

## 柠条林带不同行距的防护效果比较研究\*

朴起亨, 匡栋, 王炜炜, 王翔宇, 高 涵, 秦树高

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

**摘要:**以毛乌素沙地常见的柠条作为研究对象,分析其不同行距防风和防沙效应的变化。0.5 m处测风速的结果表明:不同行距在1H处防风效应相同,但是3H以后防风效应行距1.5 m是3.0 m的2倍。通过回归分析可知行距1.5 m和3.0 m的理论防风距离分别是44.3H和30.5H。经观测得知在1.0 m高处风速基本没有变化。行距1.5 m的1H处的沙量是旷野处的13.94%,即防沙率为86.06%;行距3.0 m的防沙效应为10.06%。行距1.5 m的防沙率是行距3.0 m的8.55倍。

**关键词:**柠条; 防风效应; 防沙效应

中图分类号: X171.1; S793.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0207-04

## Windbreak Effect of Forest Belt of *Caragana korshinskii* Kom According to the Row Spacing Distance

Park Ki-hyung, Ding Guo-dong, Wang Wei-wei, Wang Xiang-yu, Gao Han, Qin Shu-gao

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The wind speed reduction capability of forest belt of *Caragana korshinskii* Kom in Yanchi, Ningxia Hui Autonomous Region in China is as follows. At the height of 0.5 m, the windbreak effect is row spacing 1.5 m (29.17%), 3.0 m (28.67%). It is very similar in windbreak. But after 3H, row spacing 1.5 m better than row spacing 3.0 m about 2 times. At the point of 20H, the windbreak effect of row spacing 1.5 m is 16.36%. The windbreak effect of row spacing 3.0 m is 9.76%. Further analysis of row spacing 1.5 m and 3.0 m revealed that the wind reduction effect of 2-strip spread to 44.3H (H=1.0 m) and row spacing 3.0 m spread to 30.5H. This result implies that row spacing 1.5 m is most effective for windbreak. At the height of 1.0 m, the wind speed was relatively constant and the reduction rate of wind speed had a minimal variation, with the coefficient of determination of row spacing 1.5 m (8.95 m/s) and 3.0 m (6.70 m/s). The sandbreak effect of row spacing 1.5 m is the wilds (110.08 g) > 3H (67.36 g) > 7H (64.98 g) > 5H (44.65 g) > 1H (15.35 g). The sandbreak effect of row spacing 3.0 m is 3H (62.65 g) > the wilds (50.20 g) > 1H (45.15 g) > 5H (36.28 g) > 7H (29.15 g). Especially, the rate of sandbreak of 1H (86.06%) of row spacing 1.5 m is most effective value in whole data. It is better than row spacing 3.0 m (10.06%) about 8.55 times.

**Key words:** *Caragana korshinskii* Kom; windbreak effect; sandbreak effect

土地沙化是目前全世界面临的严重环境问题之一。严重的土壤风蚀给当地带来很大的危害。据统计,风蚀造成的土地退化面积达到505万km<sup>2</sup>,占全球退化土地面积的46.4%,我国西北土壤风蚀的面积已经占该地区国土面积的1/2以上,严重地制约着这些地区社会经济的发展<sup>[1]</sup>。

许多人都认为,较低的植被覆盖度不能完全固定流沙和阻止风沙流的形成。然而,在干旱、半干旱地区,由于水分条件的限制,植被的覆盖度不会很高。近年来,植物水平配置格局对风蚀的影响问题,成为学术界关注的热点和难点。因为植物的类型(乔、灌、草)、高度、组成、配置格局等的不同,对土壤风蚀的影响具有相当大的差异,通过植物的合理配

