
试验研究

晋西北沙化土地粒度特征及其可蚀性研究

刘蓉¹, 苏志珠², 马义娟¹, 梁爱民³, 王国玲⁴, 杨雄兵¹

(1. 太原师范学院 地理科学学院, 山西 晋中 030619; 2. 山西大学 历史文化学院, 山西 太原 030006;
3. 中国科学院 西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000; 4. 山西大学 环境与资源学院, 山西 太原 030006)

摘要: [目的] 对晋西北沙化土地粒度特征及其可蚀性进行研究, 为该区合理利用土地和有效防控风蚀沙化提供基础数据和科学依据。[方法] 选取晋西北沙化土地地区的撂荒地、玉米地、人工林地、裸地 4 种地类 0—20 cm 的土壤作为研究对象, 对不同地类土壤样品进行粒度分析, 并采用粒级—标准偏差法对各地类易蚀颗粒进行提取。[结果] ① 晋西北沙化土地地区的土壤粒度组成均以极细砂(0.125~0.063 mm)、粉砂(0.063~0.002 mm)为主, 含量占总粒级的 70% 以上。② 不同地类中, 撂荒地、玉米地和人工林地均以粉砂为优势粒级, 其含量分别为 52.86%, 48.81% 和 43.52%, 裸地以极细砂为优势粒级, 其含量为 45.64%。③ 撂荒地的易蚀颗粒(0.25~0.056 mm)最少, 为 47.18%, 其次为玉米地(49.67%), 这 II 种地类的可蚀性均为中等, 裸地的易蚀颗粒最多(68.80%), 人工林地(55.83%)次之, 可蚀性强。[结论] 土地利用方式会影响土壤颗粒的级配特征, 使土壤性质发生变化, 并导致土壤可蚀程度存在差异。裸地是该区今后土壤风蚀防控的重点地类, 应采取地表覆盖等保护措施以降低风蚀程度。

关键词: 沙化土地; 粒度特征; 可蚀性; 晋西北

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)06-0001-08

中图分类号: P931.3

文献参数: 刘蓉, 苏志珠, 马义娟, 等. 晋西北沙化土地粒度特征及其可蚀性研究[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 1-8. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.001. Liu Rong, Su Zhizhu, Ma Yijuan, et al. Grain size distributions and erodibility of sandy soils in Northwestern Shanxi Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 1-8.

Grain Size Distributions and Erosibility of Sandy Soils in Northwestern Shanxi Province

LIU Rong¹, SU Zhizhu², MA Yijuan¹, LIANG Aimin³, WANG Guoling⁴, YANG Xiongbing¹

(1. College of Geography Science, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030619, China;

2. Historical Culture School, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006, China; 3. Northwest

Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China;

4. College of Environmental Science and Resources, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: [Objective] The grain size distributions and erodibilities of sandy soils in Northwestern Shanxi Province were studied to provide basic data and scientific evidence for rational utilization of land and effective prevention to control wind erosion. [Methods] We studied 0—20 cm surface soils of different land use patterns in Northwestern Shanxi Province by extracting all types of potential erosive particles. Land use included abandoned land, corn field, artificial forest and bare land. [Results] ① Soil particle size of sandy land in northwest of Shanxi Province were mainly composed of very fine sand (0.125~0.063 mm) and silty sand (0.063~0.002 mm), which were more than 70% of the total sand. ② The silty sand contents of abandoned land, corn land and artificial forest were 52.86%, 48.81% and 43.52% respectively. Bare land

收稿日期: 2017-12-27

修回日期: 2018-06-05

资助项目: 国家重点研发计划项目“京津冀风沙源区沙化土地治理关键技术与示范”(2016YFC0500805); 山西省研究生教育创新项目“晋西北风蚀地表颗粒粒度特征及其空间异质性”(2018SY101); 太原师范学院研究生教育创新项目“晋西北砂黄土粒度特征及风蚀研究”(SYJJSJC-1718)

第一作者: 刘蓉(1993—), 女(汉族), 山西省汾阳市人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: tysyliurong@163.com.

通讯作者: 苏志珠(1964—), 男(汉族), 山西省原平市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事干旱区地貌与环境变化研究。E-mail: suzhizhu@163.com.

has a high fine sand content of 45.64%. ③ The contents of erodible particle (0.25~0.056 mm) of the four land types increased in the following order: abandoned land (47.18%) < corn field (49.67%) < artificial forest (55.83%) < bare land (68.80%). [Conclusion] Different land use patterns would affect soil particles' grain size distributions and make changes in soil properties. Eventually these changes would lead to different soil wind erosion possibility. Bare land was the main field which should pay more attention to prevent wind erosion. Protection measures such as surface cover should be taken to reduce wind erosion.

