

彰武农田土壤风蚀物垂直分布规律的研究

赵宏亮, 侯立白, 王 萍, 张 雯
(沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

摘 要: 利用自制沙尘采集器, 通过对 3 种自然风速天气下所收集风蚀物的分析, 研究了农田土壤风蚀物近地表 1.5 m 的垂直分布规律。结果表明: 土壤输沙量随着高度的增加呈下降的趋势, 且输沙量随高度变化的规律可以用幂函数近似描绘; 风沙流中沙粒的粒径在垂直分布中, 随高度的增加, 气流中粒径大的颗粒含量逐渐减少, 粒径小的颗粒含量逐渐增加, 相关分析表明粒径 $> 0.1\text{ mm}$ 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著负相关, 粒径 0.1 mm 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著正相关; 风速在 $4.8\sim 12.2\text{ m/s}$ 范围内, 与农田土壤输沙量之间呈指数函数的变化规律; 不同耕作方式对输沙量有较大影响, 其中, 输沙量最大的是花生茬深翻, 其次是秋翻地、春浅旋灭茬、秋浅旋灭茬, 最小的是旋耕覆盖。
关键词: 输沙量; 农田土壤; 风蚀物; 垂直分布
中图分类号: S157.1; S157.42 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006)02-0150-03

Research of Farmland Soil Erosion on
Vertical Distribution Law in Zhangwu County

ZHAO Hong-liang, HOU Li-bai, WANG Ping, ZHANG Wen
(Agronomy College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: Analyzing the things collected under the condition of three different wind velocities by a homemade sandy sampler, its vertical distribution law near the surface of farmland was studied. The results showed: the sediment discharge was decreased with height increasing, which could be described by power function; in vertical distribution of sand particle, the relationship of height and the content of bigger particle diameter was the higher the smaller, and the relationship of height and the content of smaller one was just opposite. Relative analysis showed that the relationship of height and particle diameter which bigger than 0.1 mm was significant negative correlation at level 0.05. The others was showed significant positive correlation at the same level; the relationship of soil sediment discharge and wind velocity, which from 4.8 m/s to 12.2 m/s was fitted as the law of exponential function; different tillage patterns had great influence on sediment discharge. The maximal of soil sediment discharge was under the deep tillage pattern of peanuts stubble, followed by plowing in autumn, shallow rotary stubbling in spring, and shallow rotary stubbling in autumn, the minimum was rotary tillage mulch pattern.
Key words: sediment discharge; farmland soil; wind erosion sediment; vertical distribution

中国受土壤风蚀及土地沙漠化影响的面积占国土面积的 1/2 以上^[1], 主要分布于我国北方地区, 它严重影响这些地区的资源开发和社会经济的持续稳定发展。土壤风蚀是指土壤物质被风吹起、搬运和堆积的过程以及地表物质受到风吹起的颗粒的磨蚀等, 是风成过程的全部结果^[2]。风蚀物垂直分布是指风蚀物含量乃至机械组成随高度的变化, 这种变化因受土壤特性、风力状况及耕作方式等因素的影响而各地具有一定的差异^[3]。近年来, 许多学者从不同角度对风蚀物的垂直分布进行研究, 然而对农田土壤风蚀物的垂直分布的相关研究却不多见。本研究以地处中国科尔沁沙地南缘农牧交错带的彰武地区为研究对象, 利用自制 BSNE 沙尘采集器, 通过野外观测、采样和室内分析, 对农田土壤风蚀物的垂直分布规律进行了初步研究。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况

彰武县位于辽宁西北部, 地理坐标位置在北纬 $42^{\circ}07'$ 至 $42^{\circ}51'$, 东经 $121^{\circ}53'$ 至 $122^{\circ}58'$ 之间, 属于我国沙漠化土地集中连片的北方半干旱农牧交错带的旱农耕作区, 全年平均降水量 510.3 mm , 85% 分布于 5~9 月份, 而春季干旱少雨, 风大且多, 春季风向多偏南大风。日照时数 $2\,822.6\text{ h}$, 太阳总辐射 571.9 kJ/cm^2 , 年平均气温 7.2°C , 无霜期 152 d 。全县总土地面积为 $3\,635\text{ km}^2$, 总耕地面积为 11.07 万 hm^2 , 总人口 40.1 万人 。(《彰武县志》, 1988 年 12 月)

