

文章编号: 1001-1498(2000) 03-0328-05

草牧场防护林对积雪厚度的影响*

吴德东¹, 袁春良¹, 吕明海², 石素英²

(1. 辽宁省固沙造林研究所, 辽宁阜新 123000; 2. 辽宁工程技术大学, 辽宁阜新 123000)

关键词: 草牧场防护林; 樟子松; 胡枝子; 积雪厚度

中图分类号: S 727.250.5

文献标识码: A

前苏联在 60 年代就进行了农田、牧场防护林对积雪影响的研究^[1], 认为通风结构林带附近积雪较为均匀, 11H(H= 树高) 处积雪比其它结构林带的要厚, 即有效积雪距离长; 营造 3~5 行, 行距为 2.5~2.7 m, 带间宽度为 300~400 m, 疏透度为 0.5~0.6 的林带, 不仅积雪厚度最大, 而且在网格里呈均匀分布^[2]。中亚林业研究所曾经在克日鲁马地区观测了草牧场防护林带的防护作用, 认为透风系数为 0.20~0.45 的草牧场防护林带, 对积雪分布的作用最好^[1]。1978~1983 年, 库尔斯克州水土保持试验站还观测了幼龄杨树(*Populus* sp.) 林带的积雪作用。认为 2~3 年生的幼龄杨树林带对积雪的影响距离背风面为 8H~12H, 迎风面为 5H~6H^[1]。

有关草牧场防护林影响积雪厚度的研究, 国内未见报道。草牧场防护林带的积雪作用在半农半牧地区具有十分重要的意义。因不同类型防护林阻截降雪不同, 对于提高牧场土壤水分作用也显著不同, 通过对辽宁省阜新市白音花沙地草地营造的 3 种类型防护林的积雪研究, 为合理营造防护林提供依据。

1 试验地基本情况

试验地位于辽宁省阜新市阿尔乡白音花沙地草地, 地处 122°43' E, 42°43' N。属温带季风性森林草原气候, 年平均气温 5.7℃, 有效积温 2 800~3 200℃, 年蒸发量 1 570 mm, 年降水量 450~550 mm, 海拔高度 230~250 m, 地下水位 2.9 m, 年平均湿度 60%~65%, 春季多西南风, 秋季多西北风, 无霜期 154 d。试验区面积 666.7 hm², 土壤为生草风沙土。配置 3 种防护林:

在平坦草地和地形起伏不大的草地设置带状防护林, 主带 12 条, 副带 2 条, 株行距 3 m × 3 m, 长 1 000 m, 主带距 150 m, 带宽 9~11 m, 3 行。树种为樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litvin)。1992 年调查: 树高 6.0 m, 胸径 11.0 cm。面积 7.33 hm², 枝下高为 2.0 m, 为通风结构林带(透风系数 $a_0 > 0.60$)。保护草地 81.5 hm²。

群团状防护林, 每块群团状林面积 0.56~0.79 hm², 株行距 1 m × 3 m, 团间距 100 m, 共

收稿日期: 1999-03-12

基金项目: 国家“八五”攻关“草牧场防护林营建技术研究”内容

作者简介: 吴德东(1966-), 男(满族), 辽宁凤城人, 工程师。

* 初稿完成后得到中国林科院森林生态环境与保护研究所刘世荣研究员审阅并提出修改意见, 在此致谢。

34 块, 呈“品”字形排列。树种为樟子松、赤松(*P. densiflora* Sieb. et Zucc)。1992 年调查: 平均胸径 3.0 cm, 平均树高 3.0 m, 枝下高 1.35 m, 为紧密结构林带($a_0 < 0.35$)。保护草地 106.7 hm^2 。

片状饲料防护林, 面积 26.7 hm^2 。株行距 1 m \times 3 m, 树龄为 2 a(平茬后的年龄)。树种为胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla* Lam.)。平均灌丛高 1.01 m, 平均地径 0.81 cm。为疏透结构林带($0.35 < a_0 < 0.60$)。

2 研究方法

1992 年 11 月 18 日~20 日, 白音花草地连降 2 次雪, 于 23 日(因为降雪后 2 d, 只要不融化, 就会在积雪层的上面形成一层硬雪壳, 除了特大风口、风蚀坑外, 降雪后 3 d 风速则更不对积雪产生作用)在上述 3 种防护林的迎风和背风面, 按着: 林缘, 1H, 2H, 5H, 10H, 15H, 20H, 25H 进行布点(使用样线绳法), 在每个样点选 3 个重复点(左、右各 1 m 处), 每个重复点随机测量 3 次积雪层的垂直高度。