Keywords: desertification land; grain size characteristics; erodibility; Northwestern Shanxi Province

土壤风蚀是在风力作用下,土壤颗粒发生位移的过程,是土地沙化的一个基本过程和重要原因^[1]。它不仅导致表土大量富含养分的细粒物质被吹蚀,引起土壤粗化、土地生产力下降,而且也是形成沙尘天气的根源,制约着区域经济、社会和生态的可持续发展。晋西北地区地处我国北方农牧交错带,土壤风蚀严重,沙化土地广布,是我国遭受沙化危害较为严重的地区之一。同时,它还是全国荒漠化监测与防治的12个重点省(市、区)之一,也是京津冀地区绿色生态屏障建设的重点地区之一。近年来,经过大规模、高强度的生态治理,沙化土地面积呈缩减趋势,但因其脆弱的生态环境,区域土地风蚀沙化形势仍不容忽视。

土壤粒度特征在地表风蚀过程的下垫面因子中扮演着关键角色,是土壤风蚀发生、发展的主要因素之一^[2]。一般而言,土地利用方式通过改变地表覆被状况和扰动土壤层影响土壤的抗蚀能力。不同学者对不同土地利用方式的表层土壤粒度进行分析,旨在揭示风蚀过程对地表粒度特征的影响^[3-4],或是研究土壤粒度与养分、植被覆盖度等其他因子的土壤风蚀特征^[5-6],从不同地类的粒度特征对土壤可蚀性的探讨较少。土壤可蚀性颗粒含量越高,可风蚀性越强。Boulay^[7]提出的粒级—标准偏差法常用来提取对环境变化敏感的粒度组分,以恢复沉积物沉积时的古气候、古环境信息,如反映干旱区气候变化及沙尘活动^[8-10]、东亚季风演化^[11-12]、浊流沉积环境^[13]等。陈桥等^[14]的对比分析研究后,认为该方法不仅适用于探讨古气候方面的信息,也能成功地提取河流改道、排污、养殖等其它环境要素在现代柱状沉积物粒度中的敏感粒级组分。该方法有助于反演主控因子环境信息,能够将其作为所在区域沉积动力强弱和沉积环境变化的敏感替代指标^[15]。本研究将“粒级—标准偏差法”引入土壤风蚀研究中,以空间代时间提取环境敏感粒径,分析晋西北地区不同地类对风沙活动强度反应敏感的粒级组分——易蚀粒径,探讨沙化土地的可蚀性差异,藉以为该区合理利用土地和有效防控风蚀沙化提供基础数据和科学依据。

1 研究区概况

晋西北地区是中国黄土高原的重要组成部分,地理位置位于38°43'—40°17'N,111°06'—112°58'E(图1),包括大同市左云县、朔州市右玉县、平鲁区、朔城区、山阴县西北部、忻州市偏关县、神池县、河曲县、五寨县、保德县以及岢岚县局部。地貌上以起伏和缓的覆沙黄土丘陵为主,平均海拔1300~1500 m。气候上属温带大陆性季风气候,年均温3.6~7.5℃,年均降水量380~450 mm,相对湿度50%~60%,为半湿润半干旱区。沉积物类型上主要为黄土高原黄土粒度分异的第I带——砂黄土带^[16],相对于黄土和黏黄土更容易发生风蚀。土壤类型以栗钙土、栗褐土、草原风沙土为主。植被从森林草原向典型草原过渡,以沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、锦鸡儿(*Caragana sinica*)、虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、黄刺玫(*Rosa xanthina*)等次生灌木及白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、百里香(*Thymus mongolicus*)等草本为代表^[17]。区域生态环境脆弱,风蚀沙化现象较为突出。

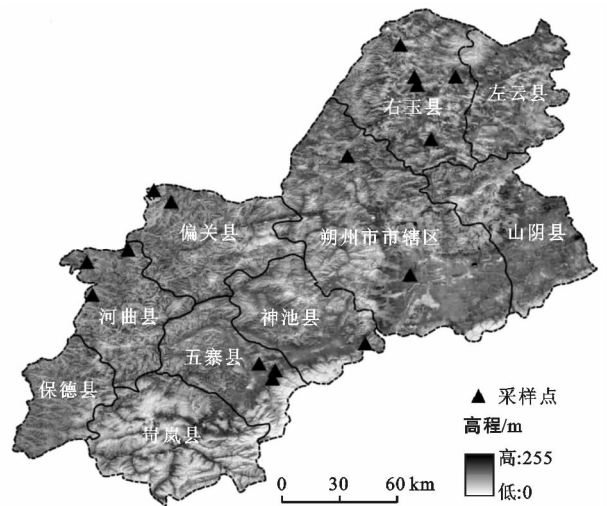


图1 晋西北区域位置及地形示意图

2 研究方法

2.1 样品采集

本研究样品于 2016 年 6 月进行采集,选取撂荒地、玉米地、人工林地、裸地四种典型地类为研究对象,

样地概况详见表 1。在每个采样区(10 m×10 m)采用土钻法,按照“品”字形采集深度为 0—20 cm 的土样,样品充分混合后装入密封袋作为该采样点代表样,单个样品重量约 1.0 kg。每种地类随机设置 4 个样地,共采集表层土壤样品 16 个,采样点分布如图 1 所示。

