

# 科尔沁沙地人工小叶锦鸡儿群落小气候效应研究

贺山峰<sup>1,2</sup>, 邱兰兰<sup>1</sup>, 蒋德明<sup>2</sup>, 骆永明<sup>2</sup>

(1. 河南理工大学, 河南 焦作 454000; 2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

**摘 要:**以流动沙丘和小叶锦鸡儿群落为研究对象,通过对各样地内风速、空气温度、空气相对湿度和地温等指标的观测分析,研究了不同恢复年限的人工植被对小气候的改善效应。结果表明:(1)小叶锦鸡儿群落对近地表风速有很大的阻滞作用,在 30 cm 高度上,6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿灌木林内的风速比流动沙丘分别降低了 71.9% 和 76.0%。(2)小叶锦鸡儿林内夏季白天平均温度明显低于流动沙丘,6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿林内日均气温分别比流动沙丘低 3.7℃ 和 4.9℃。(3)小叶锦鸡儿群落内空气相对湿度较流动沙丘显著提高。(4)小叶锦鸡儿林内土壤浅层温度日变幅较流动沙丘减小。研究结果对于进一步探讨极端干旱条件下人工植被近地表物质和能量交换具有重要意义。

**关键词:**小叶锦鸡儿; 小气候效应; 阻风作用; 气温; 相对湿度; 地温

**中图分类号:**S162.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)04-0145-04

## Microclimate Effects of Planted *Caragana microphylla* Communities in Horqin Sandy Land

HE Shan-feng<sup>1,2</sup>, QIU Lan-lan<sup>1</sup>, JIANG De-ming<sup>2</sup>, LUO Yong-ming<sup>2</sup>

(1. He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China;

2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** *Caragana microphylla* is one of the key species for vegetation restoration in Horqin Sandy Land. Adopting field investigation and field experiments, the microclimate effects of artificial *C. microphylla* communities with different age were studied by observing wind velocity, air temperature, relative humidity and soil temperature. The results show that vegetation cover has an obvious wind-breaking effect near ground surface, the wind velocity in the 6- and 11-year-old *C. microphylla* shrubs at the height of 30 cm decreases by 71.9% and 76.0%, respectively, compared with shifting dunes, mean daily temperature in the 6- and 11-year-old *C. microphylla* communities is 3.7℃ and 4.9℃ which is lower than in shifting dunes, respectively; air relative humidity in the shrubs is higher than in shifting dunes; soil temperature in the plantation is lower than in shifting dunes. The observed results are of significance to further exploring material and energy exchange near surface layer of vegetation in the extremely arid conditions.

**Key words:** *Caragana microphylla*; microclimate effect; wind-breaking effect; air temperature; relative humidity; soil temperature

小气候是指由于下垫面的某些构造特征所引起的近地面大气层中和上层土壤中的小范围气候。小气候是生物生长发育最重要的环境因子,在一定程度上反映了生态系统功能和景观结构的微变化<sup>[1]</sup>。不同的植物群落形成了不同的小气候环境,而各异的小气候生境又构成了不同的生物群落<sup>[2]</sup>。一方面,植物各组织器官的生长发育、光合蒸腾等生理活动受到生境微气象因子的限制;另一方面,植被反映下垫面的

局部特征,并通过辐射、蒸腾、屏障等作用,影响近地面上的小气候特征,调节系统内部水、热等小气候环境,使系统产生热量和水量平衡的差异<sup>[3]</sup>。有研究指出,灌木的发育可降低林内风速,改变土壤和空气温度及表层土壤湿度条件,使得林内小气候得到很大改善,进而创造一个促进生物定居和生长的有利环境<sup>[4]</sup>。可见,群落小气候的形成是植被与环境综合作用的结果,是群落质量的综合反映,也是退化植被恢复和重

建效果评价的一个重要指标<sup>[5]</sup>,要协调生物与环境之间的关系,离不开对小气候的研究<sup>[6-7]</sup>。

位于北方农牧交错带的科尔沁沙地是我国生态系统中的“环境脆弱带”。近些年,不少研究者对这一地区的植物群落结构、种群组成、人工生态系统建设等做了大量工作<sup>[8-10]</sup>。小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)是豆科具刺灌木,具有耐寒抗旱、耐贫瘠和耐高温等特点,因此被广泛用于科尔沁沙地植被恢复<sup>[11-17]</sup>。以往对小叶锦鸡儿的研究大多集中于固沙效应<sup>[11-12]</sup>、土壤环境和水分<sup>[13-15]</sup>、群落稳定性<sup>[16-17]</sup>等方面,而对其人工群落小气候效应研究却未见报道。本研究通过对风速、空气温度、空气相对湿度和地温等指标的观测,分析科尔沁沙地流动沙丘和不同恢复年限人工小叶锦鸡儿群落内小气候特征,旨在揭示建立人工植被对小气候的改善作用,探讨群落小气候因子与植被恢复重建过程的联系,为我国北方沙漠化地区植被生态恢复及其效果评价提供理论依据和实践参考。

