

河北坝上地区土壤风蚀物理化性质初步研究*

哈 斯

(中国科学院兰州沙漠研究所·兰州市·730000)

摘 要 根据河北坝上地区风蚀耕地近地面风蚀物及相应土壤表层样品的野外采集与室内分析结果,风蚀物含量随高度呈指数函数规律减少。与相应土壤表层相比,风蚀物中细砂级以下颗粒,有机质及养分含量增加。随着输沙量增加,风蚀物中粗颗粒(沙粒)含量增加,而细颗粒(粉砂和粘土)含量减少,随之有机质及养分含量也减少。随着高度增加,粗颗粒含量减少而细颗粒、有机质和养分含量增加。因而在输沙量增加时,会有大量的细颗粒和营养物质从土壤中流失。此外,耕作措施通过改变地表状况影响输沙量,进而影响风蚀物理化性质。

关键词: 风蚀物 理化性质 坝上地区

Preliminary Study on Physical and Chemical Characteristics of Wind-blown Sediment in Bashang Region of Hebei Province

H asi

(Lanzhou Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, 730000, Lanzhou)

Abstract The systematic sampling of near surface wind-blown sediment and corresponding upper soil in Bashang region, Hebei province is conducted. The result showed that the quantity of wind-blown sediment decreased exponentially with the increasing height above ground level. The content of finer particles($\leq 0.25\text{mm}$), organic matter and plant nutrient increased significantly in wind-blown sediment in comparison with that of corresponding upper soil surface. As the sample size increased, the percentage of sand increased but the silt and clay decreased, and the content of organic matter and plant nutrient decreased. However, the percentage of finer particles(silt and clay) and the content of organic matter and nutrient increased with the increasing height above soil surface, it indicates that the amount of fine particles and plant nutrient lost from soil during higher erosive wind environment. In addition, tillage methods affect the soil wind erosion through changing surface properties and then influence the physical and chemical characteristics of wind-blown sediment.

Keywords: wind-blow sediment; physical and chemical characteristics; Bashang region

地处内蒙古高原东南缘的河北坝上地区,由于气候干冷多风,加之大面积开垦草原,加剧了土壤风蚀和土地沙漠化,现已成为我国沙漠化强烈发展的地区之一^[1~2],并严重影响着当地农牧业生产和生态环境。

坝上地区土地沙漠化主要表现为农田土壤风蚀^[2]。土壤风蚀的实质就是土壤中细颗粒和营养物质的吹蚀和搬运,结果一方面导致土壤机械组成变粗、表土层变薄和生产力水平下降;另一方面,风蚀物不同高度的搬运和堆积对农作物、工矿交通等设施 and 大气环境造成危害。由于土壤中肥力要素主要集中在最细最轻的颗粒,且这些物质在风力作用下优先被侵蚀和搬运使风蚀物理化性质与其相应土壤之间必有一定的区别。为此,本文拟通过野外观测,采样和室内分析,初步探讨该区风蚀耕地上风蚀物随高度的分布,风蚀物粒度组成,有机质和养分状况等与相应土壤及输沙量的关系,为正确评价土壤风蚀危害提供科学依据。

1 方 法

研究区位于坝上高原东部丰宁县大滩镇。该区属温带半干旱草原气候,具有干旱少雨,寒冷多风等特点。年均温 0.5℃,年降水量 421.9mm,且集中在夏季,年均风速 4.1m/s,大风日数达 60d。其中,春季干冷多风,地表裸露,属土壤风蚀的主要季节^[3]。地带性土壤为栗钙土及其亚类,质地较粗且生产力低下。在土壤表层 20cm(耕作层)内砂、粉砂和粘土平均含量分别是 59.23%, 23.66% 和 17.11%,有机质平均含量为 21.9g/kg,全氮为 2.5g/kg,全磷为 7.7g/kg,全钾为 23.4g/kg,水解氮 0.11g/kg,速效磷为 4.01mg/kg 和速效钾 124.4mg/kg。

野外观测与采样均在该地区空旷裸露耕地(秋翻地和春翻地)和留茬地上进行^[3]。其中风蚀物收集高度为距地表 20cm,土壤样品取之表层 3cm 深度范围内。室内对样品经烘干称重后进行了粒度、有机质和有效养分(N, P, K)等方面的分析。此外,风速测定高度均为距地表 200cm。

