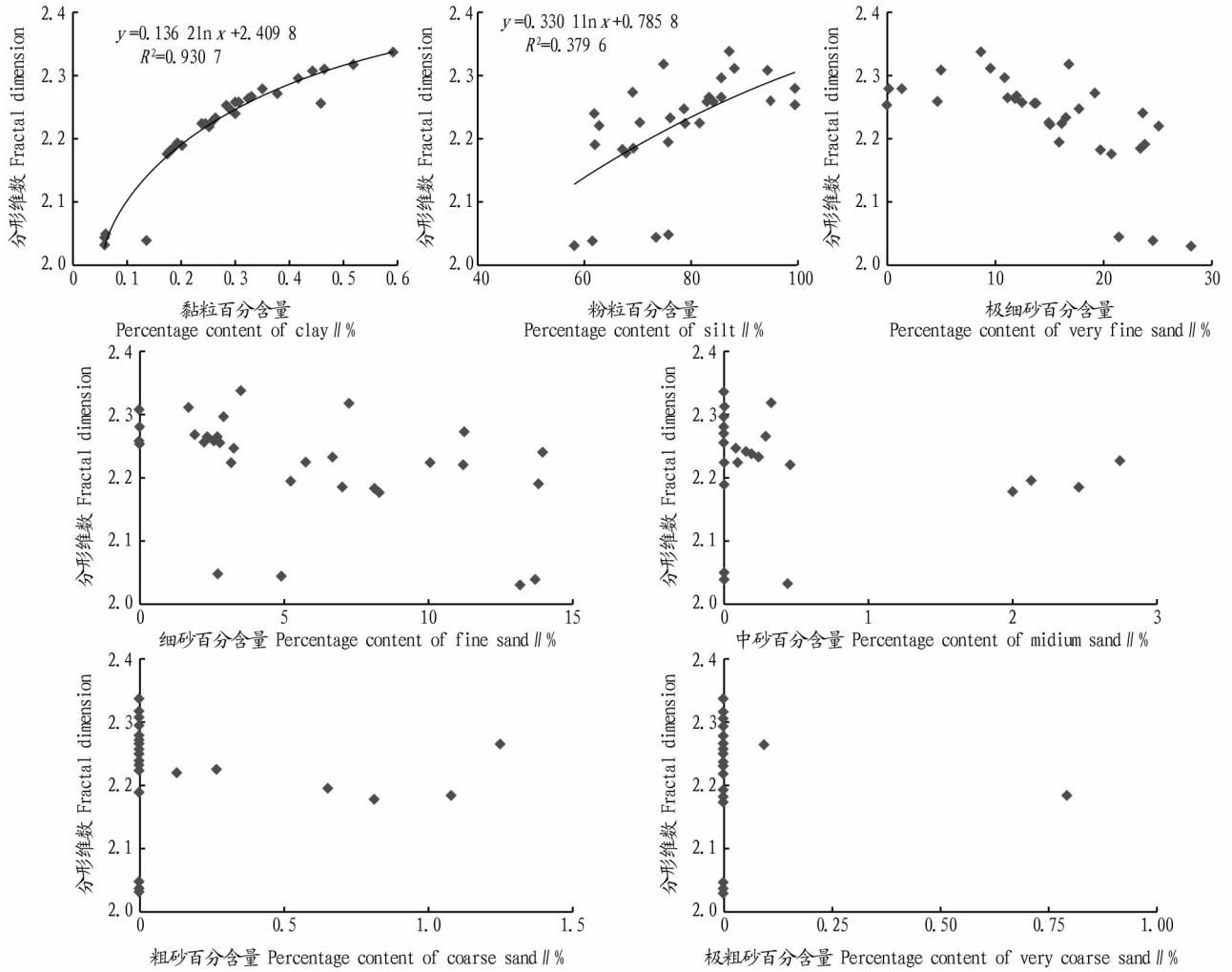


图 1 分形维数与土壤颗粒含量关系

Fig.1 Relationship between fractal dimension and soil particle content

2.4 土壤有机质特征 从 4 种不同利用类型土壤的有机质含量和土层深度的关系(图 2)可以看出,在土层 0~10 cm,4 种不同利用土地类型的有机质含量达到最高,分别为新开垦

