

沙蓬防风阻沙效能初步研究

杨 光, 匡 栋, 赵廷宁, 孙保平
(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 选取了延庆县官厅湖畔的沙蓬试验地为研究对象, 对沙蓬试验地的粗糙度、防风效能、输沙量、起沙风速及单株沙蓬的阻截沙范围进行的系统的观测和研究。结果表明, 沙蓬试验地的粗糙度为 6.17 cm, 比迎风面空旷沙地高出 5.37 cm; 其防风效能 在 30 cm 和 50 cm 高度处较好, 分别为 24.13% 和 17.07%, 当高度达到 200 cm 时, 已几乎没有防风效能; 当风速达到 7.1 m/s 时, 沙蓬试验地仍未见起沙现象; 20 min 时段内平均风速为 5.8 m/s 时, 沙蓬试验地的积沙量仅为 0.62 g; 单株沙蓬的阻截沙范围为 1.37 m²。
关键词: 沙蓬; 防风阻沙; 粗糙度; 输沙量
中图分类号: S 157; X 171.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2006)02-0172-03

Preliminary Study on the Efficiency of Wind Prevention and Sand Resistance of *Agriophyllum squarrosum*(L) Moq

YANG Guang, DING Guo-dong, ZHAO Ting-ning, SUN Bao-ping
(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The *Agriophyllum squarrosum*(L) Moq. experimental plot in Guanting lakefront of Yanqing county was taken as investigation subject, based on the observations and investigations on roughness, effective function of wind prevention, amount of sediment transport, blown wind speed and single *Agriophyllum squarrosum's* sand resistance range. The result shows that the roughness of experimental plot is 6.17 cm, which is higher than clear sand land in windward slope with 5.37 cm; the effective function of wind prevention at the height of 30 cm and 50 cm is better, with the percentage separately is 24.13% and 17.07% and at the height of 200 cm nearly has no effective function of wind prevention; when the wind speed up to 7.1 m/s, the experimental plot still has no sand blown phenomenon; the average wind speed is 5.8 m/s in 20 min, the sand accumulation in the experimental plot is only 0.62 g; the single *Agriophyllum squarrosum's* sand resistance range is 1.37 m².
Key words: *Agriophyllum squarrosum*(L) Moq; wind prevention and sand resistance; roughness; amount of sediment transport

植物固沙是治理沙漠的根本措施, 沙漠地区生态环境条件严酷, 给植物的生存和适应造成极大的困难^[1]。因此选择适宜的植物种类进行固沙, 不仅可以起到防风固沙的作用, 而且可以改良土壤, 使沙地生态环境发生逆转。在沙地环境中, 植被能够有效降低风速、减轻土壤风蚀, 从而减少地表土壤细微颗粒及养分的损失^[2]。植被的这种防风抗蚀生态效应一直是国内外农学家、气象学家和流体力学家关注和研究的焦点^[3, 14, 15]。已有的研究结果表明: 植被主要通过覆盖地表、增加下垫面粗糙度和拦截运动的沙粒 3 种生态过程来缓解气流对地表的侵蚀作用^[4]。沙蓬是其中很典型的一种固沙植物种。
沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*(L.) Moq.), 别名沙米、登相子, 是藜科一年生草本, 高 20~100 cm, 分布于我国东北、华北、西北及河南、西藏等省(区), 是一种耐寒、耐旱的沙生植物, 是亚洲大陆干旱-半干旱地区各种类型的流动、半流动及固定沙地上的一个广布种^[5, 6]。
目前有关沙蓬的一些研究主要集中在其生理特性及饲

用价值上, 有关其防风阻沙效能则研究较少, 本文将以延庆县官厅水库湖畔的沙蓬草地为研究对象, 通过野外观测结合数据分析, 对沙蓬的防风阻沙效能进行系统的研究, 以期为我国中西部地区沙区植被建设提供理论参考和科学依据。

