

西北防护林防风效应研究

杜鹤强, 韩致文, 颜长珍, 邓晓红, 宋翔, 廖杰

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 中国科学院 沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 风沙灾害是中国西北地区普遍存在自然灾害之一。为探查西北防护林的防风效能, 选取甘肃民勤和宁夏盐池 2 个典型的风沙灾害区, 采用样地调查、统计分析、回归模型等方法, 对农田片状林不同距地高度和不同疏透度在有效距离内的防风效能进行观测与分析, 并对防风固沙林对地表粗糙度的影响进行了研究。结果表明, 在防护林树冠以下有效防风距离内, 随距地高度的增加防风效能逐渐增加; 防护林的疏透度与其防风效能呈极显著负相关, 相关系数达 -0.941; 防风固沙林随其郁闭度的增加, 地面粗糙度逐渐增大, 并给出防护林郁闭度和地面粗糙度之间的函数关系式。并且对产生这些结果的原因进行了初步的讨论。

关键词: 西北防护林; 防风效能; 距地高度; 林带结构; 粗糙度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0117-04

中图分类号: S727

Effects of Wind Prevention by the Northwest Shelterbelt

DU He-qiang, HAN Zhi-wen, YAN Chang-zhen, DENG Xiao-hong, SONG Xiang, LIAO Jie

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, and Key

Laboratory of Desert and Desertification, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Wind-sand hazard is a common natural disaster in northwest region of China. Minqin, Gansu Province and Yanchi, Ningxia Province, which are the typical areas of wind erosion, were selected to investigate wind prevention by the northwest shelterbelt. The wind prevention of the schistose shelterbelt in farmland with different heights from ground and in different structures were observed and moreover, the windbreak and sand-fix forest that may influence ground roughness were studied. The methods of sample area survey, statistical analysis, and regression model were used in the investigation. We found that the wind prevention of shelterbelt increased along with raising height from ground in valid windbreak distance; the degree of porosity belt with its wind prevention presented a very significant negative correlation and the related coefficient was 0.941; and ground roughness increased with the raising crown density of windbreak and sand-fix forest. Moreover, the function of ground roughness and the crown density of forest was given. Some simple discussions were made according to the above mentioned results.

Keywords: northwest shelterbelt; effect of wind prevention; height from ground; structure; roughness

三北防护林被誉为“绿色万里长城”。在防风固沙、防止水土流失等方面起到了重大作用。三北防护林西北区部分主要处于干旱半干旱风沙区, 防护林的主要功能是防风阻沙, 减少风蚀。

西北地区曾经水热条件良好, 经济文化繁荣, 建国后由于人口剧增, 过度垦殖, 超载过牧, 乱砍滥伐等多种人为因素的影响, 导致风沙肆虐, 水土流失严重的生态恶化过程。中国的主要沙漠均分布在西北地区, 这些地区年大风日数 20~100 d^[1-2], 风蚀严重, 沙尘暴频发, 流沙掩埋农田、牧场、公路、铁路屡见不鲜。

据测算, 我国沙区因风蚀沙化每年损失土壤有机质、氮素和磷素高达 5.598×10^7 t。西北地区许多农田因风沙毁种, “三刮四种”现象十分严重^[3]。三北防护林工程产生的“生态环境效应”主要有气候调节效应(动力学、热力学、水文学等)、土壤改良效应、生物效应等, 其最直接的表现形式是控制/减少三北地区的风沙危害和水土流失。20 a 来, 三北防护林使三北地区 20% 左右的沙漠化土地得到有效治理, 1.0×10^7 km² 草原牧场得到保护和恢复, 有近 2.0×10^5 km² 的水土流失地区得到有效治理^[4]。

收稿日期: 2008-04-13

修回日期: 2009-06-29

资助项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1-YW-08-02-03); 国家重点基础研究计划 (973 计划) “干旱区绿洲化、荒漠化过程及其对人类活动、气候变化的响应与调控” (2009CB421308); 国家自然科学基金资助项目 (40571015)