2 结 果

2.1 风蚀物随高度的分布

气流中的土壤颗粒因其运动方式(蠕移、跃移和悬移)和粒径大小不同,风蚀物含量随高度发生变化。在距地表 20cm 高度范围内,以每 2cm 间隔收集的风蚀物含量随高度具有明显的变化规律(表 1)。表现在:(1)第一层(0~2cm)含量均小于第二层(2~4cm),而且随着输沙量增加第一层含量减少;在不同类型耕地,随土壤不可蚀性颗粒含量的增加,第一层含量增加。(2)由第二层开始,风蚀物含量随高度递减,且随输沙量增加而递减程度减低。根据风蚀物含量与高度之间的相关分析,0~20cm 内风蚀物含量随高度的分布呈现为指数函数形式:

$$M = A \cdot B^Z \quad (1)$$

式中: M ——各层风蚀物含量(g); Z ——高度(cm); A, B ——回归系数。

由表 2,风蚀物含量与高度的指数函数关系的相关系数在 0.01 显著性检验水平上都达 0.90 以上,说明在 0~20cm 内的这一关系式能够充分反映该高度范围内风蚀物垂直分布的实际。其中系数 A 值反映了风蚀物含量向上递减程度随输沙量增加而减少,表明风速增加时风沙层高度也在增加。

2.2 风蚀物粒度组成

由表 2、表 3,与相应土壤相比,风蚀物粒度组成中,粗、中砂含量减少,细砂含量明显增加,粉砂及粘土含量在大部分样品中趋于增加。在粒径级配上,风蚀物粒级范围缩小且集中在 0.25~0.1mm。在累积频率曲线上(图 1),平均粒径变细(0.07~0.15mm 之间,平均 0.11mm)。

表 1 各层风蚀物含量与相应的输沙量和不可蚀性颗粒含量

项目	高 度 Z (cm)										输沙量 Q(g)	I (%)
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20		
1	12.53	19.15	15.44	12.41	10.12	7.75	6.44	5.60	5.52	4.77	25.87	5.7
2	18.24	20.00	14.98	10.80	8.82	7.32	5.92	4.89	4.53	4.50	2.89	5.7
3	12.41	23.34	17.24	12.73	9.27	7.33	6.04	4.74	4.35	3.19	30.86	5.7
4	12.80	23.01	14.32	11.73	9.98	8.01	5.72	5.58	5.02	3.79	125.03	10.0
5	12.48	18.73	14.85	12.08	9.86	8.45	7.38	6.17	5.23	4.30	211.7	10.0
6	19.36	17.53	13.61	11.4	9.36	7.66	6.60	5.52	4.56	4.35	63.5	1.0
7	14.92	18.81	14.88	12.59	11.33	8.03	6.44	5.70	4.33	2.97	27.0	15.0
8	16.85	20.45	16.32	12.47	9.64	6.92	5.33	4.54	4.08	3.40	4.4	15.0
9	12.48	22.62	15.36	12.66	10.28	8.39	5.24	4.92	4.01	3.04	248.8	15.0
10	7.74	20.23	13.71	13.57	8.29	5.57	4.89	3.25	2.51	7.4	15.0	
X	12.51	20.76	15.68	12.41	10.24	8.06	6.71	5.56	4.63	3.82		
S	3.85	2.07	1.52	0.72	1.09	0.59	0.06	0.69	0.62	0.66		

注: I——不可蚀性颗粒含量。

表 2 风蚀物含量与高度关系式的数理参数

参数	编 号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	4.91	0.62	0.87	36.41	39.84	13.51	6.13	1.06	56.36	2.59
B	0.93	0.91	0.91	0.92	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.87
R	0.94	0.97	0.94	0.90	0.90	0.99	0.97	0.98	0.94	0.99
Q	25.87	2.89	30.68	125.03	211.7	63.5	27.0	4.4	248.8	7.4

