河北省坝上地区牧场防护林的防风效能研究

牛庆花，彭 博，陆贵巧，谷建才
（河北农业大学 林学院，河北 保定 071000）

摘 要：[目的] 揭示河北省坝上地区御道口牧场防护林林带的防风效能，为牧场防护林建设提供理论依据。[方法] 以樟子松防护林林带为研究对象，运用空间多点观测法观测。[结果] 当旷野风速为 3.84 m/s 时，在林后 1（H 为林带平均高度）H 处，风速最小，同时防风效能最大，但随着水平距离的增加风速在逐渐升高而防风效能呈逐渐下降趋势。旷野风速越大，林带防风效能增大，有效防护距离变大。当旷野风速为 5～6 级时，在林内，1 H，5 H 处的防风效能最好，防风效能范围为 67.97%～94.27%。不同垂直高度上防风效能的变化趋势由大到小为：30，50，150，300 cm，风速的分布规律变化趋势与防风效能正好相反，由大到小为：300，150，50，30 cm。[结论] 牧场防护林林带后的 1～10 H 区域是林带的最佳保护区和作用范围，其中林后 1 H 的防风效能最好，但会随着风速和垂直高度的变化而有一定的差异。

关键词：御道口牧场；防护林；风速分布；防风效能
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)04-0114-04 **中图分类号**：S727.2

文献参数：牛庆花，彭博，陆贵巧，等. 河北省坝上地区牧场防护林的防风效能研究[J]. 水土保持通报，2018，38(4)：114-117. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.04.019. Niu Qinghua, Peng Bo, Lu Guiqiao, et al. Windbreak efficiency of pasture shelterbelt in Bashang Area of Hebei Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 114-117.

Windbreak Efficiency of Pasture Shelterbelt in Bashang Area of Hebei Province

NIU Qinghua, PENG Bo, LU Guiqiao, GU Jiancai
(*College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei* 071000, *China*)

Abstract: [Objective] Studying the windbreak efficiency of shelterbelt in Yudaokou pasture in Bashang Area of Hebei Province to provide a theoretical basis for the construction of pasture shelterbelt. [Methods] Taking The *Pinus sylvestris* shelterbelt as the research object, the spatial multi-point observation method was applied. [Results] When the desert wind speed was 3.84 m/s, the wind speed was the smallest at 1 H(H stands for the average hight of the forest shelterbelt) after the forest, and the wind efficiency was the most, but with the increase of the horizontal distance, the wind speed was gradually increased and the wind efficiency gradually decreased. The greater of the desert wind speed, the higher of the windbreak efficiency, and the larger of the effective protection distance. When the wind speed level in the open field was 5～6, in the forest, 1 H and 5 H of the wind protection efficiency were the best, and the wind efficiency range was 67.97%～94.27%. Windbreak efficiency at diffent vertical heights ranked: 30, 50, 150 and 300 cm, and the rank of wind speed distribution was opposite to that of windbreak. [Conclusion] After the pasture shelterbelt of the 1 H to 10 H area is the best protection area and the action scope of the forest belt. The windbreak efficiency of the post forest 1 H is best, but it will vary with the change of wind speed and vertical height.

Keywords: **Yudaokou pasture; shelterbelt; wind speed distribution; windbreak efficiency**

防护林是一种人工建立的改造自然环境使其能够达到人类预想的生态措施，以抵御外部各种环境变化产生的影响。防护林作为生态建设的重要措施，是生态系统的重要屏障，它可以通过林带的动力作用，改变气流的结构，来发挥生态效益，从而提高农作物的产量[1-3]。进入 20 世纪后，国外学者[4]利用风速表观测了防护林附近的风速分布情况，国内许多学者也多方位的研究了防护林的防风效能。如李锋瑞[5]对

收稿日期：2018-02-02 **修回日期**：2018-03-05
资助项目：国家重点研发计划课题“华北土石山区防护林体系定向调控技术研究与示范”(2015BAD07B030202)，“坝上高原及华北北部山地沙化土地治理与沙产业技术研发及示范”(2016YFC0500802)；河北省省级项目(1608483)
第一作者：牛庆花(1992—)，女(汉族)，河北省灵寿县人，硕士研究生，研究方向为森林培育。E-mail：1261662459@qq.com。
通讯作者：谷建才(1963—)，男(汉族)，河北省藁城市人，博士，教授，硕士生导师，主要从事森林经理方面的研究。E-mail：gujiancai@126.com。

科尔沁沙地杨树防护林 4 个不同高度的防风效应进行观测,讨论了不同季节、风向、风速在不同高度上的防风效应表现;吕仁猛[6]对 3 种旷野风速下的农田林网内风速及防风效能进行了分析,结果显示,林网内的风速具有较强的空间自相关性,3 种旷野风速下的主林带背风面都存在较大的降风区域,林带结构和疏透度对防风效应的大小与林后风速的分布特征有重要影响;付亚星[7]分析了不同种类和林网结构农田防护林的防风效能,得出疏透型农田防护林的防风效能最好,且随着高度的增加防风效能呈逐渐下降的趋势。目前,人们对农田防护林的生态效益研究较多,对于牧场防护林的生态效应研究较少。为此,本研究针对围场县北部坝上高原地区的御道口牧场,这里冬季因受北部低气压气流的影响,风天多,风力大,且降水量少,蒸发量大,气候干燥,草原沙化、土地沙化等坏境问题较为严重,影响了御道口畜牧业的发展。为了解决这一问题,于 2002 年营造了牧场防护林,主要种植树种为樟子松(*Pinus sylvestris*)。本研究针对防护林营造后对牧场的改善情况,于 2017 年对 15 年生的樟子松牧场防护林的防风效益进行了研究,旨在揭示牧场防护林的的防护功能,为牧场防护林建设提供理论依据。

