

裸露耕地风沙运动特性试验研究

申向东, 邹春霞

(内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:以内蒙古阴山北部的典型农牧交错带耕地为试验区,利用手持式风速仪测定风速,JY222型地温仪测定地温,SC-I型集沙仪测定风蚀量,通过观测不同风速下的风蚀情况,获得裸露耕地风沙运动规律的参数——沙粒的起风速度、沙粒沿高度变化、风速、风蚀量的基本资料,详尽地分析了裸露耕地风沙运动的影响因素及运动特征。结果表明,耕地风沙运动与沙漠风沙运动不同,得出了耕地风沙运动的基本特性和运动规律。

关键词:风蚀量; 风沙运动; 耕地

中图分类号:S-03 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0909-04

Characteristic of Wind-Sand Movement on Bare Tillage

SHEN Xiang-dong, ZOU Chun-xia

(Inter Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

Abstract: The north Yin Mountain of Inner Mongolia is one of the most serious wind erosion places. The experimental field lies in E, N and an altitude of 1 490.70 m, located in west north of Siziwang County in this region. It is a typical ecotone between agriculture and animal husbandry with monsoon climate. The wind velocity, the soil temperature and the amount of soil erosion were measured by portable anemometer, JY222-geothermometer and SC-I sediment collector, respectively. The parameters stating the law of wind-sand movement, such as the particle threshold velocity, particle size distribution in height, wind velocity and amount of wind erosion, were determined by measuring the soil loss in different wind speed, the factors and characteristics of wind-sand movement were analyzed on bare tillage. The field experiment showed the particle (0.25 mm) threshold velocity at a height of 1m was $9.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. The distribution of wind erosion sand in height could be expressed as exponential form, based on the statistical analysis for the amount of windblown sand in different heights collected by three sediment collector in three fields in March 27, 2004. The sediment reduced with the increase of height as exponential function. 31.65% of the whole soil loss was carried away by the wind within a height of 0 to 5 cm, 41.2% within a height of 0 to 10 cm, showing the wind erosion of soil by a transport process occurred within 10 cm topsoil. The distribution law of wind speed variation and the probability density function for maximum wind speed was analyzed according to maximum entropy principle and the data collected from March 5 to April 15 in 2004. The difference in wind-sand movement between the bare tillage and the desert was compared. This fundamental characteristics and mechanics movement law of wind-sand laid foundations for dynamic wind-sand movement characteristic of bare tillage.

Keywords: amount of wind erosion; wind-sand movement; tillage

内蒙古阴山北部农牧交错带是我国风蚀沙化严重的地区之一。当前,该区域农业生产急需解决的问题就是防止和减少土地风蚀,而认识和掌握该地区风沙运动规律与土壤风蚀过程是防止土壤沙化、制定合

理防沙技术的基础。

目前,国内外对沙漠的风沙起动特性研究较多,对耕地的风沙运动特性研究甚少^[1]。本文选择典型的农牧交错带,观测在不同风速下土壤的风蚀情况,在此基础上,分析耕地风沙运动的影响因素及运动特性,得到了反映裸露耕地风沙运动特点的一些参数和具有实际意义的结论,为深入研究该种类型土壤的风沙运动理论和防止耕地沙化措施提供依据。

收稿日期:2004-12-16

基金项目:国家自然科学基金资助(10262001)

作者简介:申向东(1955—),男,呼和浩特人,教授,主要研究方向为结构工程研究、风沙运动力学机理与冻融动力学分析。

E-mail:shen_xiangdong@sohu.com

1 试验区概况

试验区位于阴山北麓四子王旗境内西北部,属典型农牧交错带中的旱作耕地。其地理位置为 111°38'E,41°33'N,海拔 1 490.70 m,常年受季风影响,年平均气温变化较大:3 月份平均气温为-4.2℃,4 月份平均气温 4.6℃,5 月份平均气温 12.3℃。在这种气温下季节冻土变异加之风力作用而引发土地沙化、沙漠化,同时出现沙尘气候。