1.2 试验设计

1.2.1 测试基点的选择

¹ 收稿日期: 2005-04-26
基金项目: 农业部彰武农牧交替带生态农业建设与示范、彰武保护性耕作效果监测
作者简介: 赵宏亮(1979-), 男, 沈阳农业大学作物栽培学与耕作学专业硕士研究生, 从事保护性耕作土壤风蚀研究。
© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

通过深入的调查, 选择彰武县中部和北部土壤沙漠化程度不同的 5 个乡镇作为试验测定基点, 测试基点涵盖了彰武县目前的不同作物前茬包括玉米、花生, 5 种不同土壤耕作方式(表 1)。为保证测试数据的代表性, 试验面积从 1 hm² 至 30 hm² 不等, 近乎长方形, 各项观测内容都设在试验地中部。

表 1 彰武县测试基点的基本情况

测试基点	试验地前茬	耕作方式	测定次数	沙尘采集器(套)
兴隆山乡示范场	玉米	旋耕覆盖(XGFG)	3	2
兴隆山乡示范场	玉米	秋翻地(QFD)	3	1
福兴地镇试验田	玉米	旋耕覆盖(XGFG)	3	3
福兴地镇试验田	玉米	秋翻地(QFD)	3	3
兴隆堡镇双庙村	玉米	秋浅旋灭茬(QQXMC)	3	2
兴隆堡镇双庙村	玉米	秋翻地(QFD)	3	1
哈尔套平安村	玉米	春浅旋灭茬(CQXMC)	3	3
章古台红峰村	花生	花生茬深翻(HSCSF)	3	3

1.2.2 试验仪器与方法

观测时间为 2004 年 4 月 10 日至 5 月 1 日, 依照风力等级分别选择 4~5 级、5~6 级、6~7 级风作为观测日, 进行农田土壤风蚀观测。其中, 2 m 高度的风速采用 DEM 6 型轻便三杯风向风速表测定。

风蚀物采用沈阳农业大学自制的 BSNE 沙尘采集器进行收集, 其风沙流入风口高 5 cm, 宽 2 cm, 以 11° 的角度渐渐向外扩展, 使得充满沙尘的空气一旦进入采沙盒, 空气速度马上降下来, 然后靠重力作用沉积在集沙盒里(如图 1), 其中 60 目的筛网用于进行空气交换, 18 目筛网用于降低沉积下来的土壤颗粒的运动。每一观测点上, 按入风口距地表 0.10、0.25、0.60、1.00、1.50 m 高度安装 5 个采沙器, 通过尾翼的作用使得采沙器入风口时时正对风向。每次风蚀过后将采集器中的风蚀物清空倒入纸袋内带回实验室, 于 55℃ 下烘干后称重、分析^[4]。

每一高度所收集的风蚀物, 采用干筛法按照离散的粒径范围进行筛分, 确定风蚀物的粒度组成。筛子规格(目/寸)分别为: 400、200、150、80、40, 对应筛子孔径(mm)分别是 0.038 5 mm、0.07 mm、0.1 mm、0.2 mm、0.44 mm。

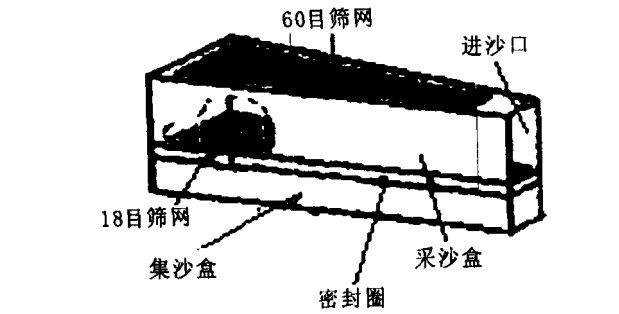


图 1 BSNE 采样器示意图

2 结果与分析

2.1 输沙量随高度的变化

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, 输沙量随高度发生变化。本研究利用沙尘采集器对 10 cm、25 cm、60 cm、100 cm、150 cm 五个高度的农田土壤风蚀物进行收集, 以确定输沙量与高度变化的相关关系。通过对输沙量与高度进行对数、幂函数、线性函数以及指数函数的相关分析结果表明, 所测得的输沙量随高度的变化可近似用幂函数曲线描绘, 如图 2 所示, 其关系模式如下:

式中: q ——各高度层输沙量(g/h), z ——采沙器进沙口距地

表高度(cm), a 、 b 回归系数。

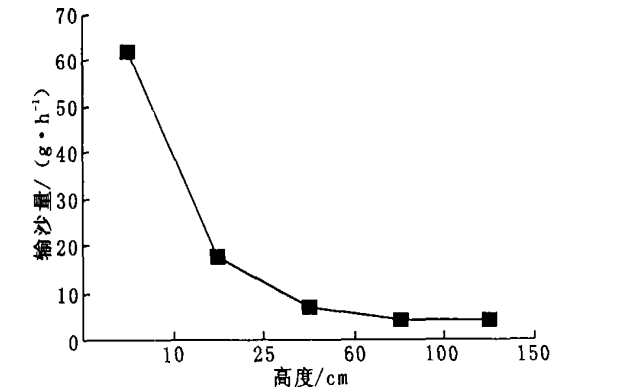


图 2 输沙量与高度的关系

该方程是通过对不同耕作方式以及不同时期采集的样品进行分析的结果。由于不同耕作方式、各样地的差异性以及不同采样时期气象条件的不同, 各试区之间以及不同采样时期的风蚀强度均有差异, 因而输沙量随高度变化的回归模式之参数也不相同(表 2)。

表 2 两次风蚀过程不同处理各高度层输沙量 g/h

测定时间	处理方式	统计参数		
		a	b	R
2004-04-22	QFD	0.051	- 0.237	0.943
	HSCSF	104.400	- 1.346	0.922
	CQXMC	0.436	- 0.874	0.970
	QQXMC	0.037	- 0.437	0.918
	XGFG	1.253	- 0.820	0.957
2004-04-28	QFD	9.161	- 1.128	0.961
	HSCSF	1758.159	- 1.434	0.932
	CQXMC	3.955	- 0.689	0.957
	QQXMC	11.251	- 1.036	0.972
	XGFG	0.091	- 0.188	0.962

2.2 风蚀物粒度组成随高度的变化

在风力作用下, 气流施力于地表物质, 当风力作用达到一定的强度时, 地表颗粒便摆脱静止状态开始运动。沿着地表运动的土壤颗粒直径大小不同, 研究表明^[5]: 土壤颗粒的直径大小与运动形式之间的对应关系为, 粒径 1~0.5 mm 颗粒的运动形式为蠕动, 粒径 0.5~0.1 mm 颗粒的运动形式为跃移, 粒径 0.1 mm 颗粒的运动形式为悬浮。

本研究采用干筛法对风蚀过程中每一高度所收集到的风蚀物进行筛分, 以确定每个粒径范围风蚀物含量占总风蚀物含量的百分比。150 cm 高度范围内各层土壤颗粒的粒度分析结果如表 3 所示, 可以看出, 无论在何种处理条件下风沙流中沙粒的粒径在垂直分布上是不同的, 随高度的增加, 气流中粒径大的颗粒含量逐渐减少, 粒径小的颗粒含量逐渐增大。进一步进行相关性分析, 结果表明粒径>0.1 mm 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著负相关, 相关系数为 $r=-0.926$; 粒径 0.1 mm 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著正相关, 相关系数为 $r=0.925$ ($r_{0.05}=0.878$)。其原因在于粒径大的颗粒具有较大的重力, 风力还不足以把它带到较高的层次上。因此, 在本研究中, 粒径>0.1 mm 的颗粒主要以跃移形式运动, 其含量随高度的增加而减少; 粒径 0.1 mm 的颗粒主要以悬移形式运动, 其含量随高度的增加而增加。