表 3 土壤表层粒度组成、有机质和养分含量

项目	粒径级配 (mm)						有机质 OM (g/kg)	有效养分		
	> 1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.05	0.05~0.002	< 0.002		N (g/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	4.8	5.0	19.3	49.4	11.9	8.6	14.566	0.14	6.0	119.6
2		4.3	47.7	38.0	5.2	4.8	5.645	0.02	6.0	115.3
3	3.0	12.3	30.6	38.6	7.5	8.0	12.989	0.08	4.3	113.9
4	5.7	6.8	26.6	50.9	5.7	6.3	9.015	0.07	9.9	112.5
5	5.0	7.5	25.9	46.0	8.6	7.5	13.854	0.07	6.0	116.8
6		1.6	23.1	62.3	5.6	7.2	7.250	0.06	2.9	102.4
7	4.2	5.6	19.5	53.7	8.5	8.8	9.501	0.02	4.1	101.0

在同一类型耕地, 随着输沙量增加, 风蚀物粒度组成中砂粒含量增加, 粉砂及粘土含量减

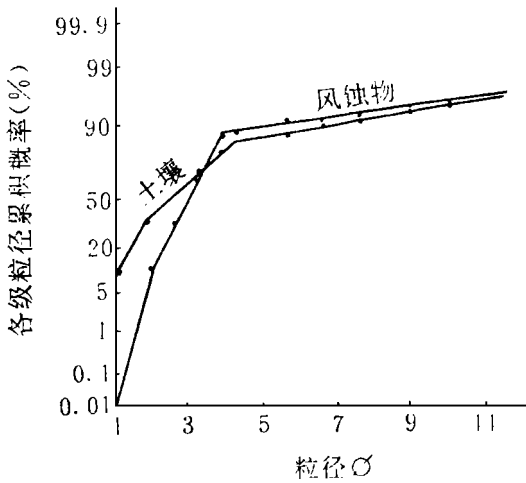


图 1 风蚀物及相应土壤表层粒径累积概率曲线

减少而细颗粒含量增加(表 6)。这与笔者前期观测结果⁴¹(即在 0~100cm 高度范围内随高度增加,细砂含量减少而粉砂及粘土含量增加)相一致。

表 4 风蚀物粒度组成、有机质养分含量

项目	粒径级配 (mm)						MD (mm)	有机质 OM (g/kg)	养 分			Q (g)	耕地类型
	> 1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.05	0.05~0.0002	0.002			N (g/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)		
1E-1		3.5	11.3	7.8	9.8	10.2	0.08	20.038	0.18	5.5	122.5	64.8	春翻地
1E-2			2.6	80.9	7.7	8.8	0.10	16.949	0.13	4.1	98.1	98.9	秋翻地
2E-1		1.6	21.5	606.9	5.8	4.2	0.14	13.234	0.18	10.1	172.6	119.4	春翻地
2E-2		0.6	20.6	52.8	7.0	9.0	0.08	6.545	0.02	6.0	115.3	56.6	秋翻地
3E-1		1.8	17.8	64.4	8.5	7.5	0.15	11.386	0.07	13.2	184.1	95.2	春翻地
3E-2		0.4	24.4	66.7	4.7	4.8	0.15	6.935	0.02	6.3	105.3	177.6	秋翻地
4E			10.8	76.2	6.5	6.5	0.12	11.703	0.01	15.6	141.1	54.8	秋翻地
5E			14.5	68.5	7.2	8.8	0.13	12.593	0.08	5.5	122.5	47.7	留茬地
6E			1.8	80.0	8.2	10.0	0.10	12.262	0.03	7.2	132.5	41.3	留茬地
7E			2.9	80.1	7.4	9.6	0.07	15.137	0.07	7.2	129.7	52.7	留茬地

2.3 风蚀物有机质及养分状况

由表 3 和表 4, 风蚀物有机质及养分含量较之相应土壤表层为高。在同一类型耕地, 随输沙量增加, 有机质及养分含量减少; 在不同类型耕地由秋翻地至春翻地和留茬地增加。

以风蚀物有机质及养分富集率(风蚀物有机质及养分含量与相应土壤表层之比)作为表征风蚀过程中土壤肥力迁移指标⁵¹。平均富集率在有机质、水解氮、速效磷和速效钾中分别是 1.24, 1.98, 1.58 和 1.16。说明风蚀过程中土壤有机质和养分在损失, 而且以水解氮的迁移量最大, 其次为速效磷(表 5)。风蚀物有机质及养分富集率随输沙量和地表状况的改变而具有与其含量相同的规律性。