作者简介: 杜鹤强 (1983—), 男 (汉族), 河北省深泽县人, 硕士研究生, 主要从事风沙地貌与风沙工程研究。E-mail: dilixue119@163.com。

针对西北区防护林的主要功能,本文选择典型的实验区——民勤农田防护林和盐池防风固沙林,对防护林的防风效应进行观测研究,以期获得西北防护林防风效应的基本状况,为三北防护林建设提供了科学的依据。

1 研究区及研究方法

1.1 研究区概况

实验区分别选择在甘肃省民勤县昌盛村(38°28.985'N,101°58.125'E)和宁夏盐池县高沙窝(38°45.742'N,103°12.855'E),两地都属于典型的风沙灾害区。民勤县地处甘肃省河西走廊东北部,腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠中间,属温带大陆性干旱气候,全年日照时数3 028 h,年平均气温7.6℃,主导风向为NW和WNW,平均风速2.5 m/s,最大风速23 m/s,平均年沙尘暴日数37 d^[5]。该区系甘肃省重要的商品粮基地县,防护林类型主要为农田带状防护林。盐池县位于宁夏回族自治区东部,北与毛乌素沙地相连,南邻黄土高原,属于黄土高原向鄂尔多斯台地过渡地带,属典型的温带大陆性气候,年平均温度为8.1℃,年平均风速为2.8 m/s,主导风向为NW,最大风速25 m/s,平均年沙尘暴日数30 d^[6]。盐池县境内主要为干草原和荒漠草原,防护林类型主要为较低矮的防风固沙林。

甘肃省民勤实验区主要观测农田带状防护林的防风效能,即农田防护林不同高程的防风效率以及不同结构防护林的防风效能^[7-8]。盐池实验区主要观测防风固沙林的防风效应,即因地面粗糙度增大导致的防风效率。

1.2 研究方法

1.2.1 风速观测方法 风速观测采用自制多路自动风速仪(图1)。该仪器连接8路风杯,自动观测时段长度可设定为10,30,60,120 min和180 min。数据采集时间间隔可根据需要分别设定为0.5,1 min及10 min。风杯安装在直径2 cm的铝合金测杆上,分别距地表100 cm和200 cm,风速仪数据采集间隔设定为1 min(即1 min平均风速),每次持续观测6 h。

1.2.2 不同离地高度的防风效率 民勤县昌盛村实验点树种主要为二白杨(*Populus gansuensis*),林带走向为N—S,带宽79 m×500 m,树龄9 a,平均胸径25.98 cm,平均树高17 m,平均枝下高6.4 m。在固定样地防护林走向的中垂线上,选取3个典型样点,分别在迎风面1H处和背风面0.5,1,3 H(H为树高)处的50 cm和100 cm高度布设风速仪,并在附近空旷裸露的地面设置风速对照点同步观测风速,计

算防护林的防风效能 E_{xy} 。本次观测于2008年6月21日17时12分开始,持续观测时间为6 h。

$$E_{xy} = (\mu_{0y} - \mu_{xy}) / \mu_{0y} \times 100\% \quad (1)$$

式中: E_{xy} ——距离防护林 x 处,高度 y (m)处的防风效能; μ_{0y} ——对照点高度为 y (m)处的平均风速; μ_{xy} ——距离林分 x 处,高 y (m)处的平均风速。这3个样地平均,得到防护林的防风效能与距地高度的关系。

1.2.3 防护林林带结构对防风效能的影响 防护林的林带结构,主要指防护林的疏透度。对带状林疏透度的研究主要运用数码相机与遥感图像处理软件ERDAS IMAGINE 9.1相结合的林带疏透度数字化方法测定。用数码相机在垂直林带20~30 m处拍摄林带照片,应用数字图像处理系统,根据像片上林带枝体与其空隙之间的灰度差异,按灰度值对图像进行二值化处理、分割,由各自占据的像元来统计林带影像的疏透度,用以估算林带实际疏透度。林带疏透度值采用加权平均法计算:

$$S = (\alpha_1 \times h_1 + \alpha_2 \times h_2) / H \quad (2)$$

式中: S ——疏透度; α_1 ——林冠疏透度; α_2 ——林干疏透度; H ——林带平均高度; h_1 ——林冠平均高; h_2 ——林干平均高; α_1 = 林冠填充像素数/林冠断面所在影像的总像素数; α_2 = 林干填充像素数/林干断面所在影像的总像素数。经计算得到防护林的疏透度和不同疏透度下防护林的防风效能,分析防护林疏透度与防风效能的关系。