2.3 风速与输沙量的关系

风是土壤风蚀的直接动力来源, 风速的大小直接影响风蚀的轻重。本文中风速与输沙量的关系主要是通过野外观测不同风速下的输沙量, 将所测数据经曲线拟合, 建立回归方

程实现的。耕作方式主要为春浅旋灭茬、秋浅旋灭茬、旋耕覆盖,所测风速为 2 m 高程处的 1 min 平均风速,观测时间为 2 h。三种耕作方式不同风速下输沙量结果见表 4。

表 3 各高度层风蚀土壤各粒径百分含量 %

处理	高度 / cm	粒径/ mm					
		> 0.44	0.44~0.2	0.2~0.1	0.1~0.07	0.07~0.0385	< 0.0385
HSCSF	10	0.5	68.7	24.9	4	1.7	0.3
	25	0.6	75.7	16.5	3.2	3	0.9
	60	0.1	28.8	22.8	15.8	24.8	7.8
	100	0.3	26.6	32.3	21.3	15.7	3.8
	150	0.1	18.2	27.8	24.6	24.2	5
QFD	10	0.6	5.4	8.5	49.2	30.9	5.3
	25	0.4	4.7	13	42.6	35.8	3.5
	60	1.3	9.1	7.7	41.6	34.8	5.5
	100	0.3	2.7	3	40.2	46.1	7.7
	150	0.4	5.8	7.1	36.5	43.4	6.7
CQXMC	10	0.3	4.2	9.9	49.7	31.6	4.3
	25	0.3	2.1	7.4	56	30	4.1
	60	0.7	1.1	2.2	44.5	46.1	5.4
	100	0.2	0.6	3.5	39.8	46.1	9.8
	150	0.1	1.4	7.7	48	37.3	5.5
QQXMC	10	1	25.2	13.8	34.2	22	3.8
	25	0.4	8.9	7.1	44.1	34	5.6
	60	0.1	1.4	4.5	47.3	40.5	6.2
	100	0	3.4	6	42.8	40.2	7.6
	150	0	0.3	3.5	41.6	45.3	9.2
XGFG	10	1.2	5.1	7	46.7	35.4	4.6
	25	1.2	6.3	6.7	47.9	32.3	5.6
	60	0.6	4.1	6.6	47.2	36.4	5.2
	100	1.4	6.4	6.6	44.7	35.8	5.1
	150	1.4	4.9	2.1	46.5	39.2	5.8

由表 4 可以看出,从风速与输沙量的关系看,输沙量随风速的增大迅速增大。不同耕作方式在相同风速下的输沙量大小关系为春浅旋灭茬> 秋浅旋灭茬> 旋耕覆盖,但在风速较小的情况下输沙量大小差异不大。

表 4 三种耕作方式在不同风速下的输沙量 g/h

耕作方式	风速/(m·s ⁻¹)		
	4.8	9.5	12.2
CQXMC	5.20	9.75	79.42
QQXMC	4.84	9.00	56.32
XGFG	2.80	6.48	19.20

对表 4 的数据进行幂函数或指数函数曲线拟合,得到表 5 中输沙量与风速之间的曲线拟合方程。

由表 5 可知,三种耕作方式输沙量与风速之间的拟合曲线,指数曲线拟合较好,该拟合结果与荣姣凤等 2004 年发表的“土壤风蚀量随风速的变化规律研究”中提到的农田土壤风蚀量与风速之间的拟合曲线为指数曲线结论相一致。

2.4 不同耕作方式对输沙量的影响

田间扬沙量的多少是评价土壤抗风蚀程度的重要指标之一,所以利用沙尘采集器对田间不同高度上的沙尘量进行收集比较,可以反映不同耕作方式对土地抗风蚀能力的影响^[6]。本

参考文献:

- [1] 陈渭南,董光荣,董治宝. 中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势[J]. 地球科学进展,1994,9(5): 6–12.
- [2] 朱朝云,丁国栋,杨明远. 风沙物理学[M]. 北京:中国林业出版社,1992.
- [3] 哈斯. 河北坝上高原土壤风蚀物垂直分布的初步研究[J]. 中国沙漠,1997,17(1): 9–14.
- [4] Zobeck T M, Fryrear D W. Chemical and physical characteristics of windblown sediment I. Quantities and physical characteristics[J]. Transactions of the ASAE,1986,29(4): 1032—1036.
- [5] 臧英,高焕文. 国外农田风蚀发生机理与防治技术的研究[J]. 农业工程学报,2002,18(3): 195–197.
- [6] Saxton K, Chandler D, Steter J, et al. Wind erosion and fugitive dust fluxes on agricultural lands in the Pacific Northwest [J]. American Society of Agricultural Engineers,2000,43(3): 623–630.

项研究选择秋翻地、旋耕覆盖、秋浅旋灭茬、春浅旋灭茬、花生茬深翻五种耕作方式进行输沙量定位监测。由于耕作方式不同,相同风速下土壤抗蚀能力与输沙量也不同(见表 6)。

表 5 输沙量(Q)与风速(V)之间的曲线拟合方程

耕作方式	曲线拟合方程	R ²
CQXMC	$Q=0.016897e^{0.692874v}$	0.9864
	$Q=0.000003v^{7.7234}$	0.9839
QQXMC	$Q=0.046792e^{0.580996v}$	0.9789
	$Q=0.000005v^{6.47427}$	0.9714
XGFG	$Q=0.31456e^{0.335875v}$	0.9809
	$Q=0.0036v^{3.4145}$	0.9559

表 6 不同耕作方式与输沙量的关系 g/h

重复	HSCSF	QFD	CQXMC	QQXMC	XGFG
1	138.23	26.08	—	—	2.32
2	74.16	25.40	23.46	11.97	2.76
3	21.72	26.90	15.46	16.19	4.50
平均	78.04	26.13	19.46	14.08	3.19

由表 6 可以看出,花生茬深翻输沙量最大,旋耕覆盖输沙量最小,以花生茬深翻为对照,旋耕覆盖输沙量 3.19 g/h,比对照花生茬深翻 78.04 g/h 平均降低了 95.91%,降幅在 79.18%~98.32%;秋浅旋灭茬 14.08 g/h,比对照花生茬深翻平均降低了 81.95%,降幅在 25.47%~91.34%;春浅旋灭茬 19.46g/h,比对照花生茬深翻平均降低了 75.07%,降幅在-8%~88.82% 秋翻地 26.13 g/h,比对照花生茬深翻平均降低了 66.52%,降幅在-23.85%~81.62%。从花生茬深翻、春浅旋灭茬、秋浅旋灭茬、秋翻地、旋耕覆盖输沙量依次减少,说明在气候因素相同的情况下,耕作方式对农田土壤输沙量的影响较大。

3 结 论

(1) 风蚀过程中,土壤颗粒主要集中在近地表层运动,农田土壤输沙量随着高度的增加呈下降的趋势,且输沙量随高度变化的规律可以用幂函数近似描绘。

(2) 风沙流中沙粒的粒径在垂直分布上是不同的,随高度的增加,气流中粒径大的颗粒含量逐渐减少,粒径小的颗粒含量逐渐增大。相关分析表明粒径> 0.1 mm 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著负相关,主要运动形式为跃移;粒径 0.1 mm 的颗粒含量与高度在 0.05 水平呈显著正相关,主要运动形式为悬移。

(3) 风速在 4.8~12.2 m/s 范围内,与农田土壤输沙量之间呈指数函数的变化规律。不同耕作方式在相同风速下的输沙量大小关系为春浅旋灭茬> 秋浅旋灭茬> 旋耕覆盖。

(4) 不同耕作方式对输沙量有较大影响,其中,输沙量最大的是花生茬深翻,分别是秋翻地、春浅旋灭茬、秋浅旋灭茬、旋耕覆盖的 3 倍、4 倍、5.5 倍、24.5 倍。说明在气候因素相同的情况下,耕作方式对农田土壤输沙量的影响较大。