表 1 样地基本概况

土地类型	样点编号	经纬度	海拔/ m	坡度/ (°)	坡向	样地概况
撂荒地	1	39.42°N,111.36°E	1 077.44	8	阳坡	撂荒 35 a,株高约 35 cm,盖度 80%
	2	40.02°N,112.42°E	1 306.32	10	阳坡	撂荒 30 a,株高约 28 cm,盖度 75%
	3	40.05°N,112.41°E	1 337.98	14	阳坡	撂荒 32 a,株高约 33 cm,盖度 85%
	4	38.98°N,111.90°E	1 460.06	12	阳坡	撂荒 25 a,株高约 25 cm,盖度 70%
玉米地	5	39.38°N,111.21°E	1 078.45	13	阳坡	耕种 10 a 左右,春种不久,株高约 40 cm
	6	39.26°N,111.23°E	1 029.78	11	阳坡	耕种 12 a 左右,春种不久,株高约 45 cm
	7	39.33°N,112.39°E	1 120.14	14	阳坡	耕种 12 a 左右,春种不久,株高约 43 cm
	8	38.95°N,111.89°E	1 460.06	10	阳坡	耕种 10 a 左右,春种不久,株高约 46 cm
人工林地	9	39.76°N,112.16°E	1 545.85	11	阳坡	柠条地,约 40 a 树龄,盖度约 50%
	10	40.17°N,112.35°E	1 305.91	15	阳坡	柠条地,约 35 a 树龄,盖度约 40%
	11	39.82°N,112.47°E	1 415.23	13	阳坡	新疆杨林地,约 40 a 树龄,盖度约 25%
	12	39.01°N,111.84°E	1 396.34	12	阳坡	油松林,约 5 a 树龄,盖度约 20%
裸地	13	39.62°N,111.52°E	1 397.15	9	阳坡	基本无植被覆盖的裸露地表
	14	39.64°N,111.45°E	1 177.45	12	阳坡	基本无植被覆盖的裸露地表
	15	40.05°N,112.56°E	1 332.19	8	阳坡	基本无植被覆盖的裸露地表
	16	39.08°N,112.23°E	1 510.91	10	阳坡	基本无植被覆盖的裸露地表

2.2 试验方法

样品采用 Mastersizer 2000 激光粒度仪进行粒度分析测试。具体方法为:将采集的样品在室内自然风干,剔除植物残体等非土壤成分,在精度为 0.001 g 的电子天平称取 1~3 g 土样置于 100 ml 的烧杯之中;加入 10 ml 浓度为 10% 的 H₂O₂ 溶液,并在加热板上烧至变清且没有细小泡沫后取下以除去有机质;待试样冷却后加入 10 ml 浓度为 10% 的 HCl 溶液,并在加热板上烧至反应不再剧烈后取下以除去碳酸钙物质;冷却后加入 10 ml 浓度为 0.05 mol/L 的 (NaPO₃)₆ 溶液作为分散剂;使用超声波振荡使样品充分分散后上机测试。该仪器单量程检测范围 0.02~2 000 μm,重复测量误差小于 2%。每个样品自动检测 3 次,取平均值,用体积百分数表示。

2.3 数据处理

采用 Udden-Wentworth 的粒度划分标准对不同地类的粒度组成进行分类。粒度分级为:粗砂(1~0.5 mm)、中砂(0.5~0.25 mm)、细砂(0.25~0.125 mm)、极细砂(0.125~0.063 mm)、粉砂(0.063~0.002 mm)和黏土(<0.002 mm)。采用 Folk-Ward 图解法对粒度参数(平均粒径、分选系数、偏度和峰度)进行计算。平均粒径(M_z)反映粒度分布的集中

趋势,在一定程度上取决于物源物质的粒度分布和搬运介质的平均动能;分选系数(σ_I)用来刻画粒径大小的均匀程度,可用标准差来反映,分选系数越小,粒径分布越集中,分选性越好;偏度(SK_1)反映粒度粗组分分布的对称性程度;峰度(K_C)是相对于正态分布曲线,用来表征粒度分布曲线陡缓程度的参数^[18]。采用粒级—标准偏差表征对环境变化敏感的粒级组分,其公式如下:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

式中: S ——标准偏差; X_i ——第 i 个样本值; \bar{X} ——样本平均值; n ——样本大小。

3 结果与分析

3.1 粒度特征

3.1.1 粒级级配特征 土壤颗粒粒级级配不仅与土壤母质密切相关,还受到土地利用方式的影响,可直观反映土壤机械组成的含量和分布特征。晋西北沙化土地区土壤的粒级级配结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,该区 4 种地类主要以极细砂和粉砂为主,其中极细砂含量变化范围为 25.68%~59.02%,

平均为 37.35%，粉砂含量变化范围为 14.62%~62.57%，平均为 44.49%；其次为细砂和黏土，细砂含量变化范围为 5.31%~28.19%，平均为 12.77%，黏土含量变化范围为 1.82%~10.17%，平均为 4.97%；粗砂和中砂含量极少，均不足 1.00%。从各粒级总体上看，该区土壤粒级级配表现为：粉砂>极细砂>细砂>黏土>粗砂+中砂，这与该区分布广泛的砂黄土母质有关。

就不同地类的粒度级配而言，撂荒地以粉砂为主，含量占到 50.00%以上，高于其他地类，其次为极细砂和细砂；玉米地的优势粒级为粉砂，含量略低于 50.00%，极细砂含量与撂荒地的极细砂含量相差不大，黏土含量相对其他 3 种地类较高；人工林地以粉砂和极细砂为主，其中粉砂含量为 43.52%，极细砂含量为 39.15%；裸地土壤颗粒组成含量最高的粒级为极细砂，其次为粉砂，细砂含量居第 3，但细砂含量在 4 种地类中最高。这说明，受不同土地利用方式的

影响，各地类土壤粒度级配存在差异。撂荒地、玉米地和人工林地的优势粒级均为粉砂，裸地的优势粒级为极细砂，特别是几乎没有植被覆盖的裸地中土壤颗粒粗化更明显。

对于撂荒地而言，不同弃耕年限的土壤粒度略有不同。由粉砂含量可知，撂荒 35 a(62.57%)>撂荒 32 a(55.39%)>撂荒 30 a(49.53%)>撂荒 25 a(43.95%)，而极细砂含量则表现出相反趋势，撂荒 25 a(42.02%)>撂荒 30 a(33.82%)>撂荒 32 a(27.30%)>撂荒 35 a(25.68%)。随着撂荒年限的延长，粉砂含量逐渐增加，极细砂含量下降，土壤质地细粒化。而不同优势种的人工林地，其粒级级配也有所差别。相同种植年限的柠条地和新疆杨地相比，粉砂含量较高，极细砂含量差别不大，而细砂含量较低，这可能与不同植被类型防控风蚀的性能有关。油松林地由于种植年限较小，优势粒级为极细砂，土壤颗粒较裸地而言未发生明显变化。