1 试验地自然概况

本次研究所选的试验地位于延庆县西南部官厅水库湖畔的小王庄村, 地处于内蒙古高原和河北坝上地区与北京平原区的过渡地带, 东经 115°48'47", 北纬 40°22'39", 西、南与河北怀来县接壤, 试验区面积约为 5 km²。气候为大陆性季风气候, 是暖温带与中温带、半干旱与半湿润的过渡带, 年平均降雨量为 469 mm, 年平均气温 8.5℃。植被以沙蓬为主, 属于典型的半固定沙地, 通过对样地进行样方调查, 植被盖度为 27%。试验点西面正对北京的五大风口之一狼山风口, 受河北坝上及内蒙高原气流的影响, 风力较大, 历年平均风速为 5.1 m/s, 17 m/s 的风速出现过几十次, 最大风速达 24 m/s, 最长沙尘暴日数为 3.5 d。试验观测点位置见图 1。

① 收稿日期: 2005-04-18
基金项目: 国家自然科学基金资助项目“基于空气动力学流动阻力及绕流理论的植被防风蚀机理研究”(项目编号: 30471422)
作者简介: 杨光(1974-), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 在读硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化防治; 责任作者: 匡栋, 男, 副教授, 研究方向为荒漠化防治。
© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

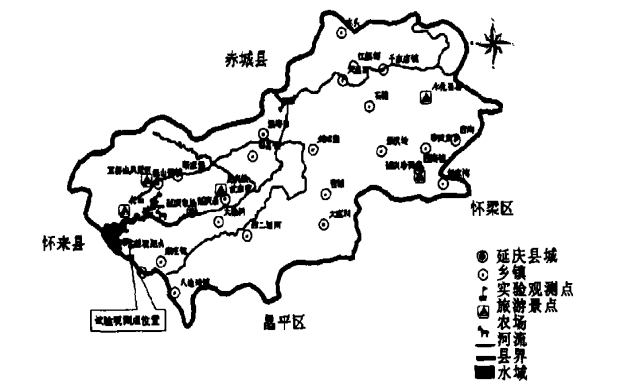


图 1 试验观测点位置

2 研究方法

2.1 风速观测

风速观测时间为 2005 年 3 月 8 日~3 月 15 日,仪器采用由中国科学院沙漠与沙漠化重点实验室研制的便携式十通道风速风向采集仪,每次采集时间设为 20 min,隔 10 s 采集一次数据。风速观测点布设分为两组,一组为沙蓬草地迎风面的空旷沙地,另一组为距空旷地 30 m 的沙蓬草地中,每组观测点各在 30 cm、50 cm、100 cm、200 cm 不同高度处设一个风杯,同时观测两组观测点不同高度处的风速。

2.2 粗糙度的计算

粗糙度依据以下公式计算^[7]:

$$\log Z_0 = (\log Z_2 - A \log Z_1) / (1 - A)$$

式中: Z_0 ——地表粗糙度; Z_1 、 Z_2 ——同一观测点的不同高度; $A = u_2 / u_1$, u_1 、 u_2 分别为同一时刻不同高度处的风速。在本研究中粗糙度风速观测高度分别为 50 cm 和 200 cm。

2.3 防风效能计算

防风效能采用如下公式计算^[8]:

$$E_x = (m_{x1} - m_{x2}) / m_{x1}$$

式中: E_x ——草地中高度为 x 处防风效能, m_{x1} ——观测点高度为 x 处空旷地的风速, m_{x2} ——高度为 x 处的草地风速。在本研究中将对 30 cm、50 cm、100 cm、200 cm 不同高度处的防风效能进行计算,以对比上述四个不同高度处的防风效能。