农田 38.11 g/kg、天然草地 38.17 g/kg、旱作农田 29.35 g/kg 和弃耕地 23.93 g/kg。弃耕地、天然草地、新开垦农田 3 种不同利用土壤类型的有机质含量均在 20~30 cm 处有机质含量最低,分别为 6.38、4.56、3.97 g/kg;而旱作农田在 60~70 cm 处有机质含量最低。4 种类型土壤均在土层深度 0~30 cm 处有机质含量骤减,而在土层深度 30 cm 之后有机质含量随深度的增加有小范围的波动。各土地类型土壤的分形维数与有机质含量的线性拟合(图 3)表明,4 种类型土壤的分形维数与有机质含量均呈负相关,其中新开垦农田的决定系数(R^2)最大(0.879),表明新开垦农田分形维数与有机质含量相关性最强;而弃耕地的决定系数最小(0.010),表明弃耕地分形维数与有机质含量相关性最弱。

3 讨论

土壤颗粒的分形维数与土壤质地、化学物理的分化作用、土地利用方式等都对土壤的结构性状和稳定性具有一定影响^[16-18]。通过土壤颗粒的百分含量与土壤分形维数进行

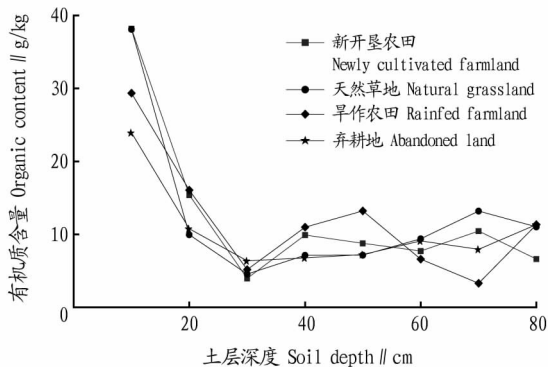


图 2 4 种不同利用类型土壤有机质与深度的关系

Fig.2 Relationship between soil organic matter and depth of four different utilization types

相关性分析和回归分析得出,该地区分形维数与黏粒、粉粒的百分含量均呈正相关,与其余粒级不相关。这表明分形维数随黏粒和粉粒百分含量的增加而增大;这一研究结果与较多研究土壤分形维数与土壤颗粒百分含量关系的结果相符