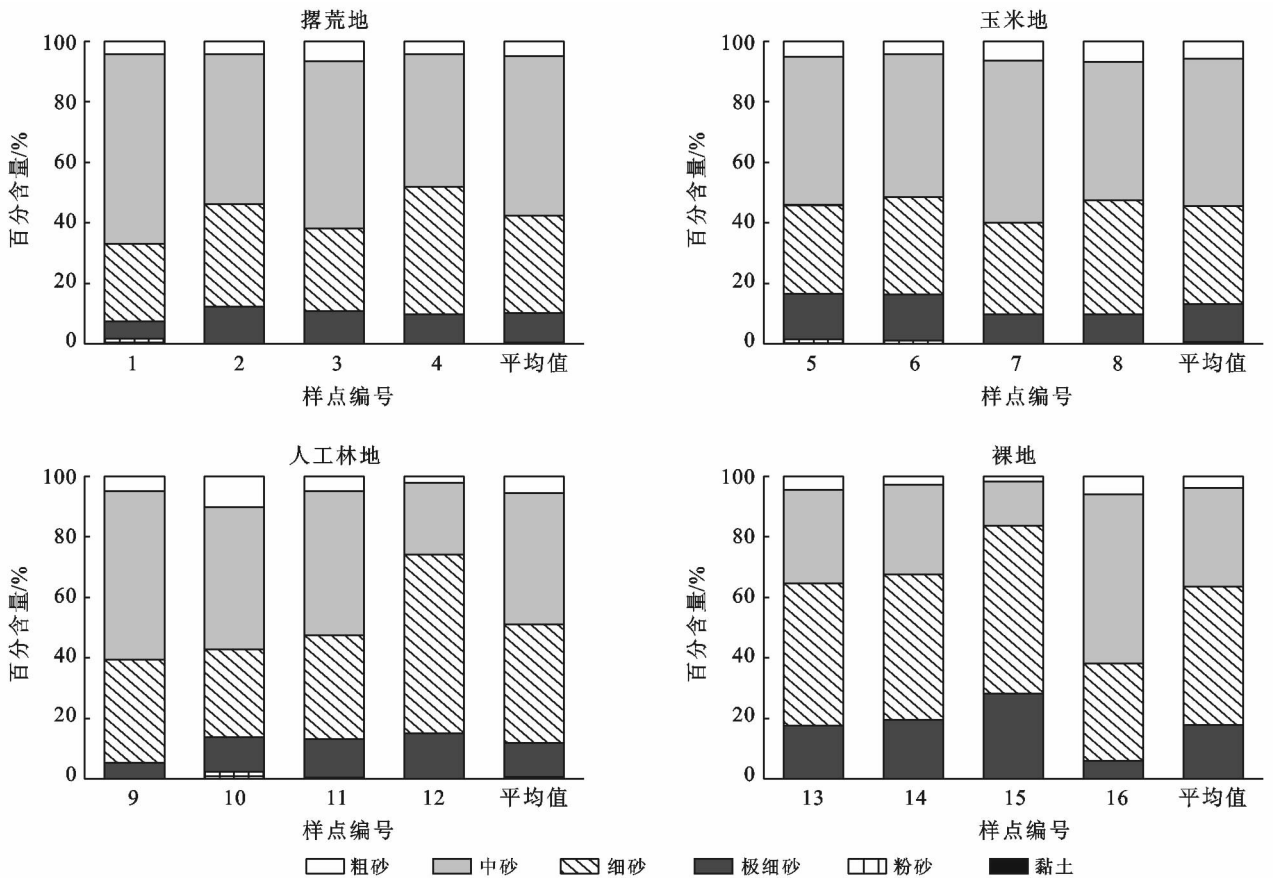


图 2 晋西北不同地类土壤粒级级配

3.1.2 粒度参数特征 晋西北沙化土地地区不同地类的粒度参数特征如图 3 所示。撂荒地、玉米地、人工林地和裸地的平均粒径所在粒级均为粉砂，但裸地最粗(4.22 Φ)，其次为人工林地(4.76 Φ)，玉米地和撂荒地较

接近且最细，分别为 4.91 Φ 和 5.00 Φ 。分选系数上，裸地的分选系数最小(1.46 Φ)，其次为人工林地和撂荒地，分别为 1.78 Φ 和 1.87 Φ ，玉米地的分选系数相对最大(2.03 Φ)，可以看出 4 种地类土壤颗粒的分选性依次

为:裸地>人工林地>撂荒地>玉米地,说明裸地在某一粒径范围内的颗粒集中程度大于其他地类。各地类的偏度虽然存在差异,但均属于“极正偏”,说明土壤颗粒分布均向细组分聚集。各地类的峰度,除玉米地为“中等”峰态外,其余地类的峰度分布无明显规律,但从各地类样点平均值来看,撂荒地和人工林地属“窄”峰态,裸地属“很窄”峰态,而玉米地属“中等”峰态,说明玉米地相对于其他地类而言,其粒度分布曲线峰凸程度较低,粒级分布相对广泛。值得注意的是,玉米地各样品的粒度参数相对于其他地类变率最小,说明研究区内农田玉米地土壤粒度水平基本一致。