2.4 输沙量观测

采用阶梯式积沙仪。积沙仪的进沙孔宽 2 cm,共分 10 层,观测时集沙仪布设在观测样地内竖立,进沙口与主风向垂直,底部与地面平齐。观测开始时记录时间,并同时打开各个集沙仪的口盖,观测结束时关闭集沙仪的口盖,每次观测结束后,将集沙仪的集沙进行分层称重。观测时集沙时间为 20 min,用 DEM-6 型三杯风向风速表同时时刻观测 2 m 高处风速,多次测量取平均值。

2.5 起沙风速观测

采用 DEM-6 型三杯风向风速表(精度在 0.2 m/s),风速仪布设在距下垫面垂直高度 2 m 处。观测人员观测下垫面沙粒的起动情况,当在风力作用下有沙粒开始运动时,记录该时刻风速,多次测量取其平均值。

2.6 防沙范围计算

植被防沙范围的确定采用拍照处理图像的方法。对选取的典型植株用数码相机由上向下垂直于地面进行拍摄,同时记录被拍摄植株的冠幅及背风面的阻截沙半径,根据记录的数据用图像图像处理软件标定其前后左右的范围,并通过勾

斑块的方法求出每一植株的防沙范围。本文采用 Arcgis 软件对图像进行处理。

3 结果与分析

3.1 下垫面粗糙度

下垫面粗糙度是衡量治沙防护效益的重要指标之一,人们采取的各种治沙防沙技术措施,都可归结为改造下垫面,控制风沙流,改变粗糙度,使其向着有利于人类的方向转化^[7-9,13]。迎风面空旷沙地和沙蓬草地粗糙度的测定及计算见表 1。

表 1 迎风面空旷沙地及草地粗糙度测定及计算

| 序号 | 空旷地 50 cm | 高空旷地 200 cm | 风速比 | 草地 30 cm | 草地 200 cm | 风速比 |
|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | 风速/(m·s ⁻¹) | 风速/(m·s ⁻¹) | (u ₂₀₀ /u ₅₀) | 风速/(m·s ⁻¹) | 风速/(m·s ⁻¹) | (u ₂₀₀ /u ₅₀) |
| 1 | 4.96 | 6.69 | 1.3488 | 3.70 | 6.67 | 1.8027 |
| 2 | 4.59 | 6.08 | 1.3264 | 3.61 | 6.13 | 1.7028 |
| 3 | 4.22 | 5.56 | 1.3175 | 3.26 | 5.37 | 1.6472 |
| 4 | 4.65 | 6.10 | 1.3118 | 2.87 | 5.97 | 2.0801 |
| 5 | 4.43 | 5.93 | 1.3386 | 3.94 | 5.94 | 1.5076 |
| 6 | 4.50 | 6.12 | 1.3600 | 4.06 | 6.03 | 1.4852 |
| 7 | 4.48 | 6.06 | 1.3527 | 3.63 | 6.03 | 1.6612 |
| 8 | 3.81 | 5.12 | 1.3438 | 3.60 | 5.10 | 1.4167 |
| 9 | 4.51 | 6.02 | 1.3348 | 3.47 | 6.03 | 1.7378 |
| 10 | 4.26 | 5.62 | 1.3192 | 3.43 | 5.43 | 1.5831 |
| Σ | | | 13.3519 | Σ | | 16.6244 |
| 平均(A) | | | 1.3352 | 平均(A) | | 1.6624 |
| Z(空=0.80 cm) | | | | Z(草=6.17 cm) | | |

从表 1 可以看出,下垫面覆盖不同,地表粗糙度也不相同,其中迎风面空旷沙地粗糙度为 0.8 cm,沙蓬草地粗糙度为 6.17 cm,比空旷对照点增大 5.37 cm。主要是草地枝叶对气流的扰动加剧,削弱了贴近地层的风速,使风的水平作用面抬升,粗糙度就增大,风力就不能直接作用于地表,达到防治风蚀的作用。A. P 康斯坦丁诺夫等研究表明,在无吹扬的流沙表面,其下垫面的粗糙度约为 0.007 cm,本研究所测得的空旷沙地下垫面粗糙度为 0.8 cm,比康斯坦丁诺夫等的研究结果大出许多,主要是由两个因素决定,一是由于沙地靠近湖畔,湿度相对较大,二是由于该沙地的粒径较一般流动沙丘粒径大,且上面有部分砾石覆盖,增大了地表的粗糙度。