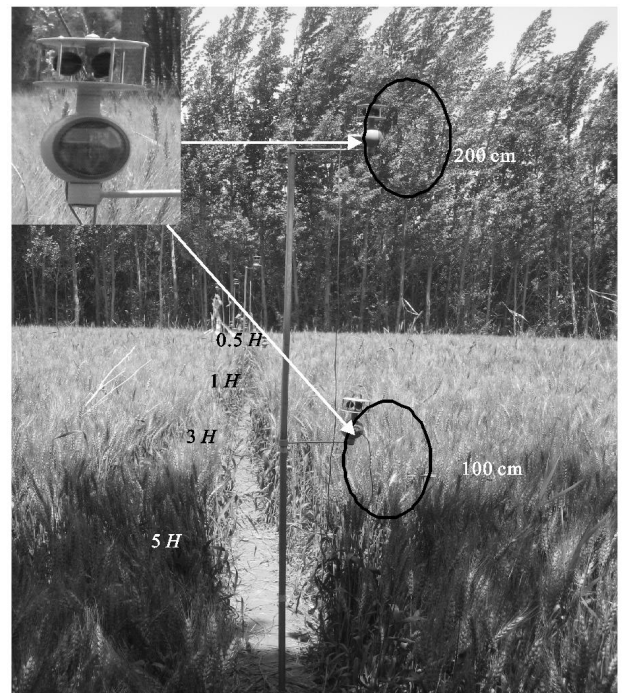


图1 防护林风速观测

1.2.4 防护林对地表粗糙度的影响 下垫面粗糙度是指平均风速降到零的高度^[9]。流体流经物体表面时,随着物体表面粗糙程度的不同,对流体的影响程度也不同。地面粗糙度可以作为防护林防风效应的一个重要指标^[10]。宁夏盐池县高沙窝防风固沙林观测区主要树种为油蒿 (*Artemisia ordosica*) 和沙柳 (*Salix mongolica*)。由于地表粗糙度不可直接测量,只能通过测定 2 个不同高度上的风速计算确定^[11]。本文选择 6 月份植物生长期间,采用 k 值法确定地表粗糙度。在样地防护林走向的中垂线上,选取 3 个典型样地,分别在迎风面 10, 5, 3, 1 H 处,背风面 1, 3, 5, 10 H (H 为树高) 处布设风速仪,观测距地面 200 cm 和 100 cm 2 个高度上的风速,计算地表粗糙度 (k)。本次观测于 2008 年 6 月 28 日 14 时开始,持续时间为 6 h。

$$\lg k = (u_1 \lg z_2 - u_2 \lg z_1) / (u_1 - u_2) \quad (3)$$

式中: u_1, u_2 ——分别为距地 200 cm 和 100 cm 高度上的风速 (m/s); z_1, z_2 ——分别为两点的高度 (m); k ——表示地表粗糙度 (mm)。地表粗糙度 k 越大,表明平均风速减小到零的高度越大,即地表越粗糙,地表的抗风蚀能力越强。3 个样地进行平均,得到典型区地表粗糙度值。

2 结果与分析

2.1 防护林不同离地高度的降风效率

将民勤农田带状林的防风数据,在软件 SPSS 13.0 中利用公式 (1) 进行计算、处理,得到有效防风距离内不同高程的防风效能及其标准误差 (表 1)。从表 1 中可以看出,在有效防风距离内,随着距林带距离的增大,林带的防风效能逐渐增强,观测结果基本与 G. Wiseman 等的研究结果吻合^[12]。在同一测点,距地 100 cm 高度的防风效能明显高于距地 200 cm 的防风效能。这是因为在风吹过防护林时,防护林上部风速高于防护林下部风速,树冠高度处的风速低于树干高度风速。由于风速的差异,导致防护林背风侧风场受到扰动,产生涡流甚至回流风。涡流和回流风使背风侧风速进一步降低,距地面越近,风场受扰动越大,降风率也愈大。另外,距地 100 cm 处有林下灌木和草丛,这些灌木和草丛增加地表的粗糙度,对风力也有着一定的削弱作用。