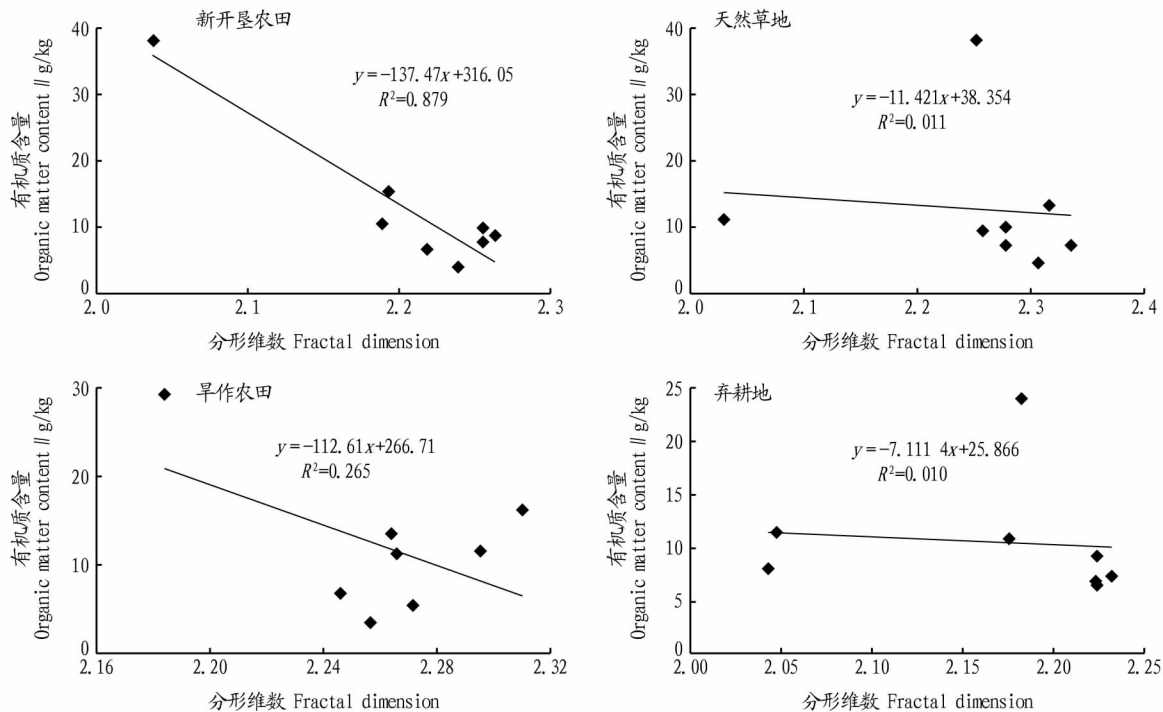


图3 4种利用方式下土壤分形维数与有机质含量的关系

Fig.3 Relationship between soil fractal dimension and organic matter content under four utilization modes

4种不同利用类型的土地中,随土层0~50 cm深度的增加分形维数存在不同程度的变化,但总体上分形维数呈上升趋势,主要原因是土地利用方式大不相同,弃耕地由于土地利用时间较长或正处在恢复阶段,经自然人为因素的影响,土地粗颗粒逐渐增多,土壤表层0~10 cm粗颗粒化较严重,所以分形维数较小;而天然草地由于植被的覆盖,使得土壤表层细颗粒的物质逐渐增加,分形维数较大。

一般来讲,土壤颗粒分形维数越高,土壤结构越紧实,土壤质地细颗粒物质越多,通透性越差;分形维数越低,则土壤结构相对松散通透性好^[21]。土壤有机质也是土壤质量评价的指标之一,不仅能反映土壤的肥力状况,而且是评价土地利用方式优劣的主要参数^[8]。该研究表明4种不同利用类型土壤表层0~10 cm处有机质含量均达到最高,天然草地和新开垦农田经细颗粒物作用较大,土壤表层细颗粒较多,土壤中的细颗粒物有利于土壤有机质的存留,使得表层土壤有机质含量较高,随深度的增加有机质含量呈下降趋势^[22],由于该地区钙积层集中分布在20~30 cm处,导致有机质含量较低。

4 结论

(1)该地区4种不同利用类型土壤表层主要颗粒含量是粉粒,其次是极细砂、细砂,黏粒含量偏低。0~80 cm土层中0~50 μm粒级颗粒含量与分形维数呈对数函数关系,分形维数与土壤黏粒(<2 μm)、粉粒(2~50 μm)百分含量呈正相关。

(2)4种不同利用类型的土地中,0~80 cm土壤平均分形

维数^[19-20]。根据土壤分形维数与粒级百分含量拟合得出,分形维数在4种不同利用类型土壤对数函数拟合分析方程的 R^2 为0.379 6~0.930 7,表明分形维数拟合效果能反映土壤黏粒和粉粒的分布情况。

维数由小到大依次为弃耕地(2.186)<新开垦农田(2.230)<旱作农田(2.275)<天然草地(2.290)。总体上,4种不同利用类型土壤的分形维数随土层深度0~50 cm呈上升趋势。

(3)4种土地利用类型中,天然草地土壤黏粒和粉粒含量较高,分形维数在各层均有最大值,同时有机质含量也最高。

参考文献

- [1] 王彦阁.内蒙古阴山北麓农牧交错区土地利用动态分析及预测[J].浙江林业科技,2020,40(4):10-17.
- [2] 孟令东.内蒙古农牧交错带土地荒漠化现状与治理对策探讨[J].南方农业,2015,9(4):29-30.
- [3] 李晓佳,海春兴,刘广通.阴山北麓不同用地方式下春季土壤可蚀性研究[J].干旱区地理,2007,30(6):926-932.
- [4] 孙悦超,陈智,赵永来,等.阴山北麓农牧交错区草地土壤风蚀测试[J].农业机械学报,2013,44(6):143-147.
- [5] 刘畅,张建军,张海博,等.晋西黄土区退耕还林后土壤入渗特征及土壤质量评价[J].水土保持学报,2021,35(5):101-107.
- [6] 赵娜,孟平,张劲松,等.华北低丘山地不同退耕年限刺槐人工林土壤质量评价[J].应用生态学报,2014,25(2):351-358.
- [7] 周瑶,马红彬,贾希洋,等.不同生态恢复措施下宁夏黄土丘陵典型草原土壤质量评价[J].农业工程学报,2017,33(18):102-110.
- [8] 吕圣桥,高鹏,耿广坡,等.黄河三角洲滩地土壤颗粒分形特征及其与土壤有机质的关系[J].水土保持学报,2011,25(6):134-138.
- [9] 刘静,王林和.阴山北麓农牧交错带生态环境退化原因及治理对策[C].//内蒙古科学技术协会.2003年内蒙古自治区自然科学学术年会优秀论文集.呼和浩特:内蒙古科学技术出版社,2003:178-182.
- [10] 汪芳甜,安萍莉,刘毅,等.近30年阴山南北麓农牧交错带标准耕作制度变化研究[J].中国生态农业学报,2014,22(6):690-696.
- [11] 朱瑜,张卓栋,刘畅,等.激光粒度仪与吸管法测定土壤机械组成的比较研究:以不同退化程度栗钙土为例[J].水土保持研究,2018,25(3):62-67,204.