置,能使植物在低覆盖度的情况下,既可减少水分的竞争,又达到防治土壤风蚀的效果。

目前许多科学家在研究利用植物防止风沙危害。但是他们的研究以乔木为主。Chepil & Woodruff<sup>[7]</sup>探讨了植被对风蚀的屏障作用,发现风速的减低范围可达到植被屏障高度40~50倍远的背风面,但为了更加有效地防治风蚀,应当将植被屏障的间隔适当地缩小,最好是植被屏障高度的9~12倍。李茂春<sup>[2]</sup>研究表明,林带结构为紧密结构林带、疏透结构林带、通风结构林带3种。紧密结构林带的风速仅相当于旷野风速的10%,有效防护范围15~20H。疏透结构林带的最低风速出现在林带后3~5H,有效防护范围在25H

\* 收稿日期: 2007-09-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(30471422); 国家科技支撑计划课题(2006BAD26B03)

作者简介: 朴起亨(1980-),男,韩国人,在读硕士,主要从事荒漠化防治研究。E-mail: bear801127@yahoo.com.cn

通信作者: 匡栋(1963-),男,教授,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: dch1999@263.net

的范围内。通风结构林带的最低风速出现在 5~ 10H 范围内,有效防护范围可达 28H。

柠条是中国北方大部分地区特别是黄土高原和干旱风沙区的优良豆科灌木,具有生物产量高、饲用价值好、适应性强等优点,在各地水土保持、防风固沙和放牧补饲方面起着极大的促进作用<sup>[1,3]</sup>。故该文以柠条林带作为研究对象,测定风速和集沙量,分析不同行距防风防沙效应的影响。

## 1 研究区概况

### 1.1 分布范围

盐池县位于宁夏回族自治区东部,与陕西、甘肃、内蒙古交界,属鄂尔多斯台地向黄土高原过渡地带。地理位置介于东经 106°30′ - 107°47′,北纬 37°04′ - 38°10′。全县南北长 110 km,东西宽 66 km,辖区总面积 8 661.3 km<sup>2</sup>,是宁夏面积最大的县,占宁夏总面积的 10.74%。

### 1.2 自然地理与环境

#### 1.2.1 地质与地貌特征

境内地势南高北低,海拔高度在 1 295~ 1 951 m、平均海拔 1 600 m,南部为黄土丘陵区,约占全县总面积的 20%,该区域地势起伏,沟壑纵横,水土流失严重。北部为鄂尔多斯缓坡丘陵区,约占全县总面积的 80%,地势开阔平缓。

#### 1.2.2 气候特征

四季少雨多风,气候干燥,属典型的温带大陆性季风气候。年均气温 8.1℃,极端最高均温为 34.9℃,极端最低温为 - 24.2℃,年均无霜期为 165 d,年降水仅 250~ 350 mm,年蒸发量达 2 100 mm,约为降水量的 6~ 7 倍。蒸发量大于降水量,旱灾常有发生,且冬春两季最为严重。年均日照 2 901 h,日照资源丰富,利于作物生长。冬季盛行偏北风,

夏季盛行偏南风,风力资源丰富,但风多力猛,风强雨弱,常有沙尘暴等灾害发生。

### 1.2.3 土壤与植被特征

土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土,少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广。草原分干草原和荒漠草原,群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。

盐池县内没有天然森林,只有少量人工乔木林和大面积灌木林,其中包括沙柳灌丛(*Salix psammophila*)、小叶锦鸡儿灌丛(*Caragana microphylla*)。草原植被包括大针茅(*Stipa grandis*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、冰草(*Agropyroncrisatum*)、百里香(*Thymus serpyllum* var. *mongolicus*)类型,群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。荒漠植被包括川青锦鸡儿(*Caragana tibetica*)、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)、西伯利亚白刺(*Nitaria sibirica*)和盐爪爪(*Kalidium foliatum*)。

