

# 晋西北沙化土地土壤机械组成与有机质的初步研究

苏志珠<sup>1</sup>, 刘蓉<sup>2</sup>, 梁爱民<sup>3</sup>, 马义娟<sup>2</sup>, 王国玲<sup>4</sup>, 高君亮<sup>5</sup>, 哈斯<sup>6</sup>

(1. 山西大学 历史文化学院, 太原 030006; 2. 太原师范学院 地理科学学院, 山西 晋中 030619;  
3. 中国科学院 西北生态环境资源研究院, 兰州 730000; 4. 山西大学 环境与资源学院, 太原 030006;  
5. 中国林业科学研究院 沙漠林业试验中心, 内蒙古 磴口 015200; 6. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

**摘要:**晋西北是我国北方旱作农田沙化土地较严重的地区之一,开展不同地类土壤的机械组成、有机质及其二者之间关系的研究,以期为该区沙化土地类型和程度评价及其防治效益评估提供科学依据。对研究区农田、人工林地(乔木)和荒地的表层(0—20 cm)和下层(20—40 cm)土样进行粒度和有机质分析,结果表明:不同地类土壤的机械组成均为粉粒(0.002~0.05 mm) > 极细砂(0.05~0.1 mm) > 细砂(0.1~0.25 mm) > 黏粒(<0.002 mm),中砂及以上粒级(>0.5 mm)含量极少,其中粉粒、极细砂和细砂为优势粒级组分,三者含量之和在90%以上。农田受翻耕影响,其表层和下层土壤机械组成差异不大;人工林地中林间表层受草本植被影响,其表层颗粒明显细于下层;荒地由于受冬春季风蚀影响,其表层则略粗于下层。不同地类土壤有机质的积累均表现出表层含量大于下层,总体上有机质含量表现为农田 > 荒地 > 人工林地。不同地类的土壤机械组成与有机质的关系,呈现出粉粒和黏粒与有机质含量呈正相关关系,而细砂和极细砂与有机质则呈负相关关系,在相关程度上,粉粒和细砂与有机质含量的正、负相关性最大,是研究区不同地类土壤有机质积累与否的关键粒级。

**关键词:**沙化土地; 机械组成; 有机质; 晋西北

**中图分类号:** S152.3; S153.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2018)06-0061-07

## Study on Soil Mechanical Composition and Organic Matter of Desertification Land in Northwest of Shanxi Province

SU Zhizhu<sup>1</sup>, LIU Rong<sup>2</sup>, LIANG Aimin<sup>3</sup>, MA Yijuan<sup>2</sup>, WANG Guoling<sup>4</sup>, GAO Junliang<sup>5</sup>, HA Si<sup>6</sup>

(1. *Historical Culture School, Shanxi University, Taiyuan 030006, China*; 2. *College of Geography Science, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030619, China*; 3. *Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China*; 4. *College of Environment and Resources, Shanxi University, Taiyuan 030006, China*; 5. *Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China*; 6. *College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

**Abstract:** Northwest of Shanxi Province is one of the severe desertification areas in northern China. The samples of topsoils (0—20 cm) and subsoils (20—40 cm) collected from cropland, planted forest land and wasteland in the northwest of Shanxi Province, were analyzed for particle sizes and organic matter in the laboratory. The results showed that the contents of particle sizes decreased in order: silt (0.002~0.05 mm) > very fine sand (0.05~0.1 mm) > fine sand (0.1~0.25 mm) > clay (<0.002 mm) in the study area, and the content of >0.5 mm particle size was very few. The contents of dominant size fractions which were silt, very fine sand and fine sand exceeded 90%. The soil mechanical composition was not significant difference between topsoil and subsoil in cropland due to plowing; the fractions of topsoil was finer than subsoil in the planted forestland because of the function of dispersing soil parent material of herbage which were grown in the topsoil under forest; and the soil in wasteland was less covered by vegetation layer in the winter and early spring when the wind erosion is the strongest in the year. The contents of organic matter from different land types in this area appeared greater in the topsoils than subsoils. The content of organic matter decreased in

收稿日期: 2017-12-08

修回日期: 2018-02-02

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研究及示范”第5课题(2016YFC0500805); 山西省研究生教育创新项目(2016SY056, SYYSJC1604)

第一作者: 苏志珠(1964—), 男, 山西原平人, 博士, 副教授, 主要从事干旱区地貌与环境变化研究。E-mail: suzhizhu@163.com

the order: cropland>wasteland>planted forest land. In terms of correlativity between soil mechanical composition and the content of organic matter, the fine particles (silt and clay) are positively correlated with the content of organic matter, while the coarse particles (fine sand and very fine sand) are negatively correlated with the content of organic matter. From the viewpoint of relevance degree, silt and fine sand are significantly positively and negatively correlated with the content of organic matter, respectively, which indicates that silt and fine sand are the key size fractions determining the organic matter accumulation.