# 1 研究区概况

研究区位于科尔沁沙地西部的乌兰敖都地区。

该区属于典型的半干旱风沙性气候,气候干燥,年均气温 5.8~6.4℃,年均降水量 330~340 mm,年蒸发量达 2 000~2 500 mm。风沙大且频繁,年均风速达 4.5 m/s,八级以上大风日数为 75.3 d。该区沙丘起伏,垅甸相间,形成了广阔的沙地景观,主要生境类型可分为流动和半流动沙丘、固定沙丘、沙沼地、丘间低地和石质残丘。土壤类型主要有风沙土、草甸土和盐碱土。其原生植被属于森林向草原的过渡类型,但已被破坏殆尽,目前植被表现出强烈的次生性,大部分已演变为沙生植被和草甸植被<sup>[18]</sup>。区系分布上为蒙古植物区系、华北植物区系和长白植物区系的交接地带,其中分布最广、种类最多的是蒙古植物区系植物。

# 2 材料与方法

## 2.1 样地设置

分别在流动沙丘和不同栽植年限的人工小叶锦鸡儿群落中选取样地,人工小叶锦鸡儿初植密度均为 1 m×1 m,栽植年限分别为 6 a 和 11 a。对各样地进行调查发现,随着恢复年限的增加,小叶锦鸡儿灌木林内物种种类逐渐丰富,数量逐渐增多,逐步形成了一个相对稳定的群落<sup>[19]</sup>。各样地基本情况详见表 1。

表 1 样地基本情况

项目	流动沙丘样地(A)	6 a 生小叶锦鸡儿群落样地(B)	11 a 小叶锦鸡儿生群落样地(C)
地理坐标	42°59′28″N	42°59′29″N	42°59′29″N
	119°39′39″E	119°39′37″E	119°39′36″E
植被总盖度 <sup>[13,19]</sup>	<5%	50%	70%
小叶锦鸡儿密度/(丛·hm <sup>-2</sup> )	0	6438	7625
小叶锦鸡儿平均高度/cm		81	97
小叶锦鸡儿平均冠幅/(cm×cm)	0	99×82	106×96
主要伴生物种	乌丹蒿,沙蓬	差巴嘎蒿,虫实,狗尾草,白前	差巴嘎蒿,虫实,狗尾草,白前,刺沙蓬

注:乌丹蒿(*Artemisia wudanica*),沙蓬(*Agriophyllum arenarium*),差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*),虫实(*Corispermum candelebrum*),狗尾草(*Setaria viridis*),白前(*Cynanachum sihiricum*),刺沙蓬(*Salsola ruhtenica*)。

## 2.2 研究方法

2.2.1 风速测定 选择春季大风日(日均风速≥8.0 m/s),使用“AVM-03 型”风轮风速计同步观测各样地内不同高度(200,80,30 cm)的风速,每隔半分钟计数风速 1 次,每个高度观测 30 次。小叶锦鸡儿群落内的风速观测点均位于流动沙丘下风向,距流动沙丘边缘约 50 m。

2.2.2 气温测定 选择夏季典型天气(天气晴朗,日均温≥25℃;下同),使用水银温度计同步观测各样地内不同高度(0,30 cm)的空气温度,观测时间分别为 8:00,14:00 和 20:00,每个高度设置 3 组重复。

2.2.3 相对湿度测定 使用干湿球温度计(经阿斯曼干湿温度表校正)同步观测各样地内不同高度(0,

30 cm)的空气相对湿度,观测时间分别为 8:00,14:00 和 20:00,每个高度设置 3 组重复。

2.2.4 地温测定 使用曲管地温表同步观测各样地内不同土层深度(0,5,10 cm)的地温,观测时间分别为 8:00,14:00 和 20:00,每个深度设置 3 组重复。