不同撂荒年限土地的粒度参数特征存在差异。撂荒 25 a 的平均粒径最粗(4.69 Φ),其次为撂荒 30 a (4.88 Φ)和撂荒 35 a(5.13 Φ),撂荒 32 a 的颗粒最细(5.28 Φ);分选性除撂荒 32 a 为差外,其他撂荒年限土壤均为较差;偏度全部属于“极正偏”;撂荒 32 a 的峰态为“宽”,25 a 的为“窄”,其余为“中等”峰态。而对于人工林地而言,种植年龄为 40 a 的柠条地(5.03 Φ)较相同树龄的新疆杨地(4.86 Φ)细,油松林地的平均粒径最粗,为 3.78 Φ ;35 a 树龄的柠条地分选性差,其余样地均为较差;偏度为“极正偏”;峰态分布则无明显规律。

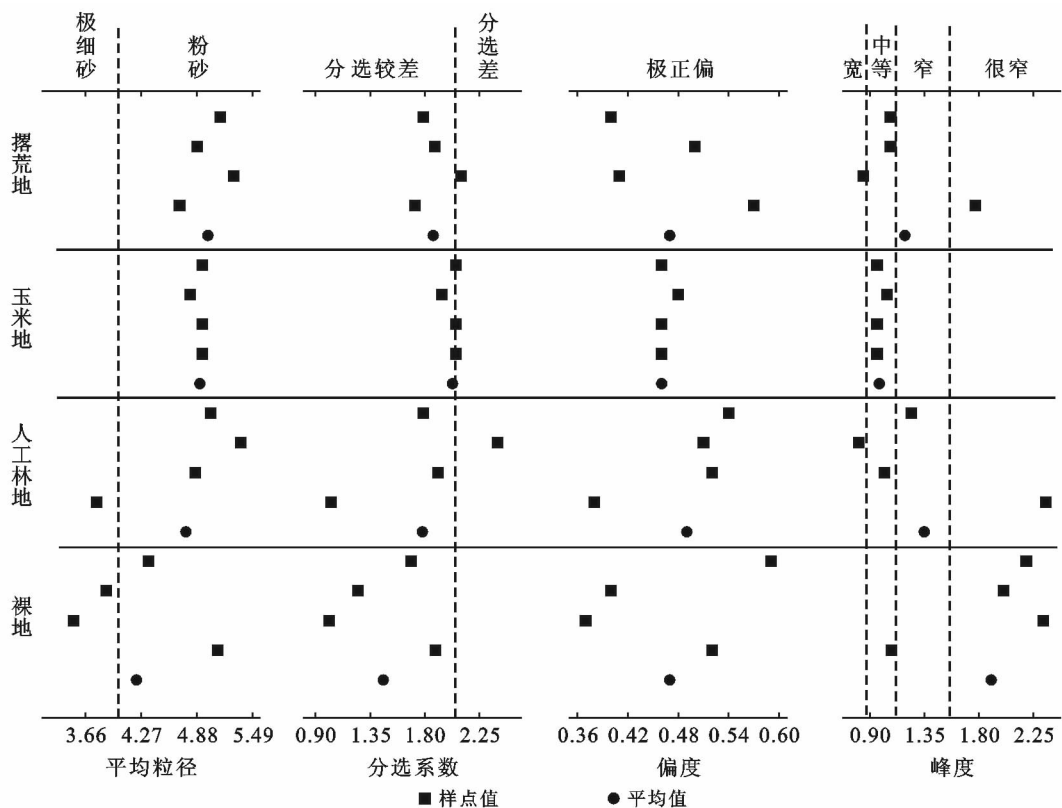


图 3 晋西北不同地类土壤粒度参数

3.2 可蚀性评价

风蚀的发生是土壤自身和风力因子共同作用的结果。其中,可蚀性颗粒的含量是影响风蚀的主要因素之一,对土壤可蚀性的强弱有较大的影响。而敏感粒度组分是指对环境变化较为灵敏的粒级,能够很好的揭示本区风沙活动的强度。据此,基于土壤粒度数据对晋西北不同地类的可蚀性颗粒进行提取,以期对晋西北地区不同地类可蚀性进行评价。

3.2.1 可蚀性颗粒提取 粒级—标准偏差法可以反映不同样品的粒度含量在各个粒径范围内的差异性。标准偏差值的大小,代表不同样品的粒度含量在某一粒径范围内的变异程度,标准偏差值越大,则变异程

度越大,据此可以认为该粒径范围的含量变化是影响粒度级配的主要粒级,对环境有着较为敏感的反应。对晋西北地区而言,对风沙活动强度反应灵敏的组分,即为较容易受到风蚀的土壤颗粒组成,因此可将其作为本区易蚀颗粒的粒径范围。对研究区沙化土地不同地类土壤样品粒度含量的标准偏差进行计算,结果如图 4 所示,可以看出存在一个明显的峰值,其值为 0.1 mm,对应的谷值为 0.056 和 0.25 mm。由此得到,在 0.25~0.056 mm 粒级上,粒度组成的变率最大,对环境变化的反映最为灵敏,可作为指示晋西北沙化土地地区易蚀颗粒的粒径范围。研究表明^[1],粒径<0.1 mm 的颗粒在大风中可能接近悬移状态,