**Keywords:** desertification land; soil mechanical composition; organic matter; northwest of Shanxi Province

土地沙化是荒漠化的表现形式之一,其发生发展易导致土壤质量下降、土地生物性生产潜力降低、水文气候状况恶化以及生物群落衰退等生态环境问题,受到政府部门和不同学科领域学者们的高度重视。实质上,土地沙化主要是风力作用于地表使土壤机械组成发生变化的过程,即富含养分的细颗粒物被吹蚀,而粗颗粒物残留地表的粗化过程。在中国北方沙漠化监测与评价指标<sup>[1-3]</sup>中,土壤机械组成是重要的监测指标之一,其粒级组分的级配和含量多寡直接影响着土壤的理化性质,也是影响土壤养分特别是有机质含量变化的主要因素<sup>[4-5]</sup>。

晋西北地区是全国荒漠化监测与防治的重点地区之一,也是中国北方生态敏感脆弱的农牧交错带的重要组成部分,长期以来受自然因素和人为因素的综合影响,区域沙化土地分布集中、危害严重,制约着区域经济社会的可持续发展并威胁着周边地区的生态安全。20世纪90年代以来,学者们围绕本区土地沙化和生态恢复等问题开展了相关研究,如土地沙化的现状和危害及成因<sup>[6-7]</sup>、土地利用动态及覆被变化研究<sup>[8-9]</sup>、防护林时空变化研究<sup>[10]</sup>、土地沙化的气候因素分析<sup>[11]</sup>,以及人工乔木灌丛植被对土壤肥力<sup>[12]</sup>和土壤水分<sup>[13]</sup>影响研究等。但本区作为土地沙化易发生区域,土壤的机械组成和有机质及其两者关系的研究十分薄弱,不同地类土壤机械组成和有机质的对比研究鲜见报道。为此,本文以不同地类的土壤机械组成和有机质为研究对象,对比分析农田、人工林地和荒地土壤机械组成和有机质含量及分布特征,并对二者之间的关系进行探讨,以期对晋西北沙化土地类型和程度评价提供基础数据资料,并为土壤质量管理及其沙化土地防治效益评估提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

晋西北地区位于黄土高原的东缘,为我国北方农牧交错带的重要组成部分。在行政区划上,主要包括大同市的左云县,朔州市的朔城区、平鲁区、右玉县及山阴县局部,忻州市的偏关县、神池县、河曲县、五寨

县、保德县及岢岚县局部。地貌上主要为覆砂黄土丘陵与山间盆地镶嵌分布,处于黄土高原马兰黄土水平分布的第 I 带——砂黄土带<sup>[14]</sup>,砂黄土为最主要的成土母质。气候区划上属温带大陆性季风气候,年平均气温 3.6~7.5℃,多年平均降水量 360~470 mm,近 50 a 来气候总体上呈暖干化特点<sup>[11]</sup>。受气候、植被和成土母质的影响,主要土壤类型有栗褐土、淡栗褐土、黄绵土、栗钙性土、草原风沙土。研究区是我国荒漠化监测与防治的 12 个重点地区之一,属京津冀风沙源沙化土地治理和示范的重点地区之一。

### 1.2 数据来源与处理

1.2.1 样品采集与测试 2015 年 11 月份和 2016 年 6 月份,在晋西北沙化土地地区选择农田、人工林地(包括小叶杨、新疆杨和油松)和荒地 3 种地类作为研究样地,土壤样品采集使用多点采样法,即在所选的样地中分散随机选取 3 个样点,在 20 cm×20 cm 范围内,使用土钻采集表层(0—20 cm)和下层(20—40 cm)的土样,将 3 个样点土壤充分混合作为该样地的代表样,单个样品采集 1.0 kg 左右,使用 GPS 对每个样点进行定位,并详细记录各样地的现状地物与环境因素。

将采集的土壤供试样品在室内自然风干,并去除植物根系,称取 10 g 以备机械组成和有机质测试。土壤机械组成测试试验,具体步骤为:(1)称取 1~3 g 原状土壤样品放入烧杯;(2)加入 10 ml 浓度为 10% 的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液,并放置在电热板上加热,煮沸至无气泡溢出,以去除有机质及多余 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;(3)待其冷却后加入 10 ml 浓度为 10% 的 HCl 溶液,在电热板上煮沸至无气泡溢出,且颜色变为黄绿色,以去除次生碳酸盐类物质;(4)冷却后加入 10 ml 摩尔浓度为 0.05 mol/L 的 (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> 溶液作为分散剂,并置入超声波清洗器中震荡 10 min;(5)加入 100 ml 超纯水,静置 24 h,抽取上清液,除去过量酸,反复数次至中和;(6)取烧杯中底浊物在 Mastersizer 2000 激光粒度仪上进行测试。该仪器单量程检测范围 0.02~2 000 μm,重复测量误差小于 2%,每个样品重复测定 3 次,取其平均值作为该样品的测定结果,单位以体积百分比表示。

