

文章编号:1007-4961(2007)04-0371-05

永定河下游沙地风沙活动典型分析

李海龙¹,岳德鹏¹,贾 丹¹,王计平¹,黄月艳²

(1 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083;

2 北京林业大学研究生院,北京 100083)

摘要:本研究以永定河河滩流动沙地为对象,通过对永定河河滩流动沙地及周边稀疏草地的风沙流活动、粗糙度、沙丘运移等的定位与半定位试验观测,对永定河河滩流动沙地的风沙流活动规律进行研究,并对该地区风沙流活动的影响因子进行了分析。结果表明,河滩地下垫面风沙流特征存在显著的差异,下垫面覆盖物不同时地表粗糙度也不同。

关键词:流动沙地;风沙活动;试验观测

中图分类号:S 288

文献标识码:A

Typical analysis of the sand - drift activity in lower reaches of Yongding River

LI Hai-long¹, YUE De-peng¹, JIA Dan¹, WANG Ji-ping¹, HUANG Yue-yan²

(1 The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry
of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2 School of Graduate, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This research had been carried out in hirst drifting sand land of Yongding river. The speciality of sand - drift activity in hirst drifting sand land of Yongding river has been conducted based on the fixed - position and the half - fixed position observation on the migration of wind - sand, roughness, migration of dune in hirst drifting sand land of Yongding river and its surrounding sparse wild grass land. At the same time, the influencing factors on sand - drift activity in hirst drifting sand land of Yongding river has been analyzed in this paper. The result shows that the character of sandy stream with different in different vegetation and roughness conditions.

Key words: drifting sand land; sand - drift activity; experimentation observation

风沙危害是目前永定河下游地区面临的最为严重的生态环境问题之一,不仅严重降低了环境质量,危及了居民健康,而且制约了区域经济的发展,影响了首都的国际形象。

永定河下游地区沙尘灾害的形成,除了西北地区的输送外,永定河下游地区的就地起沙也起了重要的作用。据永定河下游市环保监测中心统计,几次影响永定河下游的沙尘危害,起源于本地的沙尘占 20%,外地的占 80%,在一般年份,永定河下游地

区当地的沙物质则是形成永定河下游地区风沙的主要来源^[1]。

由于历史上永定河的多次改道和泛滥,在该地区由古河道形成了多条沙垄。沙垄上的沙土经风吹扬,形成了大面积的沙丘和沙荒地^[1]。经过几十年来以人工植被建设为中心的综合治理,该区域的生态环境得到了很大改善,但由于自然和人为因素的影响,该地区仍然是规模较大的沙源地。由于气候和人为等因素的影响,永定河下游长期断流,加之该

收稿日期:2007-03-16;修改稿收期:2007-10-20

基金项目:国家科技攻关项目(2002BA517A14);北京市自然科学基金重点项目(8011003);北京林业大学研究生自选课题资助基金项目(042y16)共同资助。

作者简介:李海龙(1981-),男,山西岚县人,硕士,主要从事景观生态规划、遥感与 GIS 应用、荒漠化防治等方面研究。

通讯作者:岳德鹏(1963-),男,安徽宿县人,博士,副教授,主要从事土地评价、景观生态及 GIS 等研究。

地段植被覆盖度低,土质疏松,成为该区域风沙危害最严重的地区。

1 研究区概况

试验地位于北京市大兴区西南部榆垓镇香营村附近的永定河河滩地。该地区属于海河水系的永定河洪积—冲积平原,是永定河沙地的典型地段。试验区年平均气温 11.5℃,多年平均降雨量为 568.9 mm,降雨主要集中在 7、8 月份,占全年降雨量的 65% 左右。冬春两季干旱,风多且风速大,出现 8 m/s 的大风日平均每年 23.3 d,风向以西北风为主。土壤主要为风沙土,土壤结构差,有机质含量低,极易受到风蚀。境内天然植被稀少,主要为人工营造植被。