## 2 实验布置

选取当地的柠条,实验的时间段为当地风多的春季即 4 - 5 月。当地春季主要风向是西北风,植物配置与当地风向垂直,林带长 38 m、株距是 1 m。实验采用美国 MicroDAQ 公司的 HOBO Weather Station 风速风向仪,风速通道数为 8 个,分别在灌丛迎风面 1H (本文表示为“- 1H”),背风面 1H, 3H, 5H, 7H, 10H, 15H, 20H 处布置测点,每点的测量高度为 0.5, 1.0 m (1.0 m 高度没 20H, 一共 7 个点)。行距 1.5 m 和 3.0 m 的观测时间分别为 15 min 和 60 min,数据记录间隔时间为 30 s。具体布设见图 1。

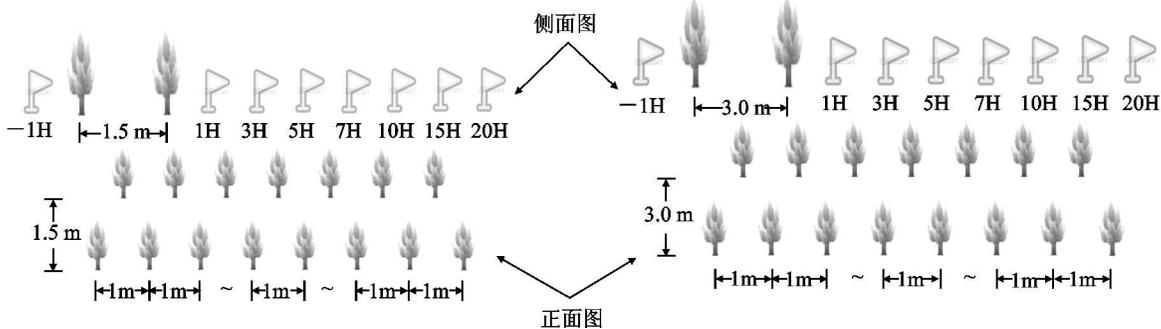


图 1 柠条林带的配置图

风速观测的同时,在灌丛迎风面 1H,背风面 1H, 3H, 5H, 7H, 设置集沙仪收集地表 48 cm 以内的沙量,称重后比较各测点的集沙量,分析不同行距的风速变化与输沙量的关系。

## 3 结果与分析

### 3.1 柠条林带的防风率

行距 1.5 m 时,2 m 高的平均风速为 10.92 m/s,风速变化范围为 9.09~ 13.54 m/s。行距 3.0 m 时,2 m 高的平均风速为 7.68 m/s,风速变化范围为 5.94~ 10.2 m/s,见图 2, 3。

紧密结构林带是由乔木、灌木树种组成,形成多层林冠,疏透度几乎为零,透风系数小于 0.3,风基本上不能透过而

被抬升,从林带上部越过。其风速仅相当于旷野风速的 10%,有效防护范围 15H~ 20H。疏透结构林带是由几行乔木两侧再各配一行灌木组成。有时虽不配灌木但乔木下部必须保留足够侧枝。其疏透度在 0.1~ 0.2 左右,透风系数为 0.3~ 0.5。最低风速出现在林带后 3H~ 5H 范围内,有效防护范围在 25H 的范围内。通风结构林带一般只有几行乔木组成,疏透度为 0.2~ 0.4,透风系数大于 0.5。最低风速出现在 5H~ 10H 范围内,有效防护范围可达 28H<sup>[2]</sup>。

建立不同行距风速防风率关系的公式(1)和(2)如下:

$$y = 0.055x + 6.374 (R^2 = 0.862) \quad (1)$$

$$y = 0.045x + 4.917 (R^2 = 0.574) \quad (2)$$

进行高度 0.5 m 回归分析可得 1.5 m 行距条件下有效防

护范围 44. 3H, 3.0 m 行距条件下有效防护范围 30. 5H。

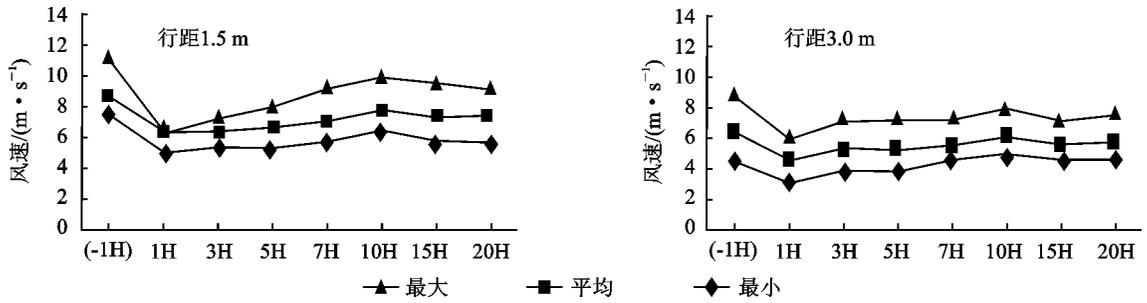


图 2 柠条林带的 0.5 m 高的风速变化

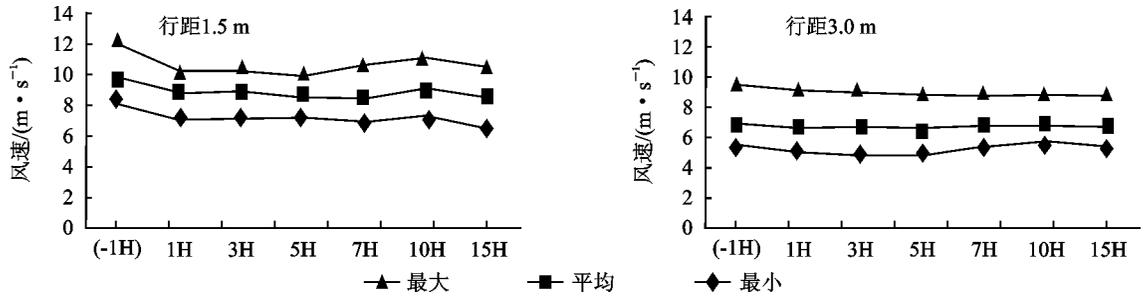


图 3 柠条林带的 1.0 m 高的风速变化

表 1 柠条林带的防风率 %

行距/m	高度/m	1H	3H	5H	7H	10H	15H	20H
0.5	1.5	29.17	25.14	25.27	20.12	10.34	17.62	16.36
	3.0	28.67	16.97	16.39	11.12	2.93	11.12	9.76
1.0	1.5	7.65	6.12	8.68	9.57	6.25	11.10	-
	3.0	2.32	2.50	4.64	2.49	1.07	4.46	-

表 1 看出,测高为 0.5 m 时,行距 1.5 m 和 3.0 m 在 1H 处的防风率分别是 29.18%, 28.67%。1H 处的防风率差异不是很大。但是行距 1.5 m 和 3.0 m 在 20H 的防风率分别是 16.36%, 9.76%。行距 1.5 m 的防风率是 3.0 m 的 1.68 倍。测高为 1.0 m 时,行距 1.5 m 的防风率平均是 3.0 m 的 3.3 倍。行距 1.5 m 的 1 m 高度平均风速是 8.95 m/s,行距

3.0 m 的 1 m 高度平均风速是 6.70 m/s。风速从 -1H 到 15H 没有大的变化,比较稳定。

### 3.2 柠条林带的防沙效果

输沙率的减小不仅与植物种和植物密度有关,而且还受到植物配置形式的影响。对角线分布和两列分布的防护效果均比单列分布好。因为,低密度植物的多列分布对风沙具有多级减弱作用<sup>[4]</sup>。由表 2,3 与图 4 可以看出,各点的沙粒主要是在粒径 0.10~0.25 mm 范围内且平均占到 72.65%。地表 25 cm 以下的沙占到 90% 以上。行距 1.5 m 的 1H 处的沙量是旷野处的 13.94%,即防沙率为 86.06%;行距 3.0 m 的防沙率为 10.06%。行距 1.5 m 的防沙率是行距 3.0 m 的 8.55 倍。