土壤有机质测试试验:称取过 0.25 mm 筛网的

土样 0.1~0.5 g,采用  $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$  法<sup>[15]</sup> 对土壤样品中的有机质进行测定。

1.2.2 数据处理 土壤颗粒的机械组成,其粒度分级采用美国制土壤颗粒分级标准,将土壤颗粒组别分为极粗砂(1.0~2.0 mm)、粗砂(0.5~1.0 mm)、中砂(0.25~0.5 mm)、细砂(0.1~0.25 mm)、极细砂(0.05~0.1 mm)、粉粒(0.002~0.05 mm)和黏粒(<0.002 mm)。所有测试数据在 Excel 中进行初步统计分析,土壤机械组成和有机质含量的相关分析在 IBM SPSS Statistics V20.0 中进行,其相关性用 Pearson 相关系数表示,所有结果图示化在 Origin 8.5 中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤机械组成

为对比不同地类的土壤机械组成,对各地类取表层(0—20 cm)和下层(20—40 cm)供试样品各粒级的均值作为该地类土壤样品的代表值(表1)。由表1可知,3

种地类所有供试样品的机械组成中,粗砂、中砂含量极少,两者之和含量大多数不足 1.00%;黏粒组分含量均小于 10.00%,主要以细砂、极细砂和粉粒为优势粒级,三者之和的含量在 90.00%以上。但不同地类土壤机械组成的组分及组合存在差异,农田主要以粉粒为主,占粒级总体含量的 59.69%,其次为极细砂、细砂和黏粒,分别占粒级总体的 22.48%,10.45%和 6.26%;人工林地的极细砂和粉粒含量大体相当,分别为 35.89%和 35.91%,其次为细砂和黏粒,分别为 23.06%和 4.53%;荒地的优势粒级为粉粒,含量为 42.68%,其次为极细砂和细砂,含量分别为 29.88%和 22.01%,黏粒含量为 4.90%。对比各地类土壤机械组成的组分可以发现,农田的土壤颗粒最细,荒地次之,人工林地最粗。此外,各地类土壤机械组成的不同组分含量表现出一定的差异,但就平均水平而言,各地类土壤颗粒含量均表现为粉粒>极细砂>细砂>黏粒,这与研究区广泛分布的砂黄土(粒级组分以粉砂和极细砂为主)母质有关。

表1 晋西北不同地类土壤机械组成

土地类型	样品编号	砂粒(2~0.05 mm)/%				粉粒 (0.05~0.002 mm)/%	黏粒 (<0.002 mm)/%
		粗砂	中砂	细砂	极细砂		
农田	NT-001	0.16	0.88	22.09	26.05	45.53	5.30
	NT-002	0.22	1.37	9.23	20.47	62.77	5.93
	NT-003	0.19	0.74	5.70	18.84	68.07	6.46
	NT-004	0.27	1.28	9.46	24.76	59.06	5.17
	NT-005	0.07	0.43	5.80	22.27	63.02	8.41
	均值	0.18	0.94	10.45	22.48	59.69	6.26
人工林地	LD-001	0.32	1.15	8.02	22.07	63.02	5.42
	LD-002	0.00	0.00	33.95	50.94	12.74	2.37
	LD-003	0.54	0.88	33.30	33.21	25.83	6.24
	LD-004	0.00	0.00	17.96	40.69	37.36	3.99
	LD-005	0.04	0.16	22.06	32.53	40.60	4.61
	均值	0.18	0.44	23.06	35.89	35.91	4.53
荒地	HD-001	0.00	0.12	55.52	34.11	8.25	2.00
	HD-002	0.24	0.82	21.32	28.46	43.98	5.18
	HD-003	0.00	0.00	19.58	40.61	34.49	5.32
	HD-004	0.25	0.65	8.77	26.50	58.10	5.72
	HD-005	0.05	0.51	4.87	19.70	68.59	6.27
	均值	0.11	0.42	22.01	29.88	42.68	4.90

对比各地类表层(0—20 cm)和下层(20—40 cm)土壤机械组成的分布状况(图1),其中,农田总体上表层与下层不同深度的土壤颗粒组成差别不大,土壤颗粒在深度上的变化无明显的分异和富集规律;人工林地土壤机械组成上,极细砂、细砂和中砂在表层的含量小于下层,而粉粒与黏粒含量则是表层大于下层;荒地整体上表层的细砂和极细砂含量稍多于下层,而粉粒含量小于下层,黏粒含量在表层与下层中

大体相当。在土壤剖面的同一深度层位上,3种地类的表层,细砂含量表现为荒地>人工林地>农田,极细砂含量表现为人工林地≈荒地>农田,粉粒和黏粒含量则是农田>人工林地>荒地;而在3种地类的下层,细砂含量为人工林地>荒地>农田,极细砂含量为人工林地>荒地>农田,粉粒和黏粒含量则是农田>荒地>人工林地。上述结果说明,土壤颗粒各粒级的含量不仅在同一地类不同深度的垂向上分异富