而只有粒径 $<0.05 \text{ mm}$ 的颗粒,在空气中能够被风搬运很长距离,故把 $<0.05 \text{ mm}$ 的颗粒确定为释尘颗粒,将其累计含量的多少作为判断各地类对沙尘暴贡献程度的标准。对 $0.25 \sim 0.056 \text{ mm}$ 粒径范围内的易蚀颗粒和 $<0.05 \text{ mm}$ 的释尘颗粒进行统计,结果详见表 2。

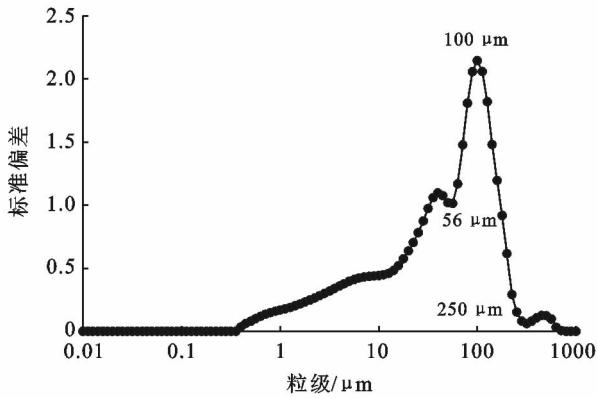


图 4 标准偏差随粒级变化曲线

4 种地类的易蚀颗粒总量均占到 1/3 以上,决定了该区沙化土地从本质上便具备有利于土壤风蚀沙化的条件,其中分别表现为:裸地 $>$ 人工林地 $>$ 玉米地 $>$ 撂荒地。裸地易蚀颗粒含量为 68.80%,几乎占该地类总粒级的 2/3,说明裸地在 4 种地类中对风沙活动反映最为敏感,容易遭受风蚀。人工林地易蚀颗粒平均含量占 50.00% 以上,其中油松林地易蚀颗粒含量最高,其次为新疆杨地,种植年限为 35 a 的柠条地含量最低。撂荒地和玉米地含量相差不大,撂荒年限越长的土壤易蚀颗粒含量越低。释尘颗粒物属于 Udden-Wentworth 粒级划分标准中的粉砂、黏土部分,故在以粉砂为主的撂荒地、玉米地中释尘颗粒含量较多,是沙尘物质最主要的提供者,人工林地次之,而裸地以极细砂为主,是 4 种地类中对沙尘暴贡献最小的地类。而对于同一土地利用方式不同植被参数的样地来说,释尘颗粒含量的分布也有不同。撂荒年限越长的草地,其释尘颗粒含量越多。种植年龄分别为 40 和 35 a 的柠条地释尘颗粒含量差别不大,但 40 a 柠条地较新疆杨地含量多。需要指出的是,土壤释尘量会受到风况、地表特征等多种因素的影响,土壤粒度仅是影响释尘量的因素之一。

3.2.2 可蚀性评价 土壤风蚀可蚀性是指风蚀过程中土壤对于风力引起的剥离和搬运的敏感程度^[19],与土壤颗粒、有机质含量、土壤团聚体等土壤性质有关^[20]。由于黄土的有机质含量普遍很低,结构特征也变化不大,可认为颗粒组成的变化是影响黄土可蚀性大小差异的主要因素^[21]。Chepil^[22]也曾对影响风

蚀的土壤性质进行了一系列试验,结果表明土壤风蚀可蚀性明显地受土壤中可蚀性颗粒的含量影响。因此,将易蚀颗粒含量的多少作为判断土壤可风蚀程度的一个指标,参照扎切尔^[1]和王礼先^[23]的土壤风蚀程度分级标准,将易蚀颗粒含量低于 25% 定为可风蚀性弱,含量介于 25% ~ 50% 定为可风蚀性中等,含量介于 50% ~ 75% 定为可风蚀性强,含量大于 75% 定为可风蚀性最强。据此,本研究区内不同土地利用方式土壤可蚀性大小依次为:裸地 $>$ 人工林地 $>$ 玉米地 $>$ 撂荒地。其中,撂荒地和玉米地这两种地类可风蚀性中等,人工林地和裸地的可风蚀性强。对于没有植被覆盖的裸地可风蚀强度大于其他地类,人工林地次之,其中,油松林地可蚀性最强,新疆杨地可蚀性强于 40 a 柠条地,撂荒地的可蚀性最小,撂荒 30 a 时可蚀性由强变为中等。说明只有全面了解不同土地利用状况下的土壤性质,才能合理地利用土地资源,并通过对土壤可蚀性的评价来调整土地利用结构,有效控制土壤风蚀沙化。

表 2 晋西北不同地类可蚀性颗粒提取 %

土地类型	样点编号	易蚀颗粒 0.25~0.056 mm	释尘颗粒 <0.05 mm
撂荒地	1	36.86	61.44
	2	51.19	48.81
	3	42.18	57.82
	4	58.50	41.50
	平均值	47.18	52.39
玉米地	5	49.04	50.04
	6	52.41	46.96
	7	44.13	55.87
	8	53.09	46.91
	平均值	49.67	49.95
人工林地	9	45.90	54.10
	10	44.79	53.12
	11	52.07	47.58
	12	80.54	19.46
	平均值	55.83	43.56
裸地	13	70.46	29.54
	14	73.55	26.45
	15	87.24	12.76
	16	43.95	56.05
	平均值	68.80	31.20