3.2 防风效能

图 2~5 为同一时刻空旷沙地与沙蓬草地不同高度处每隔 10 s 采集的风速对比曲线。从上图可以看出,随着观测点高度的增加,两组风速曲线间隔逐渐减少,30 cm 高度处风速曲线差异最大,200 cm 高度处风速曲线已几乎无差异。根据 2.3 中公式计算防风效能见表 2。

表 2 不同高度处沙蓬防风效能

| 高度/cm | 30 cm | 50 cm | 100 cm | 200 cm |
|--------|-------|-------|--------|--------|
| 防风效能/% | 24.13 | 17.07 | 8.91 | 0.94 |

从表 2 可以看出,沙蓬的防风效能 30 cm 高度处最大,为 24.13%,当高度达到 200 cm 时为 0.94%,已几乎没有防风效能。沙蓬虽然是一年生植物,但秋后植株枯萎后,其枝叶仍完整地残留在地表,近地面气流在流动过程中,沙蓬植株枝叶对风的摩擦阻作用,消耗了风的一部分能量,降低了风速。另有一部分风遇到沙蓬植株的阻挡后气流抬升,与上部的水平风相遇,来自不同方向的风相遇,能量也会消减一部分,因此植株上部 100 cm 处风速较空旷地风速低,仍有一定的防风效能。但当高度达到 200 cm 时,其风速已基本不受沙蓬植株的影响,因此防风效能变得非常微弱。

