

白音他拉疏林草场气象效应的初步分析

朱廷曜 孔繁智 朱劲伟

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

彭瑞林

(内蒙古翁牛特旗白音他拉草原试验站)

摘 要

本文讨论了科尔沁沙地疏林草场的气象效应和防风效应的风洞模拟实验,结果表明,林内风速随林分郁闭度的增加而减少,林地的粗糙度随郁闭度的增加而增大,相当于林分高度的 $\frac{1}{20} - \frac{1}{70}$ 。疏林草场与旷野相比,蒸发减少12—20%,蒸腾增加7.3%。

关键词:防护林,气象效应,疏林草场。

科尔沁沙地有相当大面积的天然疏林草场,林木疏密程度差异很大,从每公顷约1簇(1—3株)到每公顷300株以上。林木不仅改善了草场的生态条件,且对植物的生长和畜群的放牧均产生良好的影响,目前国内尚未见到这方面的研究报告。由于这种疏林草场有明显的防护效应、相应地也营造了一些人工疏林草场防护林。为评价这种特殊结构防护林的防护效应,为营造人工疏林草场防护林提供合理指标,我们观测了三种结构特征疏林草场防护林的防风效应及对辐射的影响,并进行了风洞模型实验。

一、人工疏林草场防护林的防风效应

白音他拉草原站于1978年营造了100ha疏林草场防护林。营造方式是在千米见方的大网格内沿东西走向的主林带,每隔30m营造一条南北向的单行杨树林带。据1984年调查,林木密度由北向南递减,树高参差不齐,高者可达4—6m,约有一半树高不及2m,冠幅为0.8—1.2m²。测点选在

距北侧主带22H(树高),处由西向东每隔15m设一测点,共10个点。林分特征及观测结果见表1。可以看出,风速减弱和郁闭度有关,郁闭度大风速降低得较大,否则较少。平均降低

表1 疏林草场防护林的防风效应

Table 1 Effect of grazing forest on windspeed

项 目	测 点	人工疏林草场		天然疏林草场	
		旷野	林内	I号林内	II号林内
林木密度(株/ha)		240	73—200	72	320
郁闭度(%)		8.6	1.1—2.0	1.9	59
平均风速(m/s)	7.3	4.5	6.4	7.9	5.1
相对风速(%)	100	62	88	100	65

本文于1989年5月8日收到。

风速12—38%。

二、天然疏林草场防护林的防风效应

天然疏林草场位于西拉木伦河南岸,呈散生状态,株距差异较大,但生长较整齐。I号天然疏林草场为较稀疏的柳树林,平均树高7m,冠幅约 $5 \times 5 \text{ m}^2$ 。该林分呈带状分布,走向为东东南—西西北,延伸10余公里,宽度约300—500m,林分密度为72株/ha,郁闭度为19%左右。II号疏林为较密的柳树林,平均树高8—9m,冠幅约 $4 \times 4 \text{ m}^2$ 。林分密度约为320株/ha,郁闭度为59%。林地走向与河岸基本平行,亦为东东南—西西北,宽约500m,长约5000m。旷野对比点选在两块疏林间平坦开阔的草地上(草地宽约2000m)。观测时风向为WNW,气流沿林分的走向吹来,使观测结果具有较大的可靠性。每片疏林内各随机设5个测风点,彼此相距不小于30m,观测高度9.5m,结果见表1、图1。

由表1看出,林分I林下1.5m高度的风速,平均为旷野同高度风速的65%。降低风速35%。林分II,由于密度和郁闭度均较大,林下1.5m高度的风速明显低于林分I,相

对风速仅为22%,降低风速达78%,故在大风天气可保护牧场和畜群,减轻或避免风沙危害。

为研究疏林草场防护林的防风效应,在中国科学院兰州沙漠研究所风洞实验室开展了风洞模型实验。模型由塑料松花制成,高7cm,取3种疏林密度(见表2)。模型树冠幅直径为3.4cm,且较紧密。疏林模型尺度为 $100 \times 600 \text{ cm}$,测点设于距迎风面林沿50H处,观测结果见表2。模型内1.5cm的风速(相当于林分内1.5m的实际风速)约相当于“旷野”风速(即无模型时空风洞内的风速)的45—64%,减弱风速达36%以上,其减弱程度亦随郁闭度或“林木”密度的增减而增减。