2 研究材料与方法

2.1 试验地选取

2.1.1 流动沙地 位于大兴区榆垓镇香营村西南 1 000 m 处的永定河河滩地。该地段地势开阔,沙面裸露,沙地上有零散分布的禾本科草类、沙米(*Agriophyllum squarrosum*),平均覆盖度为 10% 以下。风沙流动比较强烈,部分风沙活动频繁地段出现一系列小型沙丘与风蚀坑。在裸露沙面上随机布设面积为 2 m × 2 m 的观测小区 3 个,多次测量取其平均值。另外,选择河滩地荒漠化过程中一个典型的风蚀景观——典型新月型沙丘,研究其运移规律。该沙丘为东南走向,迎风坡长度为 52 m,坡度为 15~25°;背风坡长为 20 m,坡度为 25~35°;高度为 3.2 m;上、下风向地形开阔。沙丘表面的植被只有少量枯萎沙米,覆盖度在 1%~3%。

2.1.2 稀疏荒草地 在流动沙地、沙丘周边大量分布着稀疏荒草地,荒草地主要是枯萎的禾本科草类,呈簇状分布,平均覆盖度在 15% 以下,平均高度为 5~10 cm。沙面没有完全固结,下垫面沙粒结构疏松,部分沙地出现风蚀破口,受到人类活动影响严重。在荒草地上随机布设面积为 2 m × 2 m 的观测小区 3 个,多次测量,取其平均值。

2.2 研究方法

2.2.1 起沙风速 风速的观测主要是采用 DEM-6 型三杯风向风速表(精度在 0.2 m/s),分别观测垂直高度为 2 m,多次观测取平均值。

2.2.2 风蚀量 采用插杆法,单位采用 mm。如果差值为“+”表示风积;“-”表示为风蚀。流动沙地、稀疏荒草地的样地对角线的中心点、样地边缘的 4

个点以及样地对角线的中心点,分别布设铁杆,铁杆顶端距离地面 20 cm。

2.2.3 输沙量 采用阶梯式积沙仪,积沙仪的进沙孔宽 2 cm,共分 10 层。在本研究试验中集沙时间为 5 min,用 DEM-6 型三杯风向风速表同时刻观测 2 m 高处风速,多次测量取平均值。

土壤粒径: 在每个研究样地内土壤取样深度为 0~10 cm。室内采用筛析法分析,三个重复取平均值。

2.2.4 粗糙度 依据公式

$$\log_0 = (\log u_2 - \log u_1 \times u_2/u_1)/(1 - u_2/u_1),$$

式中: Z_0 表示为地表粗糙度, u_1 , u_2 分别为同一时刻两个不同高度上处风速。在本试验中为 0.5 m、2 m 处风速。

2.2.5 沙丘断面风速 沿沙丘迎风坡中轴线,从沙丘底部至沙丘顶部每隔 15 m 布设一观测点,共 3 个;背风面沙丘底部也布设一个风速观测点。每个观测点同时刻观测 0.5 m、1 m、2 m 等 3 个高度的 1 min 平均风速。

2.2.6 沙丘断面面积蚀量 从沙丘迎风面底部开始,沿沙丘断面轴线每隔 2 m 布设一个铁杆,一直延伸到沙丘背风面底部。本试验共布设 37 根铁杆,在每次大风前后观测,如果差值为“+”表示风积;“-”表示为风蚀。

2.2.7 沙丘运移 在沙丘顶部布设一个垂直固定标杆,在下次观测时确定沙丘的最高顶部并在该点布设一根标杆,然后观测 2 根标杆的距离。这个距离就是沙丘在该观测期间的运动速度,同时用罗盘仪测量沙丘运动的方向。

3 结果与分析

3.1 风沙流特征

3.1.1 起沙风速 根据春季风沙试验观测可知,不同下垫面的起沙风速差异显著。该地区流动沙地的起沙风速(2 m 处)为 4.39 m/s;稀疏荒草地为 4.91 m/s,其起沙风速略大于流动沙地(见表 1)。就其差异原因主要是下垫面性质不同所致。流动沙面裸露,流动沙地缺少保护,沙粒结构松散,质地较轻,容易受到风蚀。稀疏草地相对流动沙地有一定的植被保护,沙面比较稳定,但是覆盖度还是比较低,其对下垫面的保护作用有限,在风速为 4.91 m/s 时也会发生风蚀。在永定河河滩地大量分布的这类流动沙地、稀疏荒草地景观是该地产生风蚀的物质基础。

表 1 流动沙地及其周边稀疏荒草地起沙风速
Table 1 Threshold wind velocity on drift sand dune and its surrounding sparse wild grass land

下垫面类型	起沙风速(2 m 处)/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	沙粒粒径/mm	启动情况
Underlying surface type	Threshold wind velocity of sand movement	Granule diameter	Movement type
流动沙地	4.39	0.10~0.25	滚动
稀疏荒草地	4.91	0.10~0.25	滚动