少(表 4)。

若以风蚀物各粒级含量的富集率(风蚀物各粒级含量与相应土壤表层各粒级含量之比)表征土壤风蚀过程中的粒度变化, 在风蚀物各粒级中细砂级以下颗粒趋于富集(表 5), 其中细砂富集率最高(介于 1.28~1.78, 平均 1.56), 其次为粘土(介于 0.60~1.58, 平均 1.08)和粉砂(介于 0.63~1.46, 平均 0.98)。在同一类型土壤, 随输沙量增加, 细砂富集率增加而粉砂及粘土富集率减少。在不同类型耕地, 随着土壤不可蚀性颗粒含量、土垄高度及作物残余物盖度的增加³¹, 细砂富集率减少而粉砂及粘土富集率增加; 反之, 则细砂富集率增加而粉砂及粘土富集率减少。

风蚀物粒度组成随高度具有一定的变化规律。以粒径 0.1mm 为界, 随高度增加, 粗颗粒含量

减少而细颗粒含量增加(表 6)。这与笔者前期观测结果⁴¹(即在 0~100cm 高度范围内随高度增加, 细砂含量减少而粉砂及粘土含量增加)相一致。

表 5 风蚀物各粒级、有机质及养分富集率

%

项目	粒 径(mm)					有机质 OM (g/kg)	养 分(g/kg)			Q(g)	耕地类型
	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.05	0.05~0.002	<0.002		N	P	K		
1E-1	0.7	0.59	1.59	0.82	1.19	13.8	12.9	8.3	10.2	64.8	春翻地
1E-2	0	0.09	1.78	0.64	1.02	11.6	9.3	6.8	8.2	98.9	秋翻地
2E-1	0.37	0.46	1.73	1.12	0.88	23.4	22.5	16.8	15.2	119.4	春翻地
2E-2	0.14	0.43	1.39	1.32	1.58	11.6	10.0	8.0	9.0	86.6	秋翻地
3E-1	0.15	0.58	1.67	1.13	0.93	8.8	8.8	30.7	16.2	95.2	春翻地
3E-2	0.03	0.80	1.73	0.63	0.60	5.3	2.5	11.6	9.2	177.6	秋翻地
4E	0	0.41	1.50	1.14	1.03	13.0	1.4	15.8	11.5	54.8	秋翻地
5E	0	0.56	1.49	0.84	1.17	9.1	8.9	9.2	10.5	47.7	留茬地
6E	0	0.08	1.28	1.46	1.39	16.9	5.0	24.9	12.9	41.3	留茬地
7E	0	0.14	1.51	0.87	1.09	15.9	35.0	25.0	13.0	52.7	留茬地
X	0.07	0.38	1.56	0.98	1.08	12.9	11.6	15.7	11.6		

表 6 风蚀物各粒级含量随高度变化

粒径 (mm)	高 度(cm)									
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20
1~0.5	3.80	2.21	1.81	1.42	1.85	1.46	1.66	1.22	1.59	0.76
0.5~0.25	36.06	29.01	25.26	27.01	28.97	38.56	32.10	30.64	28.62	33.90
0.25~0.1	46.14	47.17	49.58	52.40	51.07	45.15	41.87	43.64	38.46	42.27
<0.1	14.00	21.61	21.04	19.17	18.10	14.83	24.37	24.50	31.23	22.16

3 结论与讨论

河北坝上地区土壤风蚀物在距地表 20cm 高度内, 随高度增加, 以指数函数规律递减。通常, 气流中的土壤颗粒在这一高度范围内其运动形式以跃移为主, 因而风蚀物含量与高度之间的指数函数关系充分反映了跃移质风沙气流状况^[4]。风蚀物含量向上递减程度随输沙量增加而减少是因为风速与输沙量增加使气流中土壤颗粒的搬运高度和跃移质风沙流浓度得以增加, 进而风沙流中悬移质含量也随之增加。