集状况存在差异,而且在不同地类同一深度的水平层次上也表现出差异性,这除与成土母质有关外,也与土地利用方式相关。

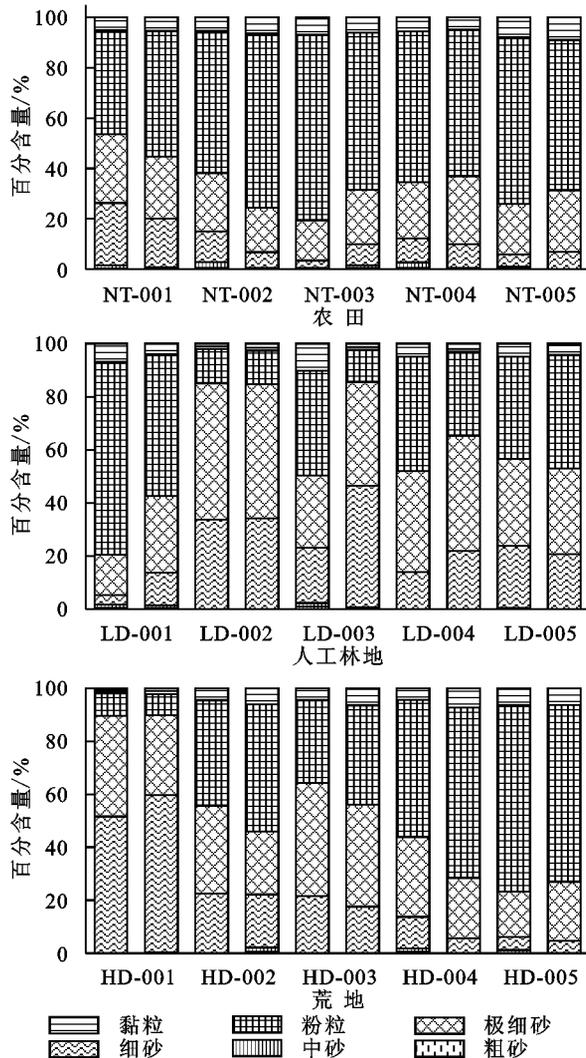


图 1 不同地类土壤颗粒组分含量在不同深度上的分布

## 2.2 土壤有机质

研究区 3 种地类有机质含量测试结果(表 2)表明,有机质含量总体上表现为农田>荒地>人工林

地;在土壤剖面的不同深度层位上,3 种地类的有机质含量也表现出一致性,均为表层(0—20 cm)大于下层(20—40 cm)。据全国第二次土壤普查土壤肥力状况分级标准<sup>[16]</sup>,农田的有机质平均含量处于中下水平(4 级),人工林地和荒地的有机质平均含量均处于低水平(5 级)。与土壤二普肥力状况分级标准对比,研究区 3 种地类不同深度土壤有机质含量表现为:表层(0—20 cm)有机质含量,农田、荒地的平均状态均处于中下水平(4 级),人工林地则处于低水平(5 级);土壤下层(20—40 cm)的有机质含量,农田和荒地处于低水平(5 级),人工林地处于很低水平(6 级)。上述结果表明,农田中有机质的积累高于人工林地和荒地,这与农田长期受人为的耕作、施肥影响有关;土壤表层(0—20 cm)有机质的积累高于下层(20—40 cm),说明有机质的积累具有一定的表聚现象,也反映出本区土壤肥力状况整体较低,严重影响着土地生物性生产潜力的提高。

## 2.3 机械组成与有机质的相关性

研究区 3 种地类的土壤样品中粗砂、中砂含量极少(表 1),故不参与统计分析,土壤的机械组成与有机质含量的相关性见图 2。由图 2 可知,研究区 3 种地类(图 2A,B,C)的土壤机械组成与有机质含量的关系表现为:细砂和极细砂与有机质含量均呈负相关关系,而粉粒和黏粒与有机质含量均呈正相关关系。其中,细砂与有机质含量的负相关程度要大于极细砂,在人工林地中尤为明显,其细砂的 Pearson 相关系数达到 $-0.91$ ,负相关程度大于极细砂的 $-0.528$ ;粉粒与有机质含量的正相关程度大于黏粒,这种差异同样在人工林地中最为突出。由此可见,在 3 种地类中,人工林地的粉粒和细砂与有机质的正、负相关性最大,而农田和荒地的粉粒和细砂与有机质的正、负相关程度则相对较小。