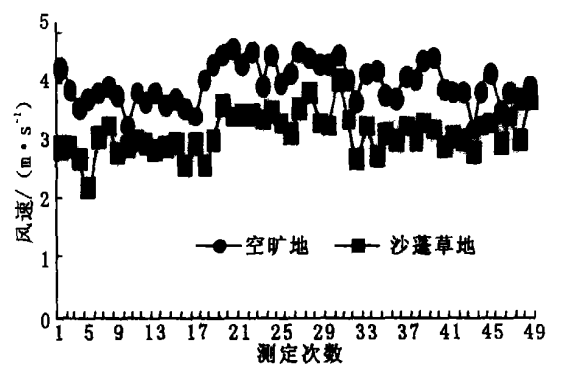


图 2 30 cm 高度处风速对比曲线

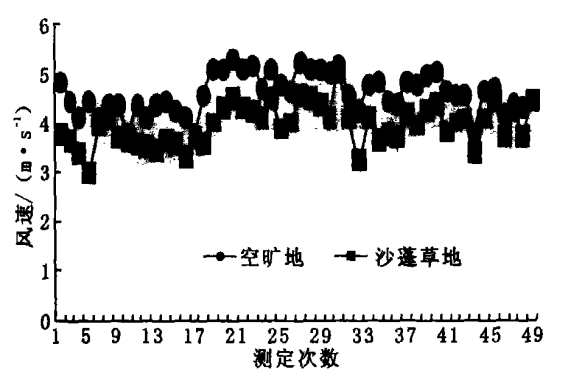


图 3 50 cm 高度处风速对比曲线

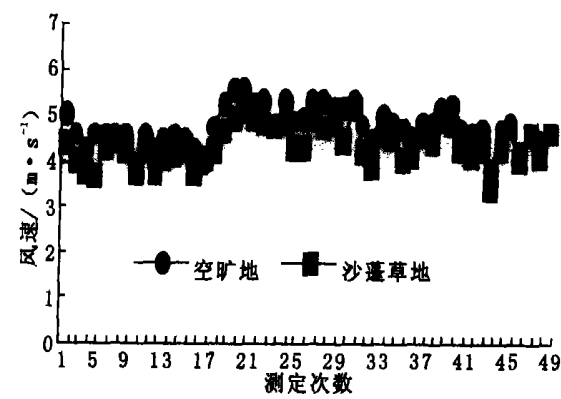


图 4 100 cm 高度处风速对比曲线

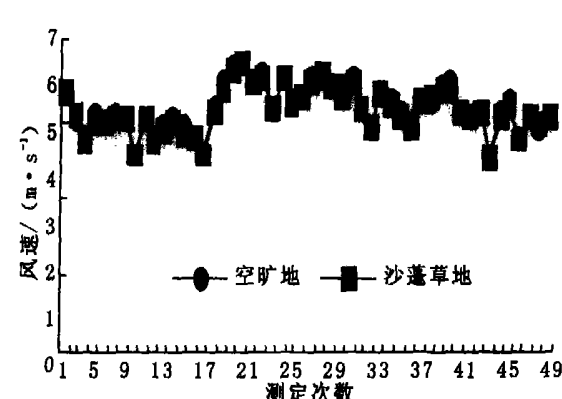


图 5 200 cm 高度处风速对比曲线

3.3 输沙量

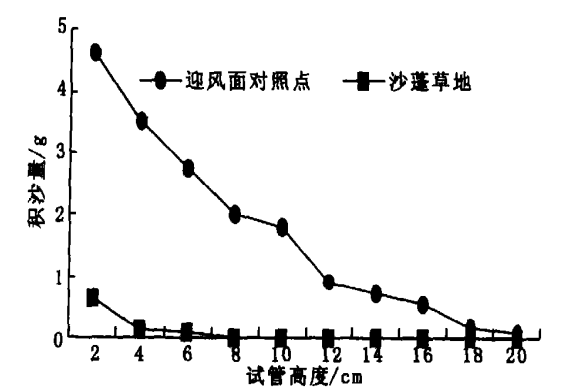


图 6 迎风面对照点与沙蓬草地不同高度的输沙量

输沙量的大小取决于风力和沙粒粒径,而且受到地形、下垫面以及沙子含水量等因素的影响^[13]。由图 6 可以看出,在平均风速为 5.8 m/s 时,随着积沙仪试管高度的增加,迎风面沙地与沙蓬草地的输沙量呈减少的趋势。迎风面沙地输沙量在 0~20 cm 高度内最大,为 4.61 g,18~20 cm 高度内最小,为 0.1 g,不同高度的总输沙量为 17.13 g。沙蓬草地输沙量在 0~20 cm 高度内最大,为 0.62 g,当高度大于 6 cm 时,输沙量都为 0,不同高度的总输沙量为 0.81 g。沙蓬草地减少输沙量主要由以下两个方面的因素决定,一是由于沙蓬对风有降解作用;二是由于沙蓬植株间的空地中有较多的小块砾石覆盖,增大了起沙风速。

3.4 起沙风速

在试验的时间段内,将 DEM-6 型三杯风向风速仪布设在距下垫面垂直高度 2 m 处,观察人员记录风速的同时观

测地面沙粒的起动情况,经多次观测,当风速达到 7.1 m/s 时未见起沙现象。起沙风速较大主要是由于沙蓬和部分砾石的覆盖对地表起到了很好的保护作用,减小了近地面风速,增大了下垫面粗糙度,使地表不容易起沙。

3.5 防沙范围

在研究样地内选取 10 株典型沙蓬植株,垂直于地面进行拍照,用图像处理软件勾出其植株范围和背风面的阻截沙范围,并利用软件求出植株及其所拦截沙的面积。每棵植株所求出的阻截沙面积见表 3。