3.1.2 机械组成 流动沙地及其周边稀疏荒草地沙粒机械组成见表 2。

本研究区域属于永定河沙河滩地,沙地母质有冲积洪积物、冲积物和冲积风积物。经过长期的河流沉积的分选作用,沙地沙粒机械组成差异显著。从表 2 看出,流动沙地沙粒粒径为 0.25~0.1 mm 的颗粒百分含量为 80.2%,稀疏草地为 74.85%,两者都是以细砂(0.25~0.1 mm)为主;流动沙地比稀疏荒草地起沙风速较低,容易受到风蚀,所以流动沙地粒径<0.1 mm 的沙粒所占的百分含量小于稀疏荒草地。

表 2 流动沙地及其周边稀疏荒草地沙粒机械组成
Table 2 Mechanic composition of sand particle on drift sand land and its surrounding sparse wild grass land

下垫面类型	沙粒粒径分级/% Rate of granule diameter					
Underlying surface type	<0.05	0.1~0.05	0.25~0.1	0.5~0.25	1.25~0.5	>1.25
流动沙地	3.45	12.97	80.2	3.66	0.03	0
稀疏荒草地	0.29	21.37	74.85	0.77	0.03	0.03

3.1.3 输沙量 流动沙地及其周边稀疏荒草地风速与 0~20 cm 内输沙量见表 3。

表 3 流动沙地及其周边稀疏荒草地
风速与 0~20 cm 内输沙量

Table 3 The sand fluid of the layer of drifting sand dune and its surrounding sparse wild grass land

下垫面类型	风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	输沙量/ $(\text{g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2})$
Underlying surface type	Wind velocity	Sand transport rate
流动沙地	7.45	3.32
稀疏荒草地	7.5	2.51

从表 3 看出,两种下垫面的风速 $\geq 7.45\text{ m/s}$ 时,都大于各自的起沙风速,这就会发生风蚀,产生风沙流。流动沙地的风速为 7.45 m/s 时其 0~20 cm 高度内的输沙量为 $3.32\text{ g}/(\text{min}\cdot\text{cm}^{-2})$;稀疏荒草地在 7.5 m/s 时其 0~20 cm 高度内的输沙量为 $2.51\text{ g}/(\text{min}\cdot\text{cm}^{-2})$ 。在风速差异不大时输沙量出现显著差异,说明稀疏植被对风沙流的影响比裸沙地的影响

大。
3.1.4 风沙流结构 流动沙地及其周边稀疏荒草地 0~20 cm 风沙流结构见图 1。

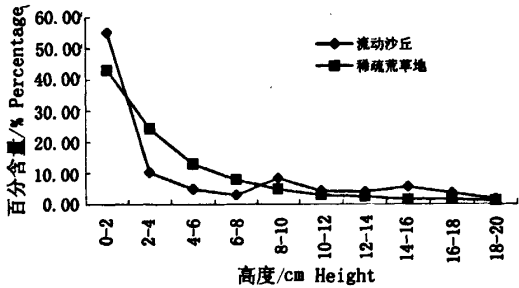


图 1 流动沙地及其周边稀疏荒草地 0~20 cm 风沙流结构
Fig.1 The structure of wind-sand fluid of drifting sand land and its surrounding sparse wild grass land under the layer of 0~20 cm

由图 1 可知,流动沙地 0~6 cm 高度内流动沙地与稀疏荒草地的含量超过 70%,都处于风蚀状态;在 0~2 cm 的高度上流动沙地所含百分含量为 55.13%、稀疏草地为 43.09%。这主要是流动沙地的粗糙度小,抗风蚀能力小,因而风搬运沙的能力就大;各层的含沙量不相等,随高度分布遵循指数函数呈递减的关系^[4]。

3.2 粗糙度
表 4 流动沙地及其周边稀疏荒草地粗糙度

Table 4 The roughness of the drifting sand land and its surrounding sparse wild grass land

下垫面类型	u_1	u_2	u_2/u_1	Z_0/cm
Underlying surface type	$/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$		
流动沙地	5.21	5.57	1.07059	2.692×10^{-5}
稀疏荒草地	5.37	6.06	2.64159	2.282×10^{-3}