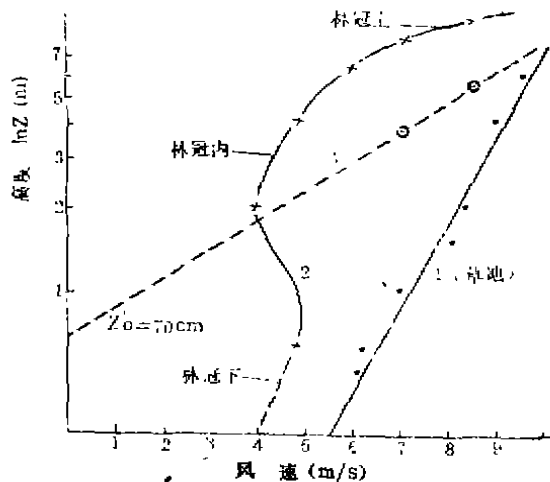


图1 天然疏林草场的风廓线

1——旷野, 2——疏林, 3——经位移订正后廓线的林上部分

Fig.1 The wind profile on grazing forest

1——in grassland, 2——in grazing forest, 3——the height Z decreased by d in grazing forest

表2 疏林草场防护林防风效应的风洞实验

Table 2 Effect of modeling of grazing forest on windspeed in wind tunnel

模 型	项 目	株行距 (cm)	郁闭度 (%)	旷野风速 (m/s)	1.5cm风速 (m/s)	相对风速 (%)
I		6 × 6	25	8.5	3.8	45
II		12 × 12	6	8.5	5.1	60
III		12 × 24	3	8.5	5.5	64

三、疏林草场防护林对贴地层以上风速的影响

在下垫面均一的条件下, 风速随高度按对数规律增加^[1], 即:

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z}{Z_0} \quad (1)$$

式中 U —— Z 高度的风速; U_* ——摩擦速度; $\kappa=0.4$, 为卡门常数; Z_0 ——地面粗糙度。高度 Z 取对数尺度则风速廓线为一直线。风洞模型实验的结果如图 2 所示。边界层内的风速廓线, 无模型时为直线(曲线 A), 风洞地板的粗糙度 $Z_0 = 8 \times 10^{-4} \text{cm}$ 。当风洞内有模型 I 时的风速廓线为曲线 B, 基本可分成两段, 即“林上”的线段 1 和“林下”的线段 2。由线段 1 求得的粗糙度 Z_0 为 22mm; 当风洞内有模型 II 和 III 时, 相应的粗糙度 Z_0 为 18mm; Z_0 为 15mm, 约相当于疏林高度的 19—31%, 和林分的密度有关。若按密林林上风速廓线的整理方法, 给以位移高度订正, 即风速按下式分布^[1]:

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z-d}{Z_0} \quad (2)$$

式中 d 为位移高。蒙特思(Monteitn)给出如下计算公式^[2]:

$$d = 0.63H \quad (3)$$

$H=7\text{cm}$, 因此 $d=4.4\text{cm}$, 所得观测结果林上部分按式(2)给出的曲线, 即图 2 中的 B' 亦近似的为一直线, 求得的粗糙度 $Z_0' = 3.9\text{mm}$, 相应的模型 II 和 III 的粗糙度分别为 $Z_0' = 2.8\text{mm}$; $Z_0' = 1.8\text{mm}$, 约相当于林高的 $\frac{1}{20} - \frac{1}{70}$ 。

法国瑟居安和吉加努克斯曾在野外观测了 6—8m 高, 带距 5H 的小林网内的风速廓线, 由林上风速廓线段求得的地面粗糙度为 55cm (地面原有粗糙度仅 1cm 左右), 略小于林带高度的 $\frac{1}{10}$ 。苏联康斯坦季诺夫观测了大林网的风廓线, 求得增大的粗糙度约相当于林带高度的

$$\frac{1}{100} \quad [3,4]。$$

我们在白音树海天然疏林草场防护林的观测结果如图 1 所示。纵坐标为高度对数尺度, 曲线 1 为旷野风速廓线, 为一直线。地面粗糙度 $Z_0 = 0.6\text{cm}$ 。曲线 2 为疏林 I 地块上的风速廓线, 林下地面状况与草地相似。在林冠以下风速随高度呈曲线形式; 在林冠以上仅有两个测点: 8m 和 9.5m 的风速, 难以绘制准确的风廓线。据风洞实验结果判断, 亦应为直线, 如