为避免降水对各个观测指标的影响,所有指标均在降水后 5 d 进行测定。应用 SPSS 19.0 软件对所得数据进行统计分析。

# 3 结果与分析

## 3.1 风速变化

如图 1 所示,观测期间各样地内风速随高度的变化规律一致,即“流动沙丘风速>6 a 生小叶锦鸡儿群

落风速>11 a 生小叶锦鸡儿群落风速”。图 1 清楚地反映出小叶锦鸡儿群落对近地表风速有很大的阻滞作用,并且随着高度的降低,小叶锦鸡儿群落对风速的阻滞作用越来越显著。这主要是由于人工植被的建立提高了地表粗糙度,当风经过林地时,风速受到树干、树枝叶的磨擦和阻拦会有所减小,同时大股气流演变成无数的大小不等、强度不一和方向紊乱的小股气流,这时气流的动能被消耗,风速也会随之减弱。在 200,80,30 cm 高度上,与流动沙丘相比,6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿灌木林内风速分别降低了 17.9%,31.6%,71.9%和 27.9%,39.7%,76.0%。由于 11 a 生小叶锦鸡儿密度、高度和冠幅较大,群落植被总盖度也较高,其阻风效果较 6 a 生小叶锦鸡儿群落更好。

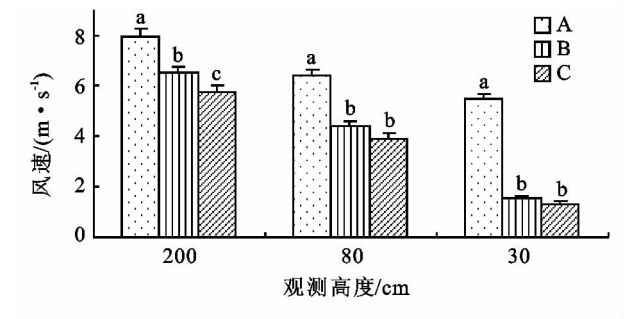


图 1 各样地风速变化

注:A——流动沙丘样地;B——6 a 生人工小叶锦鸡儿群落样地;C——11 a 生人工小叶锦鸡儿群落样地(下同);对同一高度,不同样地内的风速进行显著性检验,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

3.2 空气温度变化

流动沙丘和小叶锦鸡儿群落内气温的同期观测结果(表 2)表明:小叶锦鸡儿灌木林内与流动沙丘气温的日变化趋势基本一致,但在各个时段、各个高度上灌木林内气温均显著低于流动沙丘。这可能是因为林冠层对太阳辐射的吸收和反射作用,使透射到林下的太阳辐射能大量减少,导致地面和近地层空气温度较低。白天,在 0 cm 和 30 cm 高度处的平均气温,流动沙丘比 6 a 生小叶锦鸡儿样地分别高出 4.5℃和 3.0℃,比 11 a 生小叶锦鸡儿样地分别高出 5.9℃和 3.9℃,说明在夏季,小叶锦鸡儿灌木林可有效地降低林内空气温度。

表 2 各样地空气温度变化 ℃									
样地	8:00			14:00			20:00		
	0 cm	30 cm		0 cm	30 cm		0 cm	30 cm	
A	33.1a	29.8a		39.8a	38.0a		28.1a	27.9a	
B	26.2b	27.6b		35.6b	33.9c		25.8b	25.3b	
C	22.9c	25.7c		34.7c	35.5b		25.7b	22.8c	

注:对同一时间、高度,不同样地内空气温度进行显著性检验,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

3.3 空气相对湿度变化

空气湿度是小气候的综合体现。由于林木的屏障和摩擦作用降低了风速,使林内土表及植物蒸发蒸腾出来的水分能在近地面滞留较长时间,同时林内的气温又明显低于流动沙丘,使得空气相对湿度较高。由表 3 可见,三块样地内空气湿度的日变化规律是一致的,而且 6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿群落样地的空气湿度在各个时段均明显高于流动沙丘,尤其以 8:00 和 20:00 更为明显。6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿群落内日平均空气湿度分别比流动沙丘高 13.7%和 21.2%。可见,植被的存在显著地提高了周围的空气相对湿度。

表 3 各样地空气相对湿度变化 %						
样地	8:00		14:00		20:00	
	0 cm	30 cm	0 cm	30 cm	0 cm	30 cm
A	24c	25c	20c	15b	29b	26c
B	42b	43b	29b	26a	43a	38b
C	55a	51a	35a	29a	42a	54a

注:对同一时间、高度,不同样地内空气相对湿度进行显著性检验,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