粗糙度是反映地表对风速减弱作用以及对风沙流的影响,它取决于地形的起伏植被及其组成^[4]。流动沙地及其周边稀疏荒草地粗糙度见表 4。从表 4 可以看出,下垫面覆盖不同,地表粗糙度也不相同。其中稀疏荒草地粗糙度为 $2.282\times 10^{-3}\text{ cm}$ 、流动沙地为 $2.692\times 10^{-5}\text{ cm}$ 。产生这种差异性主要是稀疏荒草对下垫面的防护作用,削弱贴近地层的风速,使粗糙度增大。

3.3 沙丘运移
3.3.1 沙丘断面风速 沙丘断面不同高度上风速见图 2,由图 2 可以看出,沙丘不同高度上风速变化有一定的差异。从变化趋势上看,在沙丘的迎风面

至沙丘顶部沿高程方向风速值呈增加的趋势,其不同的高度加速率并不同。由折线的斜率知,2 m 高度处风速增加率最大;在沙丘顶部风速(相对沙丘底部)增大率为 1.5 倍;在沙丘的背风面出现显著下降的趋势,不同的高度下降幅度也出现明显的不同。在 2 m 高度处风速下降最快,在 1 m 高度上次之,在 0.5 m 高度处下降速率又有所增大。总的来说,沙丘迎风面风速增加比率小于沙丘背风面风速降低比率。

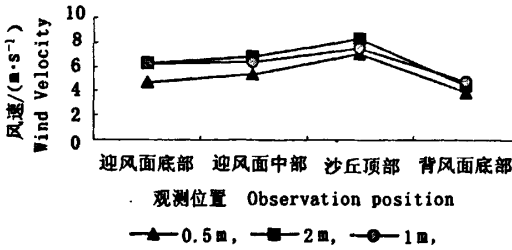


图 2 沙丘断面不同高度上风速

Fig.2 The at wind velocity different height in dune section



图 3 沙丘断面的积蚀分布

Fig.3 The distributing of sediment and erosion in dune section

3.3.3 沙丘运移速度 沙丘运移距离见表 5。

表 5 沙丘运移距离

Table 5 Migration distance of drifting sand dune

观测时间/月-日	移动方向	移动距离/cm
Observation time	Migration direction	Migration distance
04-06~04-07	东南 35°	6
04-08~04-09	东南 27°	8
04-09~06-05	东南 31°	58

从表 5 可以看出,在 4 月 6 日~4 月 7 日这两天中沙丘的运移距离为 6 cm,而在 4 月 8 日~4 月 9 日、4 月 9 日~6 月 5 日运移的距离分别是 8 cm、58 cm,结合当地同期的气象资料与实际观测记录分析,大风天气的强弱是造成在观测期间运移距离不同的主要原因。据本研究的结果知道永定河沙地单个沙丘在 4 月 6 日到 6 月 5 日运动的距离为 72 cm。这个移动速度说明永定河沙地的风沙活动比较频繁。

3.3.2 沙丘断面积蚀强度 沙丘断面的积蚀分布见图 3。从图中可以看出,在不同的气流作用下,沙丘表面的风蚀强度与风积强度出现一定的差异。在迎风面大部分沙丘表面出现风蚀现象,只有 3 个观测点出现很小的风积现象,整个沙丘迎风面风蚀量平均为 4.6 cm。风蚀强度随沙丘部位变化有着显著差异,在迎风面坡脚开始到沙坡中部的 22 m 的范围内风蚀量较大,平均风蚀量为 6.7 cm;在沙丘迎风面沙坡中下部 22 m 到沙丘顶部出现轻微的风蚀,平均风蚀量为 1.2 cm;沙丘顶部到沙丘背风面 12 m 处的范围内出现风积现象,平均风蚀量为 3.2 cm;该点延续到背风坡底部积沙量最大,平均积沙量为 13 cm。主要是由于沙丘表面不同部位的风速变化,迎风面的风速增加速率小于背风面风速降低比率,引起沙丘表面不同部位气流的携沙能力出现差异,导致沙丘表面风沙搬运与沉积。

4 结论

河滩地下垫面的风沙流特征存在显著的异质性,永定河河滩地流动沙地的起沙风速(2 m 处)为 4.39 m/s;稀疏荒草地为 4.91 m/s;看出流动沙地(0.25~0.1 mm)颗粒百分含量为 80.2%,稀疏草地为 74.85%,粒径(<0.1 mm)的沙粒流动沙地所占的百分含量小于稀疏荒草地。