4 讨论

土壤风蚀的产生是由于一定速度的气流作用于土壤表面时,使土壤颗粒发生位移,造成土壤结构破坏的作用。因此,地表土壤颗粒特征对于土壤风蚀的

研究具有重要意义。本文采用粒级—标准偏差法对易蚀颗粒进行了提取,认为0.25~0.056 mm是本区对风蚀活动反应较为敏感的粒径段。参照中国学者对易蚀粒径范围划分的研究成果,如董治宝等^[24]对塔克拉玛干沙漠北部的典型风成沙进行风洞模拟试验后表明,0.4~0.075 mm为风成沙的易蚀粒径;李晓丽^[25]采用集沙仪测定,认为1~0.25 mm是阴山北麓不同地类土壤的易蚀颗粒;丁延龙等^[26]通过分析土壤粒度累计频率间平均距离,得到希拉穆仁草原风蚀地表的易蚀颗粒范围在0.25~0.1 mm。比较而言,本研究区的易蚀颗粒范围较窄,可能与砂黄土母质有关或是因本区较上述其他研究区的风力较小、土壤风蚀较弱有关。风沙活动的环境变化往往具有较强的区域性特征,对某一地区沉积物环境易蚀颗粒的提取并不具有普适性,需要对当地具体的粒度数据进行分析来提取其环境敏感粒度组分,以便较准确的、敏感地反映本区环境变化信息。

土壤风蚀是一种贴近地表的风沙活动,对其影响的自然因素中最敏感的是植被覆盖度的高低^[27]。不同土地利用方式会影响地表植被的分布状况和土壤性质,进而影响到土壤颗粒的粒级级配特征,使土壤性质发生变化,并影响到土壤可风蚀程度的不同。晋西北沙化土地地区4种地类土壤可风蚀性变化表现为:裸地>人工林地>玉米地>撂荒地。裸地地表无植被覆盖保护,造成风蚀土壤颗粒呈粗粒化(极细砂含量居多)现象,易蚀颗粒含量高达68.80%,在4种地类中可蚀性最强。但裸地的释尘颗粒含量最少,对沙尘暴的贡献最小,这是因为其释尘颗粒在裸地形成的初期就已经被风蚀。撂荒地在植被恢复过程中,随着撂荒年限的延长,植被盖度和地上生物量表现为增大趋势^[28],土壤质地细粒化(以粉砂粒级为主),有利于加速土体中有机物的积累和矿化分解过程,使得表层土壤的固持作用较好,故在4种地类中可风蚀性最小,且撂荒年限越长其可蚀性越弱,这与贾晓红等^[29]对于干旱沙区植被恢复过程对土壤颗粒的研究结果相一致。玉米地不同样品的各粒度参数变化较小,说明其土壤颗粒的均一性较好。其土壤可蚀性较小,这是因为冬春季节并未采取留茬、秸秆覆盖等措施,缺少地表覆盖物保护而完全暴露在大气环境下,易蚀性颗粒吹蚀殆尽。

人工林地的可蚀性与撂荒地存在差异,易蚀颗粒含量排序为:5 a 油松林地(80.54%)>35 a 新疆杨地(52.07%)>40 a 柠条地(45.90%)>35 a 柠条地(44.79%)>35 a 撂荒地(36.86%),这可能是种植年限或不同的植被类型对沙地植被恢复和土壤风蚀的

影响存在差异造成的^[30]。赵彩霞等^[31]认为在干旱、半干旱地区,灌木的防风蚀作用最大,其次分别为多年生牧草、林木、作物及1年生牧草。野外考察发现晋西北地区防护林带,多为疏林带,林下或林间内缺乏草本层或腐殖质层,地表仍处于裸露状态,风蚀防控作用较弱,而柠条林地与撂荒地植被长势较好,盖度较大。这是因为乔木较强的蒸腾作用消耗大量水分,使林下水分严重不足,从而形成了盖度、生物量较低的草本层^[32],而柠条和草地耗水较少,植被发育良好,继而有效地抑制了地面蒸发,形成良性循环^[33]。说明植被的发育状况是自然环境条件和物种适应性相互作用的结果,可能灌木林地和草地对于本区防控风蚀来说效果更好。因而,在沙地人工植被建设过程中,应充分考虑环境条件与物种特性来选择植物种及其最佳配置,注意植被覆盖地面的状况与风蚀发生季节在时间上的匹配,因地因时实施还林还草,方可快捷高效地控制土壤风蚀。

5 结论

(1) 晋西北沙化土地土壤颗粒主要以极细砂(0.125~0.063 mm)和粉砂(0.063~0.002 mm)为优势粒级,粗砂(1~0.5 mm)和中砂(0.5~0.25 mm)含量极少,土壤砂性较大黏性组分含量较少。就不同地类而言,各种地类土壤粒度级配存在明显差异,撂荒地、玉米地、人工林地均以粉砂粒级为主;裸地以极细砂为优势粒级,土壤颗粒粗化明显。

(2) 晋西北沙化土地地区整体的土壤可风蚀性中等。4种地类易蚀颗粒含量依次为撂荒地(47.18%)<玉米地(49.67%)<人工林地(55.83%)<裸地(68.80%);裸地和人工林地易蚀颗粒含量较多,可风蚀性强;撂荒地和玉米地可蚀性中等,且随着撂荒年限的延长,土壤质地细粒化,可蚀性越弱;裸地最容易遭受土壤风蚀,沙尘天气的尘源物质可能主要来自撂荒地。

(3) 在晋西北沙化土地地区的4种地类中,增加风蚀季节植被覆盖度,是防治风蚀的主要手段之一。裸地的可风蚀性最强,是本区今后开展土壤风蚀控制的主要地类;人工林地要重视植物种的配置;而作物留茬和秸秆覆盖是控制农田土壤风蚀简单而有效的技术措施,应予以推广;撂荒地要避免风蚀起尘,需保持植被自然恢复条件下加强人工植被建设。

[参 考 文 献]

- [1] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 105-107.