表 2 各地类不同深度土壤有机质含量

土地类型	深度/cm	有机质含量/( $g \cdot kg^{-1}$ )					平均值/( $g \cdot kg^{-1}$ )
		NT-001	NT-002	NT-003	NT-004	NT-005	
农田	0—20	8.35	16.20	15.96	24.12	26.62	18.25
	20—40	4.24	13.22	14.43	8.27	9.51	9.93
	平均	6.30	14.71	15.20	16.20	18.07	14.09
人工林地	LD-001	LD-002	LD-003	LD-004	LD-005		
	0—20	13.49	5.18	7.27	10.95	6.84	8.74
	20—40	8.68	4.63	1.06	9.83	4.22	5.68
平均	11.09	4.91	4.17	10.39	5.53	7.21	
荒地	HD-001	HD-002	HD-003	HD-004	HD-005		
	0—20	5.32	10.18	13.60	9.10	15.78	10.77
	20—40	5.19	10.02	9.02	6.04	8.03	7.69
平均	5.26	10.10	11.31	7.57	11.91	9.23	

从所有地类的土壤机械组成与有机质的整体相关性(图 2D)可以看出,土壤颗粒中粉粒与有机质的正相关程度最大,为 0.608;其次是黏粒,为 0.428;细砂和极细砂与有机质呈负相关,Pearson 相关系数分别为  $-0.590$  和  $-0.510$ 。上述结果显示,无论是 3 种地类(图 2A 农田、B 人工林地、C 荒地)还是整体