当风速为 7.45~7.5 m/s 时,流动沙地 0~20 cm 高度内的输沙量为 3.32 g/(min·cm²);稀疏荒草为 2.51 g/(min·cm²);流动沙地 0~6 cm 高度内,流动沙地与稀疏荒草地的含量超过 70%,都处于风蚀状态。

当下垫面覆盖不同时地表粗糙度也不相同。其中稀疏荒草地粗糙度为 2.282×10⁻³ cm、流动沙地为 2.692×10⁻⁵ cm。沙丘迎风面风速增加比率显著小于背风面,而且不同高度、不同部位的风速变化也不同;风蚀强度随沙丘部位变化有着显著差异,在迎

风面坡脚开始到沙坡中部 22 m 的范围内风蚀量较大,平均风蚀量为 6.7 cm,在沙丘迎风面中下部 22 m 到沙丘顶部出现轻微的风蚀,平均风蚀量为 1.2 cm,沙丘顶部到背风面 12 m 处的范围内出现风积现象,平均风蚀量为 3.2 cm,该点延续到背风坡底部积沙量最大,平均积沙量为 13 cm。整个观测期间该沙丘的运移距离为 72 cm。

参考文献:

- [1] 中科院兰州沙漠所北京课题组. 永定河下游地区风沙活动及其整治的初步研究[J]. 中国沙漠, 1987, 7(3): 1-14.

- [2] 姚洪林, 阎德仁, 胡小龙, 等. 毛乌素沙地流动沙丘风蚀积规律研究[J]. 内蒙古林业科技, 2001, (1): 3-9.
- [3] 赵景峰, 李崇舜, 周兴佳, 等. 新丘形沙丘丘表与沙丘积蚀特征分析[J]. 中国沙漠, 1993, 13(3): 18-24.
- [4] 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]. 中国沙漠, 1996, 13(1): 76-81.
- [5] 董治宝, 陈渭南, 董光荣, 等. 植被对风沙土风蚀作用的影响[J]. 环境科学, 1996, 16(4): 437-443.
- [6] 吴正. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 91-99.

(编辑 郭丽娟)

英文期刊《中国高等学校学术文摘·农业卷》

Frontiers of Agriculture in China

Selected Publications from Chinese Universities

- 为了全面、及时地反映中国高等农业院校的科研水平,为国际权威检索系统提供来自中国高校的研究成果,促进国际间的交流与合作,由教育部发起并由高等教育出版社和德国 Springer 出版公司联合出版英文系列学术期刊——《中国高等学校学术文摘》,其中《中国高等学校学术文摘·农业卷》(Frontiers of Agriculture in China: Selected Publications from Chinese Universities)由河北农业大学承办。该刊内容主要选自国内优秀农业高校学报和农业专业期刊最新发表的论文,经编委会再次遴选后由作者翻译成英文出版,同时欢迎农业各学科的原创性研究论文及专题综述的英文稿件。该刊印刷版和网络版同时发行,海外发行由 Springer 出版公司负责。该刊为季刊,分别于 2 月,5 月,8 月和 11 月在海内外,出版发行。
- Frontiers of Agriculture in China 的主编由盖钧镒院士(南京农业大学)、刘大群教授(河北农业大学)担任,副主编由方智远院士(中国农科院)、吴常信院士(中国农业大学)、马峙英教授(河北农业大学)担任。编委会由国内外农业及相关领域的知名专家组成。
- Frontiers of Agriculture in China 主要包括以下学科:作物学、园艺学、植物保护、农业资源利用、畜牧、水产、兽医学、食品科学与加工等。
- Frontiers of Agriculture in China 热忱欢迎专家学者踊跃投稿并提出宝贵意见。

联系方式:

河北农业大学学报编辑部 Frontiers of Agriculture in China 编辑室
编辑:王佳、韩胜利、杨华生
电话:0312-7526752, 7526750, 13930868791
电子信箱: hsl@hebau.edu.cn
通信地址: 071001 河北省保定市河北农业大学东校区学报编辑部

高等教育出版社学术期刊分社

编辑:贾非
电话:010-58556311, 13910583119
电子信箱: jiafei@hep.com.cn, journalsubmission@hep.com.cn
通信地址: 100029 北京朝阳区惠新东街 4 号富盛大厦 15 层