3 结果与分析

3.1 3 种草牧场防护林对积雪厚度的影响

林带对积雪的影响主要取决于林带的结构, 其次是地形、风向及降雪和观测时间的间隔期长短等, 3 种结构林带减弱风速和乱流交换特征的不同, 对积雪厚度及分布的影响也不一样(表 1)。

表 1 3 种草牧场防护林对积雪厚度的影响

cm

| 防护林类型 | 林带前后 | 积雪厚度 | | | | | | | | |
|---------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| | | 林缘 | 1H | 2H | 5H | 10H | 15H | 20H | 25H | |
| 带状防护林(通风结构) | 1 迎 | 4.8 | 5.7 | 9.0 | 6.7 | 7.0 | 6.8 | 6.8 | 6.9 | |
| | | 背 | 4.8 | 6.2 | 10.5 | 7.3 | 7.2 | 7.0 | 7.0 | 7.1 |
| | 2 迎 | 4.9 | 5.7 | 8.8 | 6.5 | 7.1 | 6.7 | 6.9 | 7.0 | |
| | | 背 | 4.9 | 5.3 | 9.6 | 7.5 | 7.0 | 7.1 | 7.0 | 6.9 |
| | 3 迎 | 5.0 | 5.8 | 8.7 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 7.0 | |
| | | 背 | 5.0 | 5.6 | 10.0 | 7.5 | 7.2 | 7.1 | 6.9 | 6.9 |
| | 平均 | 迎 | 4.9 | 5.7 | 8.8 | 6.7 | 7.0 | 6.8 | 6.9 | 7.0 |
| | | 背 | 4.9 | 5.7 | 10.0 | 7.4 | 7.1 | 7.1 | 7.0 | 7.0 |
| | 群团状防护林(紧密结构) | 1 迎 | 29.8 | 25.0 | 10.8 | 9.3 | 7.3 | 7.0 | 7.0 | 7.0 |
| | | | 背 | 29.8 | 27.6 | 20.2 | 15.3 | 10.9 | 9.8 | 7.5 |
| 2 迎 | | 30.5 | 26.3 | 17.2 | 10.9 | 10.0 | 9.5 | 7.3 | 7.2 | |
| | | 背 | 30.5 | 26.7 | 21.2 | 13.7 | 11.2 | 8.8 | 9.0 | 7.5 |
| 3 迎 | | 28.0 | 24.7 | 14.3 | 10.5 | 7.5 | 7.3 | 7.0 | 6.0 | |
| | | 背 | 28.0 | 26.6 | 18.8 | 13.2 | 10.7 | 9.8 | 7.3 | 7.2 |
| 平均 | | 迎 | 29.4 | 25.3 | 14.1 | 10.2 | 8.3 | 7.9 | 7.1 | 6.7 |
| | | 背 | 29.4 | 27.0 | 20.1 | 14.1 | 10.9 | 9.5 | 7.9 | 7.3 |
| 片状饲料防护林(疏透结构) | | 1 迎 | 8.8 | 8.8 | 8.3 | 8.0 | 7.5 | 7.1 | 7.0 | 7.0 |
| | | | 背 | 8.8 | 10.2 | 15.0 | 13.0 | 7.7 | 7.3 | 7.0 |
| | 2 迎 | 9.0 | 8.3 | 7.8 | 7.8 | 7.4 | 7.0 | 7.1 | 7.0 | |
| | | 背 | 9.0 | 11.3 | 14.5 | 13.3 | 8.0 | 7.8 | 7.3 | 7.1 |
| | 3 迎 | 9.3 | 8.9 | 8.3 | 7.9 | 7.4 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | |
| | | 背 | 9.3 | 12.0 | 15.8 | 13.7 | 8.1 | 7.6 | 7.1 | 7.1 |
| | 平均 | 迎 | 9.0 | 8.7 | 8.1 | 7.9 | 7.4 | 7.2 | 7.1 | 7.1 |
| | | 背 | 9.0 | 11.2 | 15.1 | 13.3 | 7.9 | 7.6 | 7.1 | 7.1 |