3.4 浅层土壤温度变化

从表 4 中可以看出,植被区浅层土壤温度状况与流动沙丘有显著区别。各个土层深度下小叶锦鸡儿林内土壤最高温度(14 时)均明显低于流动沙丘,而最低温度(8:00)要略高于流动沙丘。总的来看,6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿灌木林内土壤温度日变幅要小于流动沙丘,温度变化更缓和,这对林内植物的定居和生长是非常有利的。植被对浅层土壤温度具有一定的调节功能,主要是由于人工植被建立后,大大增加了地表粗糙度,同时在植被的作用下,流沙逐步稳定并在表面形成一层灰色结皮,土壤容重与容积热容量也相应下降,直接影响到土壤的导热性能。

表 4 各样地地温变化 ℃									
样地	8:00			14:00			20:00		
	0 cm	5 cm	10 cm	0 cm	5 cm	10 cm	0 cm	5 cm	10 cm
A	27.5a	19.1b	19.0c	43.2a	33.0a	31.2a	30.1a	30.8a	29.0a
B	21.8b	20.2a	19.7a	41.6b	32.8a	29.4b	28.7b	28.8b	28.2b
C	21.3c	20.0a	19.5b	36.5c	28.4b	26.7c	27.3c	27.3c	27.0c

注:对同一时间、深度,不同样地内地温进行显著性检验,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 4 结论

通过以上分析可以发现,由于流动沙丘与不同恢复年限的人工小叶锦鸡儿群落下垫面性质的差异,各样地内风速、空气温度、相对湿度和地温等小气候因子特征值存在着显著差异。总体来说:

(1) 小叶锦鸡儿群落对近地表风速有很大的阻滞作用。在 30 cm 高度上,相比流动沙丘,6 a 生和 11 a 生小叶锦鸡儿灌木林内的风速分别降低了 71.86% 和 75.96%。

(2) 进行人工植被恢复后,小叶锦鸡儿林内夏季白天平均温度明显低于流动沙丘,空气相对湿度显著提高,土壤浅层温度日变幅减小。

### 参考文献:

- [1] Chen J, Saunders S, Crow T, et al. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes[J]. Bioscience, 1999, 49(4):288-297.
- [2] 张一平,刘玉洪,马友鑫,等. 热带森林不同生长时期的小气候特征[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2002, 26(1):83-87.
- [3] 冯起,建华,艳武. 极端干旱地区绿洲小气候特征及其生态意义[J]. 地理学报, 2006, 61(1):101-110.
- [4] Holmgren M, Scheffer M. El Nino as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems[J]. Ecosystems, 2001, 4(2):151-159.
- [5] 李宗峰,陶建平,王微,等. 岷江上游退化植被不同恢复阶段群落小气候特征研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 364-367.
- [6] 黄承标,黄丹,刘运华,等. 2 种短周期工业用材林种植恢复过程对林内小气候的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(2):25-29, 48.
- [7] 钟秀娟,熊黑钢,张建兵. 新疆于田县不同下垫面小气候特征比较研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1):134-139.
- [8] 苏永中,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地不同年代小叶锦鸡儿人工林植物群落特征及其土壤特性[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1):93-100.
- [9] 张文军,刘德义,任建民. 科尔沁沙地植物再生沙障人工群落多样性及其动态研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6):331-334.
- [10] 刘任涛,赵哈林,赵学勇,等. 科尔沁沙地不同造林类型对土壤动物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4):1104-1110.
- [11] 贺山峰,蒋德明,阿拉木萨,等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌木林固沙效应的研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1):84-87.
- [12] 蒋德明,曹成有,押田敏雄,等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工林防风固沙及改良土壤效应研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5):653-658.
- [13] 贺山峰,王娟,邱兰兰,等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿群落保育土壤作用的研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 73-77.
- [14] 阿拉木萨,蒋德明,裴铁璠. 科尔沁沙地人工小叶锦鸡儿植被水分入渗动态研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1):56-59.
- [15] 黄刚,赵学勇,黄迎新,等. 科尔沁沙地不同地形小叶锦鸡儿灌丛土壤水分动态[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3):555-561.
- [16] 苏永中,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地不同年代小叶锦鸡儿人工林植物群落特征及其土壤特性[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1):93-100.
- [17] 曹成有,蒋德明,骆永明,等. 小叶锦鸡儿防风固沙林稳定性研究[J]. 生态学报, 2004, 24(6):1178-1186.
- [18] 刘新民,赵哈林,赵爱芬. 科尔沁沙地风沙环境与植被[M]. 北京:科学出版社, 1996:1-8.
- [19] 贺山峰,蒋德明,李晓兰,等. 小叶锦鸡儿固沙群落草本种群重要值与生态位的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(10):150-155.