2 研究方法

选择较为平缓的 2003 年秋后已翻耕的裸露耕地 3 块为试验区,每块试验区面积为 700 m²,在每块实验场地内进行了控制点布置,使其呈三角形分布。利用手持式风速仪测定风速(3 套),JY222 型地温仪测定地温,SC-I 型高集沙仪和低集沙仪各 3 套,分别放

置在 3 块试验区不同位置的 3 个观测点上(每个观测点放置高集沙仪和低集沙仪各 1 套),每个观测点相距 72 m,测定输沙量。集沙仪为铁皮制成,高集沙仪由 18 个高 5 cm 的正方体接纳孔,按 5 cm 等间隔的排列,每排 2 个接纳孔;低集沙仪由 18 个高 5 cm 的正方体接纳孔,按 1 cm 等间隔的排列,每排 2 个接纳孔。集沙仪开口均与地面相平,下端埋入地下,随风向变化而旋转来收集被吹起的沙粒,以测定从 0~0.9 m 高度处的风蚀沙粒和不同高度的起沙风速、风力搬运沙粒重量、风沙的持续时间。监测时间为 2004 年 3 月至 4 月,连续观测 17 d,收集土壤风蚀量。2004 年 3 月 25 日测得耕地有机质含量为 10.9 g·kg⁻¹,地表 0~5 cm 土壤含水量为 1.1%,地表颗粒组成见表 1。现以 2004 年 3 月 27 日收集得 3 组土壤风蚀量观测值的平均数据为例,分析讨论 3 月 27 日该区域土壤的风蚀特点,见表 2。

表 1 地表土壤颗粒分布(2004 年 3 月 25 日)
Table 1 Distribution of topsoil particles on March 25, 2004

<i>d</i> /mm	5< <i>d</i> <10	2< <i>d</i> <5	1< <i>d</i> <2	0.5< <i>d</i> <1	0.25< <i>d</i> <0.5	0.075< <i>d</i> <0.25	<i>d</i> <0.075
<i>p</i> /%	6.78	28.08	9.13	17.69	8.24	15.09	11.24

表 2 2004 年 3 月 27 日土壤风蚀量
Table 2 Amount of soil erosion on March 27, 2004

编号	集沙口面积/cm ²	集沙量/g	集沙口中心距地面高度/cm	单位面积集沙量/g·cm ²
1	25	50.14	7.5	2.006
2	25	27.36	13.5	1.094
3	25	22.18	19.5	0.887
4	25	15.74	25.5	0.63
5	25	11.96	31.5	0.478
6	25	8.50	37.5	0.34
7	25	8.47	43.5	0.285
8	25	7.12	49.5	0.339

3 分析讨论

3.1 起动风速

风是风沙运动的原动力,沙粒的整个运动过程,在风向一定的条件下,风速的大小始终起着决定性的作用。起沙风速是决定沙粒运动的外在根本因素,它与气流输沙量亦存在一定的数量关系^[2],是产生风沙流输沙过程的必要条件。

2004 年 3 月 15 日、2004 年 3 月 27 日、2004 年 4 月 15 日、2005 年 3 月 16 日的野外测试表明(用手持式风速仪测定耕地风沙起动的速度(1 m 高处风速)),3 组同时进行测试取观测数据的平均值讨论,裸露耕地地表沙粒粒径为 0.25 mm 的起动风速为 9.5

m·s⁻¹,沙粒的运动形式为滚动,较沙漠的起沙风速偏大^[2-4],与半湿润地区的起沙风速接近^[5]。可见,起沙风速的大小与土壤颗粒的结构有着密切的关系。土壤颗粒的结构不同,沙粒的起动速度不同。

3.2 输沙量沿高度变化

输沙量沿高度的分布状况决定着风沙流的流态,而风沙流又是风沙运动的主体,研究该地区的风沙运动特征,输沙量沿高度变化显得尤为重要。

本次试验采集了耕地 2004 年 3 月 14 日、3 月 15 日、3 月 27 日、4 月 15 日 4 次沙尘天气沿高度分布的(0~900 mm)集沙量,通过对试验区 3 个集沙仪收集的不同高度的风沙量进行统计分析,取 3 个点集沙量的平均值进行计算,拟合出 2004 年 3 月 27 日风蚀沙