(D 整体)水平上,土壤机械组成与有机质的相关性反映出粉粒是本区沙化土地中对有机质积累贡献最大的粒级,黏粒次之,而细砂对有机质积累的贡献最小,其次为极细砂。

这说明粉粒和细砂是研究区不同地类土壤有机质积累与否最关键的两个粒级。

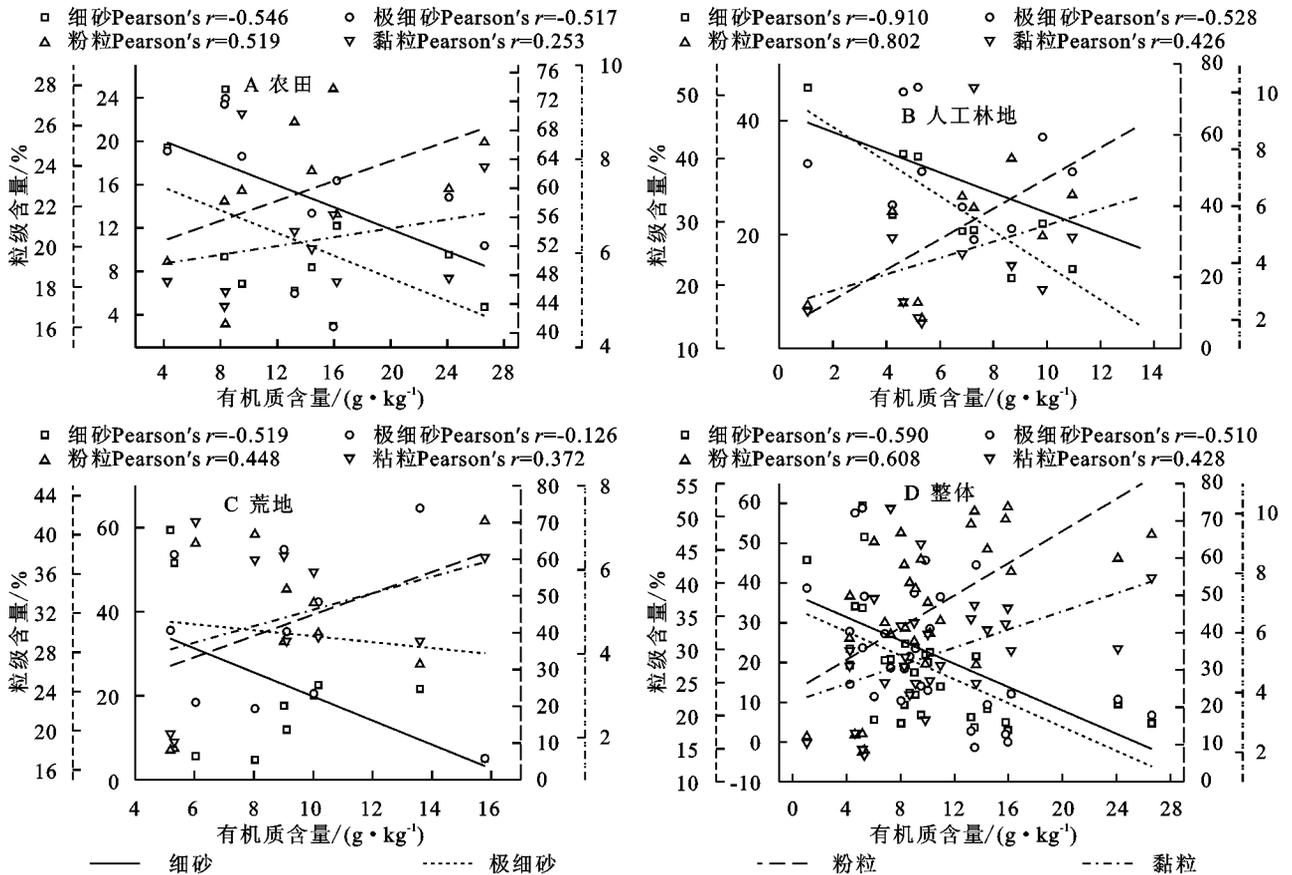


图 2 不同地类土壤机械组成与有机质的相关性

### 3 讨论

研究区广泛分布的第四纪砂黄土是最主要的成土母质,砂黄土含砂量较高和质地疏松等性质决定了土壤机械组成特征和有机质积累过程。受砂黄土母质的影响,本区 3 种地类土壤机械组成均以细砂、极细砂和粉粒为主,且粉粒含量居多,各粒级含量比例与黄土性土壤——褐土较为一致<sup>[17]</sup>,与黑土<sup>[18]</sup>和红壤<sup>[19]</sup>相比则存在明显差异。显然,成土母质不同及其所处的生物气候带不一样,土壤理化性质存在明显的差异。

为探讨晋西北沙化土地地区不同地类的土壤机械组成和有机质含量,选择覆砂黄土区的农田(地形较平坦)、人工林地(包括小叶杨、新疆杨和油松)和荒地(半坡丘陵)开展研究,成土母质均为第四纪砂黄土,仅地形坡度和坡面径流冲刷造成地表颗粒物质粗细有差异,这 3 种地类可以代表研究区的基本地类情

况。因此,土地利用类型的选择是造成土壤理化性质差异的主要因素之一。研究区 3 种地类土壤机械组成中粒级含量变化表现为:农田土壤中粒级含量是粉粒  $>$  砂粒  $>$  黏粒,人工林地和荒地的粒级含量为砂粒  $>$  粉粒  $>$  黏粒,但荒地的粉粒和黏粒含量多于人工林地。农田长期受耕作、翻耕、施肥等人类生产活动影响,砂黄土母质逐渐熟化,细粒物质不断增加,有机质含量高于人工林地和荒地;人工林地中由于种植年限较短(多为 10 a 左右和近年来新栽植的幼林)、树冠遮阳等影响,其林下生物量较低,生物结皮发育程度较低且零星分布(考察中少见成片的生物结皮),腐殖质化作用微弱,土壤母质的矿物质化学风化作用较弱,因此在机械组成上粗颗粒含量较多,有机质含量较低;荒地和人工林地相比,荒地多一年生草本植物,且草本的地上生物量和地下生物量大于林间地生物量,在成土过程中腐殖质化作用有利于母质的风化。此外,荒地草本捕获的大量降尘可随枯枝落叶直接归

于土壤中,结果是荒地的粉粒含量大于人工林地,但相关研究表明,林地土壤的粉粒含量要明显高于荒草地<sup>[20]</sup>,这是由于本区的人工林地种植年限较短,而在生态恢复的前期,相同的恢复年限下,荒草地对细颗粒的聚集多于林地<sup>[21]</sup>,说明在生态恢复的前期,荒草地较种植的人工林地有利于沙化土地的改良。对于土壤剖面不同层位而言,其机械组成也存在差异。农田因受到人为机械翻耕,表层(0—20 cm)与下层(20—40 cm)土体的机械组成差异不明显;人工林地表层土壤的粉粒和黏粒大于下层,这是由于表层受草本植物覆盖、根系和生物结皮等影响,土壤颗粒不断细化的结果;荒地表层粗颗粒含量多于下层,这是荒地的表层相对于下层在冬春季更容易受到风蚀所致。值得指出的是,已有的研究<sup>[22-23]</sup>结果表明,随着植被恢复年限的增加,母质逐渐向土壤演化;由此说明,土壤理化性质差异除受农田、林地和荒地不同土地利用方式影响外,恢复年限也是造成其差异的重要因素。

在自然状态下,土壤有机质主要来源于枯枝落叶的氧化分解,其含量的多寡受制于地上植被及其根系有机质的输入和分解的动态平衡<sup>[24-25]</sup>。农田因其特殊性,有机质含量高于人工林地和荒地,但由于农田作物、荒地年限、人工林地树种等差异,也存在农田的有机质含量少于荒地和人工林地的情况<sup>[26]</sup>。由于不同类型的生态系统所生产有机物的数量、组成和向土壤归还方式的不同,它们在成土过程中的作用也存在差异,譬如,木本植物每年只有少量有机物以枯枝落叶的方式归还于土壤中,草本植物每年植株主体死亡后几乎全部归还于土壤,加之恢复年限差异,致使荒地总体上有机质含量大于人工林地。枯枝落叶均在土壤表层聚集,这些有机残体在微生物的参与下,分解转化形成腐殖质在土壤表层富集,结果是3种地类土壤剖面中表层(0—20 cm)有机质含量明显高于下层(20—40 cm)。