表 3 沙蓬植株阻截沙面积

| 序号 | 平均冠幅/cm | 株高 | 阻沙半径 | 阻截沙面积/cm ² |
|----|---------|----|------|-----------------------|
| 1 | 92 | 35 | 43 | 9552.03 |
| 2 | 107 | 38 | 52 | 13239.49 |
| 3 | 94 | 41 | 64 | 13373.79 |
| 4 | 110 | 42 | 68 | 16766.72 |
| 5 | 104 | 40 | 61 | 14339.83 |
| 6 | 112 | 39 | 63 | 16086.56 |
| 7 | 108 | 41 | 69 | 16639.48 |
| 8 | 95 | 38 | 64 | 13522.23 |
| 9 | 103 | 40 | 60 | 13987.19 |
| 10 | 87 | 37 | 49 | 9716.18 |

从表 3 可以看出,每棵沙蓬植株阻截沙的范围为 1~1.7 m² 之间,平均为 1.37 m²,即在此范围内有地表不会有风蚀危害。据此可以根据不同的防沙要求推算出单位面积内所需的沙蓬植株数目。

4 结论与讨论

(1) 沙蓬虽然是一年生草本,但由于其枝叶在枯萎后仍

[5] 李勇,徐晓琴. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性机制初步研究[J]. 中国科学 B 辑, 1992, (3): 254- 259.

[6] 李勇,吴钦孝,朱显谟,等. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究[J]. 水土保持学报, 1990, 4(1): 1- 6.

[7] 刘国彬. 黄土高原草地土壤抗冲性及其机理研究[J]. 水土保持学报, 1998, 12(1): 93- 96.

[8] 张金池. 苏北海堤林带树木根系固土功能研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(2): 43- 55.

[9] 张金池,臧廷亮,曾锋. 岩质海岸防护林树木根系对土壤抗冲性的强化效应[J]. 南京林业大学学报, 2001, (1): 9- 12.

[10] 丁军,王兆骞,陈欣,等. 红壤丘陵区林地根系对土壤抗冲增强效应的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 9- 12.

[11] Ward, Robinson. Principles of Hydrology[M]. London: McGraw - Hill Book Company(UK) Limited, 1990. 356.

[12] 吴彦,刘世全. 植物根系对土壤抗侵蚀能力的影响[J]. 应用与微生物学报, 1997, 2(3): 119- 124.

[13] 李德生. 石灰岩山地植被水土保持效益的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 57- 62.

[14] 李勇. 黄土高原植物根系强化土壤渗透力的有效性[J]. 科学通报, 1992, (4): 366- 369.

[15] 周跃. 山地灾害与生态工程[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.

[16] 邹冬生,余铁桥,周青,等. 龙须草蓄水保土机理及效益研究[J]. 农业现代化研究, 2000, (4): 210- 213.

[17] 程洪,张新全. 草本植物根系网固土原理的力学试验探究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 20- 23.

[18] 范兴科,蒋定生. 黄土高原浅层原状土抗剪强度浅析[J]. 水土保持学报, 1997, 3(4): 69- 75.

[19] 杨亚川,莫永京,王芝芳,等. 土壤- 草本植被根系复合体抗水蚀强度与抗剪强度的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 1996, 2(1): 31- 38.

[20] 代全厚,张力,刘艳军,等. 嫩江大堤植物根系固土护堤功能研究[J]. 中国水土保持, 1998, (12): 36- 38.

[21] 郝彤琦,谢小妍,洪添胜. 滩涂土壤与植物根系复合体抗剪强度的试验研究[J]. 华南农业大学学报, 2000, (4): 78- 80.

[22] 刘定辉,李勇. 植物根系提高土壤抗侵蚀性机理研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 34- 37.