观测资料显示,在防护林背风侧 200 cm 高程下距林带 0.5 H 处的降风率远远低于其它高程和测点处,这主要因为 200 cm 高程下主要为树干区,疏透度较大,而且在林带距离为 0.5 H 处风场受扰动较小,涡流作用较弱。

表 1 一定高度的防护林不同距地高度的防风效能及其标准误差

项目	距地高度/ cm	防护林背风侧距离		
		0.5 H	1 H	3 H
防风效能	100	1.12 %	19.37 %	41.09 %
	200	19.36 %	23.74 %	48.06 %
标准误差	100	0.048 44	0.047 66	0.051 05
	200	0.071 22	0.047 35	0.065 23

2.2 防护林林带结构对防风效能的影响

根据林冠层、林干层的疏透度,利用公式 (2),再结合防护林的形态结构得到防护林的结构标准,并根据样区所观测的风速,计算有效防风距离内的平均防风效能。

根据观测结果,将防护林疏透度划分为 3 级,即稀疏型 (疏透度 < 50 %),疏透型 (50 % < 疏透度 < 60 %) 和通风型 (疏透度 > 60 %)。每一种类型选取 3 个典型样地,进行防风效能的观测,得到不同林带结构防护林的防风效能 (表 2)。然后对防护林的疏透度和其防风效能做相关分析,发现疏透度和防风效能的相关系数为 -0.941, P 值为 0,呈极显著负相关。从表 2 可见,稀疏型林带防风效能最好,平均为 29.94 %,疏透型次之,通风型最差。主要原因是稀疏型防护林带上下稀疏,孔隙分布较为均匀,气流被枝叶、树干等部分分割、阻挡、摩擦,动能消耗大,风速降低显著;而疏透型林带因下部有通风孔隙,气流通过时较为顺畅,气流动能消耗较小,风速降低亦较少;通风型林带因树干层有大量通风通道,气流通过更为顺畅,动能消耗更少,降风率更低,防风效能更差。因此,从防风效果、胁地效应和防护林培养成本考虑,风沙区主林带结构应选择稀疏型为主,并适当选用疏透型和通风型配置副林带,在风沙灾害较轻地区应选择疏透型和通风型作为主林带。这一结论与 Hiroyuki Torita 和 Hajime Satou 等的研究结构基本吻合^[13]。

2.3 防护林对地表粗糙度的影响分析

首先,选择代表性林地作为观测区,将灌木林按地面郁闭度分为 3 个类型,分别为低郁闭度林地 (郁闭度 < 30 %),中郁闭度林地 (30 % < 郁闭度 < 60 %) 和高郁闭度林地 (郁闭度 > 60 %)。每种类型选择 3 个样地进行观测。利用公式 (3) 得到不同防护林郁闭度下的地表粗糙度值。

由图 2 可见,防护林郁闭度对地面粗糙度有着非常明显的正相关,防护林郁闭度越高,地面粗糙度就越大。低郁闭度林地平均粗糙度为 7.8 mm,中郁闭度林地平均粗糙度为 16.77 mm,高郁闭度林地平均粗糙度为 32.57 mm (图 2)。

表 2 防护林林带结构对防风效能的影响

林带结构类型	调查编号	疏透度/ %	防风效能/ %
稀疏型	1	35	38.15
	2	40	28.32
	3	46	23.36
	平均	40.33	29.94
疏透型	1	55	22.34
	2	53	22.78
	3	58	21.22
	平均	55.33	22.11
通风型	1	64	17.65
	2	61	19.11
	3	68	16.88
	平均	64.33	17.88