- [2] Chepil W S. Factors that influence clod structure and erodibility of soil by Wind(II): Water-stable structure [J]. Soil Science, 1953,76(5):389-400.
- [3] 高君亮,高永,罗凤敏,等.表土粒度特征对风蚀荒漠化的响应[J].科技导报,2014,32(25):20-25.
- [4] 张正偲,董治宝.土壤风蚀对表层土壤粒度特征的影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(12):86-89.
- [5] 闫玉春,唐海萍,张新时,等.基于土壤粒度分析的草原风蚀特征探讨[J].中国沙漠,2010,30(6):1263-1268.
- [6] 刘树林,王涛,屈建军.浑善达克沙地土地沙漠化中土壤粒度与养分变化研究[J].中国沙漠,2008(4):611-616.
- [7] Boulay S, Colin C, Trentesaux A, et al. Mineralogy and sedimentology of Pleistocene sediment on the South China Sea (ODP Site 1144) [C] // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 2002,184:1-21.
- [8] 徐树建,潘保田,高红山,等.末次间冰期—冰期旋回黄土环境敏感粒度组分的提取及意义[J].土壤学报,2006,43(2):183-189.
- [9] 薛积彬,钟巍.干旱区湖泊沉积物粒度组分记录的区域沙尘活动历史:以新疆巴里坤湖为例[J].沉积学报,2008,26(4):647-654.
- [10] 马龙,吴敬禄,吉力力·阿不都外力.新疆柴窝堡湖沉积物中环境敏感粒度组分揭示的环境信息[J].沉积学报,2012,30(5):945-954.
- [11] 孙晓燕,李广雪,刘勇,等.东海北部泥质区敏感粒度组分对东亚季风演变的响应[J].海洋地质与第四纪地质,2008,28(4):11-17.
- [12] 胡凡根,李志忠,靳建辉,等.福建东部海坛岛老红砂敏感粒度组分对东亚冬季风演变的响应[J].中国沙漠,2013,33(2):443-452.
- [13] 孙有斌,高抒,李军.边缘海陆源物质中环境敏感粒度组分的初步分析[J].科学通报,2003,48(1):83-86.
- [14] 陈桥,刘东艳,陈颖军,等.粒径—标准偏差法和主成分因子分析法在粒度敏感因子提取中的对比[J].地球与环境,2013,41(3):319-325.
- [15] 杨艺,王汝建,刘健,等.新疆罗布泊 45 kaBP 以来沉积物粒度敏感组分记录的区域沙尘活动历史[J].地学前缘,2015,22(5):247-258.
- [16] 刘东生.黄土的物质成分和结构[M].北京:科学出版社,1966:2-5.
- [17] 张金屯,上官铁梁.关于晋西北部森林与草原的界线及森林草原带的划分[J].山西大学学报:自然科学版,1988,11(2):68-73.
- [18] 成都地质学院陕北队.沉积岩(物)粒度分析及其应用[M].北京:地质出版社,1978:44-54.
- [19] 南岭,杜灵通,展秀丽.土壤风蚀可蚀性研究进展[J].土壤,2014,46(2):204-211.
- [20] Smalley I J. Cohesion of soil particles and the intrinsic resistance of simple soil systems to wind erosion[J]. Journal of Soil Science, 1970,21(1):154-161.
- [21] 张科利,蔡永明,刘宝元,等.黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究[J].生态学报,2001,21(10):1687-1695.
- [22] Chepil W. Properties of soil which influence wind erosion(I): The governing principle of surface roughness [J]. Soil Science, 1950,69(2):149-157.
- [23] 王礼先.土壤侵蚀的分类与分级[J].中国水土保持,1984(6):18-22.
- [24] 董治宝,李振山.风成沙粒度特征对其风蚀可蚀性的影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(4):1-6.
- [25] 李晓丽.阴山北麓土壤风蚀的影响因素及运动特性的试验研究[D].内蒙古呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [26] 丁延龙,高永,蒙仲举,等.希拉穆仁荒漠草原风蚀地表颗粒粒度特征[J].土壤,2016,48(4):803-812.
- [27] 何文清,赵彩霞,高旺盛,等.不同土地利用方式下土壤风蚀主要影响因子研究:以内蒙古武川县为例[J].应用生态学报,2005,16(11):88-92.
- [28] 师阳阳,陈云明,张光辉,等.不同退耕年限撂荒地植物多样性及生物量分析[J].水土保持研究,2012,19(6):36-40.
- [29] 贾晓红,李新荣,李元寿.干旱沙区植被恢复过程中土壤颗粒分形特征[J].地理研究,2007,26(3):518-525.
- [30] 杨志国,赵秀海,刘向民,等.黄羊滩沙地不同造林措施对植被恢复和土壤风蚀的影响[J].中国水土保持科学,2009,7(1):74-79.
- [31] 赵彩霞,郑大玮,何文清.植被覆盖度的时间变化及其防风蚀效应[J].植物生态学报,2005,29(1):68-73.
- [32] 胡相明,程积民,万惠娥.黄土丘陵区人工林下草本层植物的结构特征[J].水土保持通报,2006,26(3):41-45.
- [33] 原焕英.黄土高原半干旱区主要造林树种水分消耗规律研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2004.