一般而言,土壤细颗粒对有机质的吸附作用是有机质积累的主要因素,故存在正相关关系,但不同地区的土壤机械组成与有机质的相关性也存在差异。在雅鲁藏布江山南宽谷区<sup>[27]</sup>, $<0.002\text{ mm}$ , $0.002\sim 0.05\text{ mm}$ , $0.05\sim 0.1\text{ mm}$ 和 $0.1\sim 0.25\text{ mm}$  粒级组分与有机质在99%的显著水平上呈正相关关系;在黔北地区<sup>[28]</sup>,矮灌木根区的有机质与 $1\sim 0.05\text{ mm}$  粒级组分呈正相关,而与 $0.05\sim 0.001$ 和 $<0.001\text{ mm}$  呈负相关,非根区的有机质仅与 $1\sim 0.05\text{ mm}$  呈负相关,而其他粒级相关性均不显著。就晋西北沙化土地地区而言,不同地类的土壤有机质含量与细砂( $0.1\sim 0.25\text{ mm}$ )和极细砂( $0.05\sim 0.1\text{ m}$ )呈负相关

关系,与粉粒( $0.002\sim 0.05\text{ mm}$ )和黏粒( $<0.002\text{ mm}$ )则呈正相关关系,与多数研究结果相一致<sup>[29-31]</sup>。这可从三方面解释其成因:一是单位体积的细颗粒土壤的比表面积大于单位体积的粗颗粒土壤,因此暴露出更多的正电荷位与带负电荷的腐殖质结合;二是土壤有机质易与土壤细颗粒结合形成有机—无机复合体,因此,土壤颗粒粒径越小,越易被腐殖质包裹;三是细颗粒键合的有机质比有机质本身更能抵抗微生物的分解,且土壤细颗粒具有较差的孔隙度,这一特性使细颗粒一旦与有机质结合,则难以被微生物分解而易于积累。因此,土壤有机质的含量与粉粒和黏粒的含量呈正相关关系,与砂粒则呈负相关关系。值得指出的是,土壤细颗粒对有机质积累的影响因素是多方面的,诸如粉粒与黏粒含量<sup>[32]</sup>、黏粒矿物种类及其性质<sup>[33]</sup>、土地利用方式<sup>[34]</sup>、气候因素<sup>[35]</sup>等。

## 4 结论

在对晋西北沙化土地考察和土壤样品试验测试的基础上,对农田、人工林地和荒地3种地类的土壤机械组成、有机质进行了分析,并探讨了机械组成与有机质含量之间的关系,初步获得以下三点认识:

(1) 受砂黄土成土母质的影响,晋西北沙化土地地区不同地类的土壤机械组成粉粒( $0.002\sim 0.05\text{ mm}$ ) $>$ 极细砂( $0.05\sim 0.1\text{ mm}$ ) $>$ 细砂( $0.1\sim 0.25\text{ mm}$ ) $>$ 黏粒( $<0.002\text{ mm}$ ),其他粒级颗粒含量极少,细砂、极细砂和粉粒为优势粒级,三者含量占总体粒级的90%以上。对不同地类土壤机械组成而言,农田粉粒和黏粒含量最多,其次为荒地,人工林地最少。不同地类土壤剖面深度层位上,农田受翻耕等生产活动干扰,土壤机械组成表层(0—20 cm)与下层(20—40 cm)差别不大;人工林地内受林间地表植被影响,表层(0—20 cm)土壤颗粒组成较下层(20—40 cm)细;荒地因地表裸露缺乏植被保护,受冬春季风蚀影响明显,表层(0—20 cm)土壤机械组成略粗于下层(20—40 cm)。

(2) 晋西北沙化土地地区不同地类土壤有机质的含量,总体上表现为农田 $>$ 荒地 $>$ 人工林地。由于土壤有机质积累过程具有表聚现象,3种地类的有机质含量在不同深度上的分布,均表现为表层(0—20 cm)大于下层(20—40 cm)。

(3) 晋西北沙化土地地区的不同地类中,细砂( $0.1\sim 0.25\text{ mm}$ )和极细砂( $0.05\sim 0.1\text{ mm}$ )与有机质含量呈负相关关系,粉粒( $0.002\sim 0.05\text{ mm}$ )和黏粒( $<0.002\text{ mm}$ )与有机质含量则呈正相关关系。在相关程度上,细砂( $0.1\sim 0.25\text{ mm}$ )和粉粒( $0.002\sim 0.05\text{ mm}$ )与有机