风洞实验结果^[6,7]表明, 冲击起动风速在粒径为 0.1mm(3.2φ)左右的颗粒最小。随着粒径变粗, 所需起动风速也就变大。而且, 许多学者的野外及室内实验结果^[8,9]也证实, 粒径为 0.3~0.1mm 的土壤颗粒(或沙粒)最易以跃移形式运动, 而粒径细于 0.1mm 的颗粒因其沉降速度一般小于气流向上脉动的分速度而易以悬移形式运动。因此在风对土壤颗粒的分选分异作用下, 随高度增加, 以跃移形式运动的砂粒含量减少, 而以悬移形式运动的粉砂及粘土含量增加^[4,5]。随着风速与输沙量增加, 便更多的砂粒级组分以跃移形式运动, 同时风沙流高度和浓度都得以增加。从而大量的粉砂及粘土等细颗粒在更高的范围内以悬移形式运动并可能在风力作用下搬运到很远的地区。据此, 在笔者观测高度(0~20cm)范围内随输沙量增加, 砂粒含量增加而粉砂及粘土含量减少, 实际上反映了大风环境或沙尘暴过程中大量的细颗粒从土壤中

流失。

土壤肥力要素主要集中在最细最轻的颗粒,在风力分选作用下,这些颗粒优先被侵蚀和搬运,导致风蚀物中有机质及养分含量一般高于土壤表层。由于风蚀物粒度组成中细颗粒(粉砂及粘土)含量及富集率随高度而增加,故有机质和养分含量及富集率也随之增加。输沙量增加时,在笔者观测高度(0~20cm)范围内细砂含量增加而粉砂含量减少,有机质及养分含量和富集率减少。这是因为,此时风沙流高度得以增加,尤其粉砂及粘土之搬运高度显著增加。因而输沙量增加时,也有大量的有机质和养分等肥力物质从土壤中迁移至很远的下风地区。

耕作措施通过改变地表状况影响土壤风蚀量或输沙量进而影响风蚀物理化性质。据野外观测^[3],土壤风蚀量和输沙量由平坦裸露耕地(秋翻地)至垄沟明显起伏的裸露耕地(春翻地)和留茬地依次减少。其中,对土壤风蚀的影响因素主要有土壤不可蚀性颗粒含量,微地形(土垄高度)和作物残余物。土壤不可蚀性颗粒和作物残余物保护下伏易蚀性颗粒,增加地表粗糙使土壤表面趋于稳定。与风向相垂直或呈大角度斜交的土垄及犁沟不仅增加地表粗糙度,而且由土垄迎风坡吹扬的土粒在背风侧犁沟中沉积后,因此处风速很低而不再运动,进而减少输沙量。随之,在笔者观测高度内细颗粒有机质和养分含量及富集率得以增加;相反,这些影响因素减少,输沙量增加,随之粗颗粒含量增加,而细颗粒有机质及养分含量减少。总之,耕作措施不仅影响土壤风蚀量,而且也影响风蚀物理化性质。

4 结 语

土壤风蚀是一种非常复杂的地理过程。风沙气流高度和浓度随风速及下垫面性质的改变而不断发生变化。本文只是对气流层中较低高度范围内风蚀物的短期观测。对于定量评价土壤风蚀过程中土壤理化性质的变化,仍需长期、大量的野外观测和室内实验分析。同时在目前知识水平下,观测和采样仪器的进一步改进和研究手段的进一步完善也是亟待解决的主要问题。否则,可能会出现与实际相反的结果。

参 考 文 献

- 1 王涛、李孝泽、哈斯等. 河北坝上现代土地沙漠化的初步研究. 中国沙漠, 1991, 11(2): 39~45
- 2 陈广庭. 内蒙古高原东南部现代沙漠化过程. 中国沙漠, 1991, 11(2): 11~19
- 3 哈斯, 陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(11): 10~16
- 4 哈斯. 河北坝上地区土壤风蚀物垂直分布的初步研究. 中国沙漠, 1997, 17(1)
- 5 Zobeck T M, Fryrear D W. Management effects on wind-eroded sediment and plant nutrient. Jour. Soil and water cons, 1989, 46: 159~163
- 6 Bagnold R A. 泥沙与荒漠沙丘物理学钱宁等译, 北京: 科学出版社, 1959
- 7 Ivrsen J D, White B R. Saltation threshold on Earth, Mars and Venus, Sedimentology, 1982, 29: 111~119
- 8 Lyles L. Basic wind erosion processes. Agric. Ecosys. Environ. 1988, 89(22/23): 91~101
- 9 Pye K, Soar H. Aeolian Sand and Sand Deposit. London: Unwin Hyman, 1990