表 2 行距 1.5 m 柠条林带的输沙量与输沙率

高度/cm	旷野		1H		3H		5H		7H	
	输沙量/g	输沙率/%	输沙量/g	输沙率/%	输沙量/g	输沙率/%	输沙量/g	输沙率/%	输沙量/g	输沙率/%
0~3	82.39	74.85	7.18	46.78	45.89	68.13	27.03	60.54	28.82	44.35
3~6	3.61	3.28	3.52	22.93	10.52	15.62	9.93	22.24	18.47	28.42
6~9	5.75	5.22	1.23	8.01	3.60	5.34	2.64	5.91	6.86	10.56
9~12	10.52	9.56	0.62	4.04	2.13	3.16	0.89	1.99	3.54	5.45
12~15	1.21	1.10	0.60	3.91	1.20	1.78	0.99	2.22	1.98	3.05
15~18	1.32	1.20	0.46	3.00	1.08	1.60	0.59	1.32	1.42	2.19
18~21	1.48	1.34	0.29	1.89	0.73	1.08	0.49	1.10	0.99	1.52
21~24	0.63	0.57	0.23	1.50	0.50	0.74	0.48	1.08	0.61	0.94
24~27	0.74	0.67	0.26	1.69	0.38	0.56	0.37	0.83	0.64	0.98
27~30	0.67	0.61	0.14	0.91	0.20	0.30	0.26	0.58	0.43	0.66
30~33	0.25	0.23	0.18	1.17	0.27	0.40	0.20	0.45	0.29	0.45
33~36	0.47	0.43	0.16	1.04	0.21	0.31	0.23	0.52	0.32	0.49
36~39	0.33	0.30	0.17	1.11	0.20	0.30	0.19	0.43	0.15	0.23
39~42	0.30	0.27	0.09	0.59	0.18	0.27	0.16	0.36	0.16	0.25
42~45	0.16	0.15	0.11	0.72	0.14	0.21	0.15	0.34	0.18	0.28
45~48	0.25	0.23	0.11	0.72	0.13	0.19	0.05	0.11	0.12	0.18
合计	110.08	100	15.35	100	67.36	100	44.65	100	64.98	100

表 3 行距 3.0 m 柠条林带的输沙量与输沙率

高度/cm	旷野		1H		3H		5H		7H	
	输沙量/g	输沙率/%								
0~ 3	37.66	75.02	33.76	74.77	43.31	69.13	27.00	74.42	24.43	83.81
3~ 6	9.15	18.23	6.80	15.06	12.37	19.74	5.47	15.08	2.42	8.30
6~ 9	1.87	3.73	2.23	4.94	3.96	6.32	2.03	5.60	1.04	3.57
9~ 12	0.75	1.49	0.96	2.13	1.41	2.25	0.88	2.43	0.59	2.02
12~ 15	0.30	0.60	0.45	1.00	0.66	1.05	0.32	0.88	0.27	0.93
15~ 18	0.14	0.28	0.48	1.06	0.30	0.48	0.21	0.58	0.17	0.58
18~ 21	0.10	0.20	0.24	0.53	0.20	0.32	0.09	0.25	0.15	0.51
21~ 24	0.09	0.18	0.15	0.33	0.13	0.21	0.13	0.36	0.08	0.27
24~ 27	0.09	0.18	0.08	0.18	0.25	0.40	0.07	0.19	0.00	0.00
27~ 30	0.05	0.10	0.00	0.00	0.06	0.10	0.08	0.22	0.00	0.00
30~ 33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33~ 36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36~ 39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39~ 42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42~ 45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45~ 48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	50.20	100	45.15	100	62.65	100	36.28	100	29.15	100