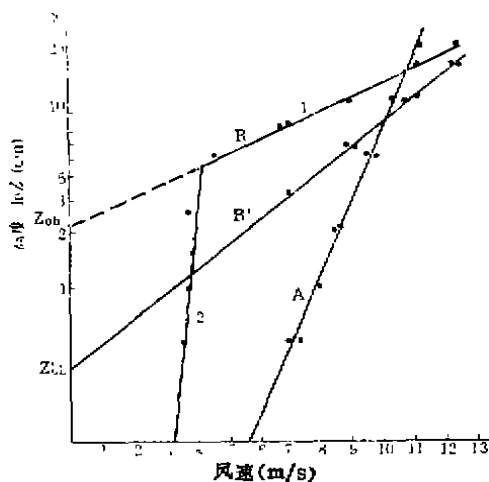


图 2 疏林草场防护林的风廓线(风洞实验);
A——无模型; B——模型 I; B'——高度进行位移订正
后模型 I 的风廓线
Fig.2 The wind profile on modeling of grazing
forest in wind tunnel
A——no model; B——in model I; B'——the
height Z decreased by d in model I

亦加上位移高度订正, $d = 4.4\text{m}$, 由所得结果按式(2)绘制出曲线3(图1)。可得 $Z'_0 = 70\text{cm}$, 比草地的粗糙度约大117倍。

应当说明, 由于风洞模拟和实地的相似条件有一定的差异, 需作进一步的改进。但风速的变化规律基本相似, 疏林草场的粗糙度较无林地有所增大, 约相当于平均树高 $\frac{1}{100} - \frac{1}{10}$ 的之间。由于地面的摩擦作用消耗气流的动能, 只有当地面边界层以上的气流不断向下传输, 能量才能维持低层某一高度有常定的风速。当地面边界层上的风速为 U , 则通过粗糙度大的地面时低层某一高度的风速将比通过粗糙度小的地面为小, 疏林草场增大地面粗糙度的结果将起到降低地面附近风速的作用, 从而产生一定的防风效应。例如: 当100m高处风速为20m/s时, 气流流经草地时, 因地面粗糙度 $Z_0 = 0.6\text{cm}$, 由式(1)计算10.5m高度处(台站测风高度)的风速为15.4m/s。而当气流流经所观测的疏林草场时, 因位移高度 $d = 4.4\text{m}$, 粗糙度 $Z'_0 = 70\text{cm}$, 则由式(2)计算10.5m高度处的风速仅为8.8m/s, 降低了43%。因而疏林草场的这种防风效果是相当可观的。

四、疏林草场的小气候特征

在疏林保护下的草场, 由于风速降低, 乱流交换也应有所减弱, 对草地的水热交换和小气候特征应能产生一定的影响。疏林草场小气候的观测结果如下:

1. 疏林内的辐射状况

1984年6月(晴天)在天然疏林草场I内的观测结果如表3所示。对照点选在附近的草地上。总辐射为 $2317.8\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{d}$, 而林内由于林冠的遮荫, 总辐射明显减小。在林内点测得的

表3 天然疏林草场I内的辐射状况
Table 3 Solar radiation in grazing forest I

项目	位置	旷野对照点		疏林内		树荫下	
		$\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{d}$	%	$\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{d}$	%	$\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{d}$	%
总辐射		2317.8	100	1605.2	69	733.5	32
散射辐射		854.5	100	751.5	88	586.5	69

总辐射为对照点的69%。树荫下选5个观测点, 其位置随太阳高度角而转移, 其平均值如表3所示, 仅为对照点的32%。散射辐射也明显减小, 但减弱幅度比总辐射小。夏季牲畜常常静卧在树荫下以躲避烈日暴晒, 因而疏林有利于牲畜的健康生长。

2. 疏林内的小气候特征

1984年对白音他拉人工疏林草场防护林的小气候进行了观测。5月份10个晴天的观测结果见表4、5。疏林小气候观测点东侧有一行南北向的杨树, 生长不整齐, 调查170m长只有2株高度达6—7m, 有21株高3m左右, 且冠幅很小。但附近有散生的柳树75株, 冠幅较大, 平均密度为82.3株/ha, 郁闭度为10%。

由表4看出, 疏林内的气温和地温一般比旷野高, 地温约高 1.7°C , 对于春夏季疏林内的牧草生长是有利的。由表5也可见到, 疏林空气湿度略高于旷野, 而蒸发量则明显低

表 4 人工疏林草场内温度状况(℃)