ea carnea)等;如具有特殊寓意的植物:桂(谐音“贵”,寓意吉祥富贵)、石榴(寓意多子多福)、枇杷(寓意吉祥长寿)、橘(*Citrus reticulata*)(谐音“吉”,寓意大吉大利等)、榉树(*Zelkova serrata*)(寓意富贵高中)等^[6]。

3.2 营造宜居的美丽生态环境 “色彩丰富,四季有景”,营造时注重植物材料观赏特性,广泛使用花色丰富的凤仙、月季、绣球等草本植物和种类丰富的银杏、无患子、枫香(*Liquidambar formosana*)等色叶植物,借助乔-灌-草-藤的多层次组合,协调季相、色彩及花果期的搭配形式,呈现半开敞空间和覆盖空间,搭配草本植物丰富植物群落^[7-8]。4、5月份的梅秋里,月季、美女樱、石竹等迎来盛花期,几十个品种的特色月季绚丽绽放,将小村妆点成花的海洋。不仅是春季,小村四季景观各有不同,初夏的月季与美女樱花开满村;秋天桂花飘香,银杏满地;冬日里枫林红染,独梅凌傲。

“因地制宜,生态优先”,考虑光照、土壤条件以及植物的生态适应性,合理科学地选择植物配置。南方降水较多,梅雨季节路上易积水,梅秋里设置有下凹绿地,使其具有一定的保水能力,避免路面积水。配置时充分利用当地“天然植被”对所在环境的强适应性,大量种植有如兰花三七(*Liriope cymbidomorpha*)、赤胫散(*Polygonum runcinatum* ‘sinense’)、苔藓(*Bryophyta*)等乡土植物,保证了相对完整和稳定的生态系统,也降低了后期养护成本。同时,考虑植物间的化感作用或上层乔灌木对下层植物的光强抑制,避免植物间的抑制作用。另外梅秋里虽然统一换成了矮墙,但垂直绿化并未弱化,丰富的墙体绿化和藤本植物增加了空间三维绿量,对鸟类等生物生存起到了重要的保护作用。

3.3 推动美丽经济的联动效应 与城市植物景观相比,乡村特有的生产性植物景观更重视植物的生态性和经济性^[9],对有较高观赏价值的生产性景观,在满足生产本质的同时,合理搭配后打造成色彩斑斓的花田景观。梅秋里不断整合资源,对周边的农业生态种植区、苗圃基地等进行同步升级,还打造集特色田园、休闲观光于一体的乡村旅游经济,推动美丽乡村经济的联动效应。每个乡村有自己独特的经济支撑产业,不限于观赏性苗木的苗圃基地,另外打造中草药种植园、纤维原料植物园等也显得别具一格^[10],有效避免了千村一面,发掘各村特色。

4 小结

乡土植物景观营建时,要巧借自然山水,尽可能保留果树、乡土树种等原有植物资源,延续传统乡村植物景观风貌。加大对乡土野生资源的关注和研究,丰富中下层观花观叶植物种类及配置方式。结合当地优势产业,营造更贴近乡村生活,与周围环境相融合的乡村特色植物景观。