注: 旷野平均积雪厚度 7.0 cm; 风向 WN; 背: 背风面, 迎: 迎风面。

从表1中可以看出:带状防护林迎风面,林缘至1H积雪较薄(最低为4.8 cm),低于旷野平均积雪厚度。2H处明显加厚,形成的雪堆长度约为24 m。林带对5H~25H的积雪厚度无明显影响;背风面与迎风面基本相同,只是5H处的积雪明显比旷野平均积雪厚,即背风面有效积雪距离增大了,形成的雪堆长度约为84 m。主要因为风通过林带后在背风面形成弱风区,雪便沉降下来。通风林带的迎风面和背风面均没有形成大的积雪堆(最厚为10.5 cm),雪堆的形状长而薄,分布比较均匀,同时这种结构林带带内积雪少,越远离林带积雪越均。和带状防护林相比,群团状防护林迎风面的林缘、1H处积雪厚度明显增加(最厚可达30.5 cm),约为旷野平均积雪厚度的4倍,形成的大雪堆长度约为3 m。2H~15H的积雪厚度的增加幅度比林缘及1H处的小,随着距林带距离的加大,积雪厚度逐渐减少,形成的雪堆长度达42 m;20H~25H的积雪厚度与旷野的几乎没有差异。而背风面林缘至2H处积雪厚度有明显的增加,形成的大雪堆长度约为6 m,比迎风面增加了3 m。5H~25H的积雪均超过旷野的积雪厚度,且随着距林带距离的增大,积雪厚度逐渐减少,背风面有效积雪距离长达75 m以上。因此,紧密结构群团状林迎风林缘的积雪最厚(30.5 cm),但分布极不均匀。

在片状饲料防护林迎风面,林缘到10H处的积雪最厚达9.3 cm,有效积雪距离10.1 m左右。15H~25H的积雪厚度逐渐降至平均积雪厚度。背风面的林缘到15H处的积雪最厚达15.8 cm,有效积雪距离达15.2 m左右,20H~25H的积雪厚度也有少量增加。由此可见,片状饲料防护林这种疏透结构林背风林缘的积雪最厚,带缘(内)积雪比旷野平均积雪厚。

综合上面分析,3种防护林对积雪由厚到薄的影响顺序为:群团状防护林、片状饲料防护林、带状防护林。

防护林能增加林网内的积雪,有利于增加土壤中的水分,有利于提高地温和翌年春季牧草的返青,有力地减轻了沙地草地在冬季的风蚀沙化。

3.2 防护林对积雪厚度影响的数学模型

3.2.1 带状防护林迎风面

根据观测数据特点,采用样条回归方法建立数学模型,选 $x_0=5(H)$ 为结点,设

$$y = \begin{cases} a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2/2! & \text{当 } x < x_0 \\ b_0 + b_1(x - x_0) & \text{当 } x \geq x_0 \end{cases}$$

回归系数: $a_0 = 11.340930$ $a_1 = 0.444968$ $a_2 = -0.369530$

$b_0 = 6.78667$ $b_1 = 0.008$

回归系数的95%置信区间为:

a_0 (9.823386, 12.85847) a_1 (0.219298, 0.670639) a_2 (-0.49514, -0.24392)

b_0 (6.648639, 6.924695) b_1 (-0.00327, 0.01927)

显著水平: 当 $x < x_0$ 时, $\alpha(F) = 0.000143 \ll 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 99.9\%$

当 $x \geq x_0$ 时, $\alpha(F) = 0.149112 < 0.15$, 回归效果比较显著, 拟合信度 $> 85\%$

3.2.2 带状防护林背风面

采用样条函数回归方法建立数学模型,选 $x_0=10(H)$ 为结点,设

$$y = \begin{cases} a^0 + a^1(x - x_0) + a^2(x - x_0)^2/2! & \text{当 } x < x_0 \\ b_0 + b_1(x - x_0) & \text{当 } x \geq x_0 \end{cases}$$

回归系数: $a_0 = 6.892121$ $a_1 = -0.89237$ $a_2 = -0.26605$

$$b_0 = 7.12$$

$$b_1 = 0.01267$$

回归系数的95%置信区间为:

$$a_0 (4.90750, 8.876735) \quad a_1 (-1.83613, 0.051396) \quad a_2 (-0.39222, -0.01987)$$

$$b_0 (7.00234, 7.21766) \quad b_1 (-0.02311, -0.00223)$$

显著水平:当 $x < x_0$ 时, $\alpha(F) = 0.66401 < 0.10$, 回归效果显著, 拟合信度 $> 93.3\%$

当 $x > x_0$ 时, $\alpha(F) = 0.022188 < 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 97.7\%$

3.2.3 群团状防护林迎风面

$$\text{设 } y = a + be^{-x} \quad \text{回归系数: } a = 9.203444 \quad b = 24.3402$$

$$\text{回归系数的95\%置信区间为: } \alpha (7.423343, 10.98355) \quad b (18.89837, 29.78203)$$