(上接第 174 页)

能够残留在地表,因此在容易起大风的冬季和春季仍具有很好的防风阻沙效能。

(2) 平均盖度为 27% 的沙蓬试验地,下垫面粗糙度为 6. 17 cm,迎风面对照点空旷沙地的下垫面粗糙度为 0. 80 cm,由于沙蓬植株的存在,使得粗糙度增加了 5. 37 cm。

(3) 沙蓬试验地与迎风面空旷沙地相比,随着观测点高度的增加,其防风效能逐渐减少,观测点高度为 30 cm、50 cm 时其防风效能较好,分别为 24. 13% 和 17. 07%,观测点高度为 100 cm 时防风效能为 8. 91%,当观测点高度为 200 cm 时,其值仅为 0. 94%,已基本没有防风效能。

(4) 沙蓬植株对风有降解作用,同时在植株间的空地上有小块砾石覆盖,增大了起沙风速,因此当风速达到 7. 1 m/ s 时,仍未见起沙现象。

(5) 通过对输沙量的观测,在平均风速为 5. 8 m/ s 时,沙参考文献:

[1] 麻保林,漆建忠. 几种灌木固沙林的效益研究[J]. 水土保持通报, 1994, 14(7): 22- 28.

[2] 张华,李锋瑞,张铜会,等. 春季裸露沙质农田土壤风蚀量及变异特征[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 29- 32.

[3] 董光荣,李长治,金炯,等. 关于土壤风蚀风洞模拟实验的某些结果[J]. 科学通报, 1987, 32(4): 297- 301.

[4] 董治宝,陈渭南,董光荣,等. 植被对风沙土风蚀作用的影响[J]. 环境科学学报, 1996, 16(4): 442- 446.

[5] 李建树. 中国三北草木繁殖与利用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998. 143- 144.

[6] 张景光,周海燕,王新平,等. 沙坡头地区一年生植物的生理生态特性研究[J]. 中国沙漠, 2002, 22(4): 350- 353.

[7] 朱朝云,丁国栋,杨明远. 风沙物理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 17- 20.

[8] 李振山,陈广庭. 粗糙度研究的现状及展望[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 99- 102.

[9] 张华,李锋瑞,张铜会,等. 科尔沁沙地不同下垫面风沙流结构与变异特征[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 20- 28.

[10] 岳德鹏,刘永兵,徐伟,等. 北京市永定河沙地人工植被防风阻沙效益分析[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(2): 21- 24.

[11] 黄富祥,高群. 毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较[J]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 27- 30.

[12] 赵景峰,李崇舜,何清,等. 塔克拉玛干沙漠腹地中一井地区起沙风分析和输沙量的估算[J]. 干旱区地理, 1995, 18(3): 40- 47.

[13] Brooks F A. Needfor measuring horizontal gradients in determining vertical eddy transfer of heat and moisture[J]. J. Meteorol., 1961, 18: 589- 596.

[14] Chepil W S, Woodruff N P, Siddoway F H, et al. Vegetative and nonvegetative materials to control wind and water erosion[J]. Soil Sci Soc. Am. Proc., 1963, 27(1): 86- 89.

[15] Siddoway F H, Chepil W S, Armbrust D V. Effect of kind, amount, and placement of residue on wind erosion control [J]. Trans. ASAE, 1965, 8(3): 327- 331.

蓬试验地内仅 0 ~ 6 cm 高度内有少量积沙,为 0. 62 g,当高度大于 6 cm 时,积沙量都为 0。

(6) 通过对选取的典型植株用图像处理软件进行处理,沙蓬试验地每株沙蓬的平均阻截沙范围为 1. 37 m²。

(7) 沙蓬虽然在春冬季其枯萎的枝叶仍能在地表留存,对防风固沙起到积极的作用,是一种很好的防风固沙先锋植物,但由于其枝叶极易燃烧,因此必须加强春冬季的防火工作。

(8) 沙蓬是沙漠地区防沙固沙的重要野生经济植物,但在春季沙蓬植株常有被风整株刮断的现象,因此在种植推广时,要尽量避免种在迎风坡的中上部,在沙丘坡脚、湿润的沙海子或干河床两岸较潮湿的沙地比较适宜种植。但从另一个角度来看,适量的植株被风刮断吹走也同时有利于种子的传播。