质含量的相关(正或负)程度最大,说明细砂(0.1~0.25 mm)和粉粒(0.002~0.05 mm)是研究区土壤有机质积累与否最关键的两个粒级。

#### 参考文献:

- [1] 赵哈林,刘新民,李胜功.科尔沁沙地脆弱生态环境的基本属性特征和成因分析[J].中国沙漠,1998,18(2):10-16.
- [2] 左小安,赵学勇,赵哈林,等.沙地退化植被恢复过程中灌木发育对草本植物和土壤的影响[J].生态环境学报,2009,18(2):643-647.
- [3] 张继义,赵哈林.退化沙质草地恢复过程土壤颗粒组成变化对土壤-植被系统稳定性的影响[J].生态环境学报,2009,18(4):1395-1401.
- [4] 陈隆亨.中国风沙土[M].北京:科学出版社,1998.
- [5] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 秦作栋,董光荣,马志正.晋西北地区土地荒漠化现状分析[J].中国沙漠,1995,15(3):244-251.
- [7] 马义娟,苏志珠.山西省土地沙质荒漠化现状及发展趋势研究[J].水土保持学报,2003,17(6):81-85.
- [8] 李秀芬,刘利民,齐鑫,等.晋西北生态脆弱区土地利用动态变化及驱动力[J].应用生态学报,2014,25(10):2959-2967.
- [9] 李艳红,焦晓燕,苏志珠,等.2000—2008年晋西北地区土地利用/覆被变化研究[J].山西农业科学,2015,43(4):439-443.
- [10] 李秀芬,苏蕾,张金鑫,等.晋西北防护林30年来时空变化特征及影响要素[J].生态学杂志,2013,32(9):2382-2389.
- [11] 马义娟,钱锦霞,苏志珠.晋西北地区气候变化及其对土地沙漠化的影响[J].中国沙漠,2011,31(6):1585-1589.
- [12] 冀瑞瑞,张强,杨治平,等.晋西北黄土高原丘陵区小叶锦鸡儿人工灌丛不同生育阶段土壤肥力特征研究[J].山西农业科学,2007,35(3):51-54.
- [13] 郭彪,王尚义,牛俊杰,等.晋西北不同植被类型土壤水分时空变化特征[J].水土保持通报,2015,35(1):267-273.
- [14] 刘东生.黄土的物质成分和结构[M].北京:科学出版社,1966.
- [15] 杨剑虹.土壤农化分析与环境监测[M].北京:中国大地出版社,2008.
- [16] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [17] 刘作新,唐力生.褐土机械组成空间变异等级次序地统计学估计[J].农业工程学报,2003,19(3):27-32.
- [18] 隋跃宇,焦晓光,程守全,等.海伦市农田黑土机械组成与土壤全量养分相关关系研究[J].农业系统科学与综合研究,2007,23(4):456-458.
- [19] 孙佳佳,王培,王志刚,等.不同成土母质及土地利用对红壤机械组成的影响[J].长江学院院报,2015,32(3):54-58.
- [20] 张杰,高鹏,孙继敏,等.鲁中南山地典型植被土壤颗粒与土壤水分特征曲线的分形学特征[J].中国水土保持科学,2013,11(1):75-81.
- [21] 华瑞,徐学选,张少妮,等.不同退耕年限林草地土壤颗粒分形特征研究[J].水土保持学报,2016,30(4):206-209.
- [22] 姬生勋,刘玉涛,董智,等.黄泛平原风沙区不同造林年限林地土壤风蚀与理化性质的变化[J].水土保持研究,2011,18(3):158-168.
- [23] 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.
- [24] Guo L B, Sims R E H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1999,75(1/2):133-140.
- [25] 陈龙池,廖利平,汪思龙,等.根系分泌物生态学研究[J].生态学杂志,2002,21(6):57-62.
- [26] 王莉,张强,牛西午,等.黄土高原丘陵区不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J].中国农业学报,2007,15(4):53-56.
- [27] 李海东,沈渭寿,邹长新,等.雅鲁藏布江山南宽谷风沙化土地土壤养分和粒度特征[J].生态学报,2012,32(16):4981-4992.
- [28] 邓延飞,刘彦,颜秋晓,等.贵州典型山银花土壤机械组成与养分特性及其关系[J].水土保持学报,2014,28(5):209-214.
- [29] 刘义,关继义,葛建平.不同森林类型土壤肥力的差异分析[J].东北林业大学学报,2002,30(3):76-78.
- [30] 赵明松,张甘霖,王德彩,等.徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析[J].土壤学报,2013,50(1):1-11.
- [31] 唐炎林,邓晓保,李玉武,等.西双版纳不同林分土壤机械组成及其肥力比较[J].中南林业科技大学学报:自然科学版,2007,27(1):70-75.
- [32] Six J, Christian F, Karolien D, et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils-Effects of no-tillage[J]. Agronomic, 2002, 22: 755-775.
- [33] Haider K, Guggenberger G, Huang P M, et al. Soil minerals and organic components: impact on biological processes, human welfare, and nutrition, [J]. Journal of Ultrasound in Medicine Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine, 2005, 29(6):911-6.
- [34] FellerC, Beare M H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics[J]. Geoderma, 1997, 79:69-116.
- [35] Hassink J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles [J]. Plant Soil, 1997,191:77-87.