表 4 柠条林带不同行距的输沙量

粒径	1.5 m					粒径	3.0 m				
	旷野	1H	3H	5H	7H		旷野	1H	3H	5H	7H
< 0.05	0.08	0.03	0.09	0.06	0.10	< 0.05	0.03	0.10	0.09	0.05	0.02
0.05~ 0.10	20.13	5.81	16.44	13.19	12.99	0.05~ 0.10	9.63	10.66	12.86	8.21	7.63
0.10~ 0.25	87.76	9.51	50.06	31.06	50.47	0.10~ 0.25	39.92	33.99	49.04	27.70	21.31
0.25~ 0.50	2.11	0.00	0.77	0.34	1.42	0.25~ 0.50	0.62	0.40	0.66	0.32	0.19
合计	110.08	15.35	67.36	44.65	64.98	合计	50.20	45.15	62.65	36.28	29.15

由表 4 可知,行距 1.5 m 的防风效应非常明显。风通过林带以后风速明显降低,3H 处输沙量增加、5H 处稍微减少、7H 处跟 3H 处的输沙量基本持平。但是行距 3.0 m 的防风效应不太明显。旷野、1H 和 3H 的输沙量差异不大,以后逐渐降低。本试验结果和凌裕泉等<sup>[4,6]</sup>的结论相一致,即风沙运动形成了绕流。

试验发现行距在 1.5 m 时,积沙量 95% 在地表 21 cm 范围内。旷野处 0~ 3 cm 高度的输沙率是 74.85%、地表 3~ 6 cm 的输沙率是 3.28%、6~ 9 cm 的输沙率是 5.22%。通过林带以后,1H 处 0~ 3 cm 的输沙率是 46.78%、地表 3~ 6 cm 的输沙率是 22.93%、6~ 9 cm 的输沙率是 8.01%。0~ 3 cm 的输沙率减少 28.07%、但 3~ 6 cm 和 6~ 9 cm 的输沙率增加 19.65% 和 2.79%。3H, 5H, 7H 处跟 1H 处的输沙率相差不大。特别是 7H 处的输沙量和 3H 处的大致相同、但输沙率跟 1H 处相一致。1H 处和 7H 处这两个地方的输沙量不一样、但是输沙率基本相同。3H 处和 7H 处的输沙量相差不大。不过对输沙率来说,0~ 3 cm, 3H 处的输沙率是 68.13%, 7H 处的输沙率是 44.35%。说明 3H 处风沙运动都在地表附近发生,7H 处的风沙运动通常发生在距地表较高处。行距 3.0 m 时,各点的输沙率很均一。

#### 4 结 论

(1) 防护林带是防止土壤风蚀的重要措施,不同结构林带防风沙效果不同,随着林带行距增加,防护林降低风速作

用减小。行距 1.5 m 的防风率是行距 3.0 m 的平均 3.3 倍。通过回归分析可知行距 1.5 m 和 3.0 m 的防风距离分别是 44.3H 和 30.5H。

(2) 行距 1.5 m, 1H 处的防沙率达到 86.06%; 而行距 3.0 m 的防沙率仅为 10.06%。行距 1.5 m 的防沙率是行距 3.0 m 的 8.55 倍,地表 21 cm 以下的输沙量占到 95% 以上。

参考文献:

[1] 左忠,王金莲,张玉萍,等.宁夏柠条资源利用现状及其饲料开发潜力调查[J].草业科学,2006,23(3):17-21.

[2] 李茂春.农田防护林的设计与营造[J].农业气象,2006(4):57-58.

[3] 丘明新.我国沙漠中部地区植被[M].兰州:甘肃文化出版社,2000:20-62.

[4] 凌裕泉,屈建军,金炯.稀疏天然植被对输沙量的影响[J].中国沙漠,2003,23(1):12-17.

[5] 凌裕泉.输沙量(率)水平分布的非均一性[J].实验力学,1994,9(4):352-356.

[6] 董治宝.中国风沙物理研究五十年(iv)[J].中国沙漠,2005,25(3):293-305.

[7] 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):6-11.

[8] Chepil W S, Woodruff N P. The physics of wind erosion and its control [M]. New York: Academic Press, Inc., 1963.