粒沿高度的分布呈指数形式

$$y=3.115\ 6e^{-0.039\ 8x}\tag{1}$$

式中: x 距地面高度, cm; y 为集沙量, $g\cdot cm^{-2}$ 。

经对该 4 次沙尘天气得到的数据分析, 发现基本与以上规律相吻合(图 1)。可见, 集沙量沿高度增加呈指数函数而显著减少。其中距地表 0~5 cm 集沙量占全部集沙量的 31.65%, 0~10 cm 集沙量占全部集沙量的 41.2%, 说明该区域输沙主要集中在床面上 10 cm 高度内。从沙粒沿高度的分布状况也可以说明, 耕地风沙流的流态与沙漠风沙流的流态有所不同。

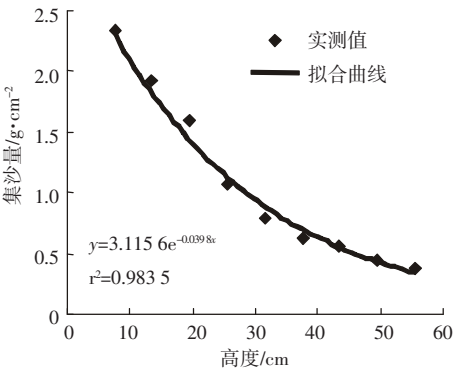


图 1 输沙量沿高度分布图
Figure 1 Particle distribution in height

3.3 风速的变化

风速的强弱是风对风沙运动体系影响的主要表现特征。据研究^[6], 该试验区域 30 年的年平均大风日数为 34.4 d, 说明风力是该地区沙尘气候的动力因素。试验所在地于 2004 年 3 月 27 日 9:21~9:38, 10:30~12:32, 17:32~18:56 分别发生了扬沙天气, 9:38~10:30, 12:57~17:32 发生沙尘暴。将 27 日的最大风速与平均风速作一个系列图, 发现当最大风速大于或接近 $9.5\ m\cdot s^{-1}$ 时, 发生扬沙和沙尘暴天气, 再次表明当风速达到该值后, 裸露耕地发生风蚀, 见图 2。

耕地土壤颗粒风蚀是一个复杂的随机过程。风速大小与输沙量、沙波高度、波长等关系密切^[7,8]。通过 2004 年 3 月 5 日至 4 月 15 日实地的风速观测资料分析, 当地风速变化规律如图 3 所示, 结合文献[9]的最大熵方法对该区域的最大风速分布规律的概率密度函数研究, 得到其概率密度函数的解析表达式为:

$$p(x)=\exp(-1.863\ 6-0.585\ 0\times10^{-4}x-0.587\ 3\times10^{-4}x^2-0.587\ 8\times10^{-4}x^3-0.566\ 3\times10^{-4}x^4+0.007\ 2\times10^{-4}x^5)\tag{2}$$

利用 (2) 式可以计算出日最大风速在 $9.5\ m\cdot s^{-1}$ 以上的天气占 28.24%, 说明当地土壤沙粒受到强风力作用较为频繁, 这也是该区域造成风蚀侵害的重要