乡土植物景观的营建与乡村自身所处的自然环境及社会环境紧密关联,乡村植物景观功能从过去简单的遮阴避阳、美化环境,转变为生态康养、村貌提升及文化等多重功能,即“生态-生活-生产”的“三生景观”共同构成了乡土景观风貌^[11-12]。“三生景观”三者相互渗透连接,不断提升完善植物景观的品质和效果,加强不同植物景观的联系,形成一个完整的绿地生态系统^[13],从“美化-文化-经济”3方面深深影响整个乡村的村容村貌。研究富含地域特色的乡土植物景观,避免乡村整体植物景观风貌与城市植物景观雷同的同时,为后续延续地域文化及创造乡土植物特色景观提供参考,更好地为乡村的可持续发展奠定基础。

参考文献

- [1] 徐斌,洪泉,唐慧超,等.空间重构视角下的杭州市绕城乡村乡村振兴实践[J].中国园林,2018,34(5):11-18.
- [2] 蔡群波.杭州地区乡村庭院营造与实践[D].杭州:浙江农林大学,2017.
- [3] 孟欣慧,万春风,李莹莹.基于美丽乡村建设的菏泽乡土植物景观配置研究[J].现代园艺,2020,43(15):170-172,174.
- [4] 唐赛男,王成,孙睿霖,等.乡村庭院植物景观演变特征研究[J].中国城市林业,2018,16(3):6-11.
- [5] 霍成.地域文化背景下传统村落的保护及环境设计研究[D].石家庄:河北科技大学,2019.
- [6] 祝遵凌,刘亚亮,褚茜.长三角新农村庭院植物多样性与配置模式[J].东北林业大学学报,2011,39(7):35-37.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.中华人民共和国国家标准 美丽乡村建设指南:GB/T 32000—2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [8] 浙江省市场监督管理局.浙江省地方标准 新时代美丽乡村建设规范:DB33/T 912—2019[S].浙江省市场监督管理局,2019.
- [9] 陈文芳.绍兴地区茶叶特色村庭院生态景观营造探讨[J].安徽农业科学,2017,45(30):156-159.
- [10] 舒蓓,赵宏波.浙江省美丽乡村建设下生产性景观发展现状与展望[J].园林,2020(3):76-81.
- [11] 马世发,黄宏源,蔡玉梅,等.基于三生功能优化的国土空间综合分区理论框架[J].中国国土资源经济,2014,27(11):31-34.
- [12] 李璐.杭州市乡村植物景观特征研究[D].杭州:浙江农林大学,2020.
- [13] 陈海飞,付林江,韦艳娟,等.六盘水市安乐村传统村落乡土植物景观调查与运用[J].居舍,2021(11):108-109.
- [14] 梁博,林田苗,任德智,等.土地利用方式对雅江中游土壤理化性质及颗粒分形特征的影响[J].土壤,2018,50(3):613-621.
- [15] 赵明月,赵文武,刘源鑫.不同尺度下土壤粒径分布特征及其影响因素:以黄土丘陵沟壑区为例[J].生态学报,2015,35(14):4625-4632.
- [16] 高广磊,丁国栋,赵媛媛,等.四种粒径分级制度对土壤体积分形维数测定的影响[J].应用基础与工程科学学报,2014,22(6):1060-1068.
- [17] 王瑞东,高永,党晓宏,等.希拉穆仁天然草地不同群落土壤分形特征及其影响因素[J].水土保持研究,2020,27(3):51-56.
- [18] 黄冠华,詹卫华.土壤颗粒的分形特征及其应用[J].土壤学报,2002,39(4):490-497.
- [19] 蒋长洪,漆基海,翁涛,等.丹霞地貌砂砾群落土壤养分及有机质的垂直分异[J].山地农业生物学报,2021,40(4):12-17.

(上接第52页)

- [12] 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.
- [13] PERFECT E, RASIAH V, KAY B D. Fractal dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass[J]. Soil science society of america journal, 1992, 56(5): 1407-1409.
- [14] 侯占峰,韩靖玉,鲁植雄.分形理论在土壤科学中的应用现状与研究展望[J].安徽农业科学,2010,31(3):317-320.
- [15] 周萍,刘国彬,侯喜禄.黄土丘陵区不同土地利用方式土壤团粒结构分形特征[J].中国水土保持科学,2008,6(2):75-82.
- [16] 宫阿都,何毓蓉.金沙江干热河谷区退化土壤结构的分形特征研究[J].水土保持学报,2001,15(3):112-115.