Table 4 Temperature of air and soil in grazing art-forest

观测点 \ 项目	平均气温	地面温度			土壤温度			
		平均	最高	最低	5cm	10cm	15cm	20cm
旷野	22.4	32.0	49.6	9.1	24.9	19.1	17.9	17.4
疏林草场	22.5	33.7	50.9	9.7	23.6	21.5	20.2	18.3
差值	0.1	1.7	1.3	0.6	-1.3	2.4	2.3	0.9

表 5 人工疏林草场内的蒸发蒸腾和空气湿度

Table 5 Air humidity, evaporation and transpiration in grazing art-forest

观测点 \ 项目	空气湿度 (mb)	蒸发量				蒸腾量			
		风速 $\geq 4\text{m/s}$		风速 $< 4\text{m/s}$		鲜草重 (g)	耗水量		
		(mm)	(%)	(mm)	(%)		(g/d)	(g/g·d)	(%)
旷野	9.0	11.7	100	10.5	100	120	42.4	0.354	100
疏林草场	9.3	9.2	78.6	9.2	87.8	120	45.6	0.379	107.3
差值	0.3	-2.5	-21.4	-1.3	-12.4	—	3.1	0.025	7.3

于旷野, 减小的程度与风速有直接的关系。当风速小于 4m/s 时, 减小12%左右; 当风速大于或等于 4m/s 时则减小21%左右。蒸腾的测定采用水培法。将带根鲜重的羊草40g插入三角瓶内, 注满培养液^[6], 每1—2日加液1次, 注入量即为蒸腾量。连续测定14天, 结果表明疏林内的蒸腾量比旷野约大7.3%, 表明林内的光合作用较强, 初级生产力较高。应当说明, 这里的旷野点设在大林网内的中心, 距林带虽有50H的距离, 但仍可能受到影响而降低这种差异。

五、结 论

1. 疏林草场防护林是草牧场防护林的一种重要结构形式。观测结果表明, 疏林草场防护林具有明显的防护效应。在营造条带状比较困难的草牧场, 可以根据土壤条件营造疏林, 以保护牧草和牲畜。

2. 随着三北防护林建设的发展, 草牧场防护林的营造日见重要, 应开展草场、牧场防护效应的研究, 为规划设计提供参考。

3. 鉴于牧区野外观测交通困难, 应进一步开展风洞模拟实验, 以期在最短时间内获得必要的资料。

参 考 文 献

- [1] 王正非、朱廷曜等, 1985, 《森林气象学》, 第122—123页, 中国林业出版社。
- [2] 高德力安·J, 1985, 《作物微气象学: 模拟研究》, 第92页, 科学出版社。
- [3] 曹新孙、朱廷曜等, 1983, 《农田防护林学》, 第155—156页, 中国林业出版社。
- [4] 阿·尔·康斯坦季诺夫等, 1983, 《林带和农作物产量》, 第24页, 中国林业出版社。
- [5] 朱廷曜等, 1989, 白音他拉草场林带的防护效应, 《中国林业气象文集》, 第55—62页, 气象出版社。

METEOROLOGICAL EFFECT OF GRAZING FOREST IN THE GRASSLAND EXPERIMENT STATION OF BAIYINTALA REGION

Zhu Ting-Yao Kong Fan-Zhi Zhu Jin-Wei
(Shenyang Institute of Applied Ecology, Academia Sinica)

Peng Rui-Lin

(Grassland Experiment Station of Baiyintala Region, Ongnute Banner, Inner Mongol)

An increase in the closeness of the artificial grazing forest from 1.1—2.0% to 9.6% resulted in a decrease in the relative wind speed from 88% to 62%. The closeness of the natural grazing forest in 19% and 59% with mean heights of 7m and 9m, respectively, leads to the relative wind speeds of 65% and 22%, respectively. The results from modeling experiment of grazing forest in a wind tunnel indicate that if the closeness degrees of the grazing forest model are 3%, 6% and 25%, the relative wind speed will be 64%, 60% and 45%, respectively. This means that the wind speed within the forest will be reduced as the closeness of the forest increases. In addition, an increase in the closeness of forest will increase the roughness of woodland which is from about 1/20 to 1/70 of the height of forest stand. In the grazing forest, as compared with open wildness, it was found that the evaporation was reduced by 12—20% while the transpiration was being increased by 7.3%.

Key words: protective forest, meteorological effect, grazing forest.