外部条件, 并且借助风速大小与输沙量、沙波高度、波长的关系可定性、定量地反映该区域风沙运动的一些特征。

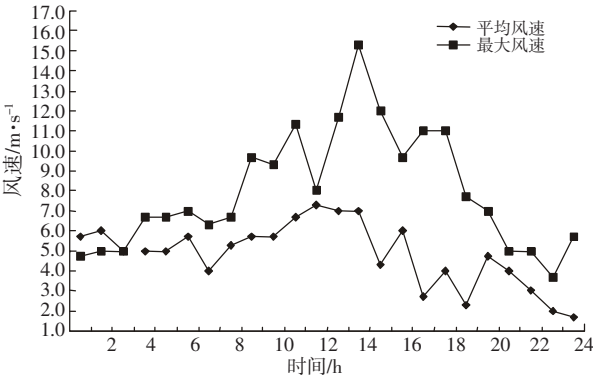


图 2 风速日变化
Figure 2 Diurnal changes of wind velocity

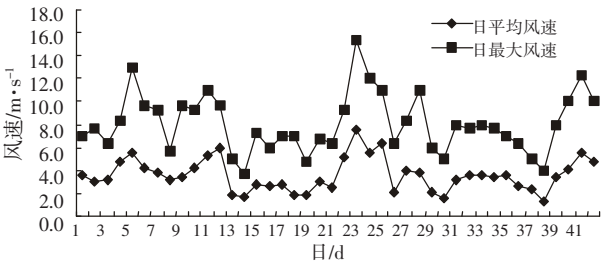


图 3 日最大、平均风速图
Figure 3 Maximum and mean wind velocity in daytime

3.4 风蚀量的变化

从 2004 年 3 月 27 日发生沙尘暴天气的风蚀量统计分析看, 距地表 0~10 cm 集沙量占全部集沙量的 41.2%, 0~16 cm 集沙量占全部集沙量的 56.52%。这与沙漠风蚀量的分布有所区别^[10], 主要是由于裸露耕地的土壤颗粒级配与沙漠有很大的差别所致。

4 结语

(1) 裸露耕地的风沙运动与沙漠的风沙运动有所不同, 主要是由地表土壤颗粒的分布不同而造成, 所以耕地的起沙风速要比沙漠起沙风速大, 本次试验测得的起沙风速为 $9.5\ m\cdot s^{-1}$ 。

(2) 输沙量随高度分布形状呈指数函数递减, 阴山北部的典型农牧交错带耕地输沙量沿高度分布为 $y=3.115\ 6e^{-0.039\ 8x}$, 这与沙漠输沙量沿高度分布基本相同。但沙粒沿高度的分布状况表明, 耕地风沙流的流态与沙漠风沙流的流态有所不同。

(3) 对实测风速资料, 利用最大熵原理研究其概率密度函数, 并得到其解析表达式, 有利于对风沙运

动的原动力——风力作用规律的研究,并为进一步研究风速与输沙量、沙波高度、波长等的关系提供基础依据。

(4)通过野外观测四子王旗地区风沙运动规律的参数——沙粒的起风速度、沙粒沿高度变化、风速、风蚀量,详尽地分析裸露耕地风沙运动的影响因素及运动特征,可以初步了解该地区的风沙运动规律,但对于耕地风沙的动力学其他特性还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 郑晓静,周又和.风沙运动研究中的若干关键力学问题[J].力学与实践,2003,(2).
[2] 孙显科.风沙运动理论体系的创建与研究[J].中国沙漠,2004,24(2).

[3] 马淑红,张立德,王远超,等.风沙野外监测[J].新疆气象,2002,25(6):25-27.
[4] 韩致文,董治宝,王 涛,等.塔克拉玛干沙漠风沙运动若干特征观测研究[J].中国科学(D 辑),2003,33(3):255-263.
[5] 张小由.沙河洼农田地表风沙运动与土壤风蚀的初步研究[J].干旱区研究,1996,13(1):77-80.
[6] 申向东,姬宝霖,王晓飞,等.阴山北部农牧交错带沙尘暴特性分析[J].干旱区地理,2003,26(4):345-348.
[7] 刘立起,安兴琴,李彩莺,等.宁夏盐池沙尘暴特性分析[J].中国沙漠,2003,23(1):33-37.
[8] 姚文艺.风力侵蚀及其预报方案[J].中国水土保持,1994,(3):16-19.
[9] 邹春霞.基于最大熵原理的水工建筑物可靠性分析[D].内蒙古农业大学硕士学位论文,2004.
[10] 吴 正.风沙地貌学[M].北京:科学出版社,1995.