显著水平: $\alpha(F) = 6.78E-09 \ll 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 99.9\%$

3.2.4 群团状防护林背风面

$$\text{设 } y = a + be^{-x} \quad \text{回归系数: } a = 11.71382 \quad b = 22.48791$$

$$\text{回归系数的95\%置信区间为: } a (9.50913, 13.9185) \quad b (15.74811, 29.22771)$$

显著水平: $\alpha(F) = 7.45E-07 \ll 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 99.9\%$

3.2.5 片状饲料防护林迎风面

$$\text{采用多项式回归, 令 } y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

$$\text{回归系数: } a_0 = 8.928918 \quad a_1 = -0.29358 \quad a_2 = 0.016577 \quad a_3 = -0.00031$$

回归系数的95%置信区间为:

$$a_0 (8.70116, 9.156676) \quad a_1 (-0.40062, -0.18653)$$

$$a_2 (0.005977, 0.027178) \quad a_3 (-0.00059, -3.8E-05)$$

显著水平: $\alpha(F) = 2.49E-10 \ll 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 99.9\%$

3.2.6 片状饲料防护林背风面

$$\text{令 } y = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

$$\text{回归系数: } a_0 = 9.972152 \quad a_1 = 2.000211 \quad a_2 = -0.22236$$

回归系数的95%置信区间为:

$$a_0 (8.367165, 11.57714) \quad a_1 (1.069854, 2.930568)$$

$$a_2 (-0.30878, -0.13595)$$

显著水平: $\alpha(F) = 0.000177 \ll 0.05$, 回归效果高度显著, 拟合信度 $> 99.9\%$

4 小结与讨论

3种防护林对积雪由厚到薄的影响顺序为:群团状防护林、片状饲料防护林、带状防护林。并且背风面有效积雪距离大于迎风面。林带背风面有效积雪距离是:带状防护林为15H,群团状防护林为25H,片状饲料防护林为15H;林带迎风面有效积雪距离是:带状防护林为5H,群团状防护林为15H,片状饲料防护林为10H。

应用回归分析方法建立的3种防护林对积雪影响的数学模型,可预测出不同带高处的积雪厚度,但该模型不能预测任意结构的防护林积雪厚度。

参考文献:

- [1] 中国林科院科技信息研究所. 国外林业文摘[J], 1987, 5: 54.
- [2] 曹新孙. 农田防护林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983. 100 ~ 111, 236 ~ 240.
- [3] 向开馥. 东北西部内蒙古东部防护林研究(第一集)[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1989. 131 ~ 141.
- [4] 石素英, 李莉, 王凯. 概率论与数理统计[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1998. 227 ~ 258.
- [5] 李岳生, 齐东旭. 样条函数方法[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 19 ~ 21.
- [6] 翁东风, 赵涌, 林建华, 等. Microsoft Excel 7.0 for Windows 95 功能详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 1997. 353 ~ 359.

The Influence of Protection Forest on the Thickness of Accumulated Snow on Grassland

WU De-dong¹, YUAN Chun-liang¹, LU Ming-hai², SHI Su-ying²

(1. Liaoning Sand Fixation and Afforestation Institute, Fuxin 123000, Liaoning, China;

2. Liaoning University of Engineering and Technology, Fuxin 123000, Liaoning, China)

Abstract: The thickness of snow accumulated near different kinds of protection forest, i. e. shelterbelt (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) with ventilation structure, grouped protection forest (*P. sylvestris* var. *mongolica*) with closed structure, and the protection forest (*Lespedeza bicolor*) with loose structure, at Baiyinhua Sand in Fuxin of Liaoning Province were measured. The shape of snow drift on the windward side and leeward side near shelterbelt was long and thin, and distributed evenly. The farther the snow drift away from the shelterbelt, the more even it distributed. The grouped protection forest had the thickest snow accumulated (30.5 cm) on the forest edge on the windward side, but distributed unevenly. The snow accumulated on the edge of leeward side of protection forest with loose structure was 15.8 cm in thickness, and the snow in the forest was thicker than the average. Grouped protection had the greatest influence on the thickness of snow accumulated, followed by the forest with loose structure, and the shelterbelt the least. The effective distance of snow accumulation on lee side was longer (84 m at its maximum) than on windward side (42 m at its maximum). Mathematical equations were established by regression analysis to forecast the thickness of snow at different distances away from the forests.

Key words: grassland protection forest; *Pinus sylvestris* var. *mongolica*; *Lespedeza bicolor*; thickness of snow accumulated