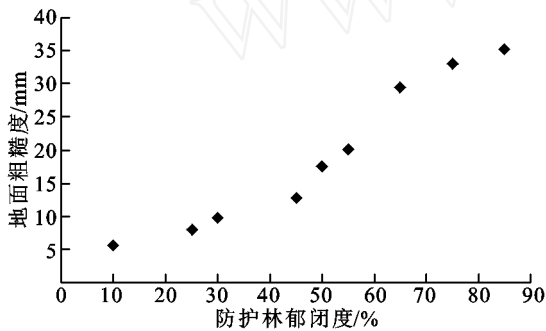


图 2 防护林郁闭度与地面粗糙度之间的关系

利用统计软件 SPSS 13.0 做防护林郁闭度与地面粗糙度回归分析,防护林郁闭度为自变量 x ,地面粗糙度为因变量 y ,得到回归方程:

$$y = 44.503x - 2.713$$

可决系数 R^2 为 0.94,大于 0.8, P 值为 0,拟合程度很好。说明防护林郁闭度和地面粗糙度之间有着很强的线性关系。

3 结论

(1) 防护林在距地面 200 cm 处防风效能明显低于距地面 100 cm 处,其差异产生的主要原因是防护林改变了风的流场结构。

(2) 在防护林带背风侧 $1 \sim 10H$ 距离内,林带结构对防风效应有着重要的作用。稀疏型林带的平均防风效能为 29.94%,疏透型林带的平均防风效能 22.1%,通风型 17.88%。故在风沙灾害严重的民勤

及类似地区,应选择稀疏型林带作为主林带,副林带则可适当配置疏透型和通风型林带。

(3) 作为防风固沙林的防护林,其郁闭度与地面粗糙度之间存在显著的正相关,有良好的线性关系。

(4) 带状林和灌木林都在不同程度地起到防风效应。在今后防护林建设中,要因地制宜,选择适应当地生态环境的树种,以及合理的林带结构和配置。

[参 考 文 献]

- [1] 孙桂丽,李晓娜,王东. “三北”防护林建设中若干问题的生态思考[J]. 新疆师范大学学报:自然科学版,2007,26(3):217-219.
- [2] 杨艳昭,封志明,黄河清. 气候变化下西北地区农田水分平衡的模拟与分析[J]. 自然资源学报,2008,23(1):103-112.
- [3] 潘迎珍,代德祥,刘冰. 试论三北防护林在我国防沙治沙中的地位和作用[J]. 防护林科技,2006(4):41-43.
- [4] 文东新. 干旱区和半干旱区造林不当会加速荒漠化的进程[J]. 世界林业研究,2002,15(4):76-79.
- [5] 张锦春,廖空太,满多清,等. 民勤绿洲农田防护林结构配置多样性研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(3):53-56.
- [6] 段玉玺,丁国栋,张进虎. 盐池县旱作农田防护林结构及防风阻沙效能研究[J]. 内蒙古林业科技,2008,34(2):6-9.
- [7] 关德新,朱廷曜. 林带结构与抗风能力关系的理论分析[J]. 北京林业大学学报,1998,20(4):119-121.
- [8] Gao Xuebin. Function and structure of the farmland shelterbelts in northern area of Shanxi Province [J]. Journal of Forestry Research, 2002, 13(3):217-220.
- [9] 杨明元. 地表粗糙度计算方法的分析与研究[J]. 干旱区资源与环境,2008,10(4):55-57.
- [10] 周艳莲,孙晓敏,朱治林,等. 几种不同下垫面地表粗糙度动态变化及其对通量机理模型模拟的影响[J]. 中国科学 D 辑,2006,36(S):244-254.
- [11] 周艳莲,孙晓敏,朱治林,等. 几种典型地表粗糙度计算方法的比较研究[J]. 地理研究,2007,26(5):887-896.
- [12] Wiserman G, Kort J, Walker D. Quantification of shelterbelt characteristics using high-resolution imagery [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2009,131(1/2):111-117.
- [13] Hiroyuki Torita, Hajime Satou. Relationship between shelterbelt structure and mean wind reduction[J]. Agriculture and Forest Meteorology, 2007, 145:186-194.