1　研究区概况

1.1　自然概况

研究区位于河北省承德市围场县北部坝上地区,东起坝梁,北至塞罕坝国家森林公园,西与内蒙古自治区接壤,南至御道口乡,其地理坐标为北纬 42°07′—42°25′,东经 116°46′—117°26′,总面积 1.0×10^5 hm^2。该区海拔 1 230～1 280 m,属温带大陆季风性气候,常年气温偏低,年均气温为 3 ℃,极端最低温度达－43.2 ℃,极端最高温度有 33.4 ℃;无霜期短,每年无霜期平均 80 d;降水量小,年降水量为 460 mm,干燥度为 1.5～2.2。冬季受北部低气压气流的影响,风天多,风力大,且主害风向为 NW,平均风速为 3.6 m/s,每年风日数(3 级以上)180 d 多。土壤类型有灰色森林土、草甸土、沼泽土、风沙土 4 个类型,土层厚度 10—150 cm。研究地的植被类型主要为草甸草原,植物种类多种多样,有 50 多个科,400 多种。

1.2　牧场防护林概况

通过实地考察和勘踏,根据御道口乡的自然地理和地形地貌特征,选择与主害风方向垂直的典型牧场防护林带,该牧场防护林树种为樟子松,15 年生,主林带林木的平均树高为 3.5 m,平均胸径为 5.4 cm,平均枝下高为 0.3 m,带宽 8 m(4 行),带长 300 m,株行距 1.0 m×2.0 m,带间距 16 m,且林带走向为 NE-SW;副林带林木的平均树高为 3.6 m,平均胸径为 5.5 cm,平均枝下高为 0.4 m,带宽 8 m(4 行),带长 150 m,株行距 1.0 m×2.0 m,带间距 12 m,林带走向与主林带垂直;主林带和副林带都是容器育苗造林,林带林木的保存率较高,为 85%～90%。

2　研究方法

2.1　风速的测定

在被观测牧场防护林林带背风面的中垂线上,以距林带边缘 1 H(H 为林带平均高度),5,10,15,20 H 以及林内设置观测点,且在林外迎风面距林带边缘 30 H 以外设置对照点,在各观测点安置 DEM6 型轻便三杯风向风速仪,该仪器由风向、风速两部分组成,可以测量风向和 1 min 内的平均风速,风速的识别范围为 1～30 m/s,风向的识别范围为 0°～360°。在实际风速测定过程中,分别选取距地面 30,50,150,300 cm 的高度为测点,且各观测点每天需观测 3 次(8:00,14:00,20:00 时),在 10 月要连续观测,11 和 12 月每隔 10 d 观测 1 次。此外,本研究根据 150 cm 高度处林带后各测点的风速值分别研究了各测点的风速分布规律变化、防风效能以及风速对防风效能的影响。

2.2　林带疏透度的测定

疏透度是指林带垂直面上透光空隙的投影面积与垂直面积总投影面积之比,是描述林带结构特征和衡量林带优劣的重要参数[8]。被观测的林带通过使用数字图像处理法,即“数码相机”和“遥感图像处理软件”相结合的方法测定防护林的疏透度[9-10]。用相机拍照后,将其转入计算机中,用相关软件剔除无用信息。首先用 Photoshop 裁定林带断面,同时确定林干、林冠平均高度,乔木树干和树冠疏透度采取分开计算方式,以确保疏透度计算的精确性,最后采用加权法计算得出结果[10]。

$$\beta=(\beta_1\cdot h_1+\beta_2\cdot h_2)/H \tag{1}$$

式中:β——林带平均疏透度;β_1——冠层的疏透度;β_2——树干层的疏透度;H——林带平均高度;h_1——冠层高度;h_2——树干层高度。

2.3　防风效能的计算

相对风速的计算公式为:

$$V_{x,z}=\frac{U_{x,z}}{U_{0,z}} \tag{2}$$

式中:$V_{x,z}$——距防护林带 x 处,高 z 处的相对风速;$U_{x,z}$——距离防护林带 x 处、高度为 z 处的平均风速;$U_{0,z}$——同一高度旷野风的平均风速。

防风效能：指距防护林带 x 处，高度为 z 的风速比旷野风速减少的百分比。

$$E_{x,z}=\frac{U_{0,z}-U_{x,z}}{U_{0,z}}\times 100\% \quad (3)$$

式中：$E_{x,z}$——距防护林带 x 处，高 z 处的防风效能；$U_{x,z}$——距离防护林带 x 处，高度为 z 处的平均风速；$U_{0,z}$——同一高度旷野风的平均风速。

3 结果与分析

3.1 林带后的风速分布特征

由图 1 可知，牧场防护林林带对风速的影响有明显的作用。当风经过林带时，部分气流被林带阻碍而抬升至林带上方，越过林带后，这部分气流在上空形成高风速区域，而在林后，由于上方气流下沉与通过林带的那部分气流相遇形成涡流，使林带背后形成低风速区域[11]，风速随着远离林带而逐渐恢复，直到接近对照风速。各点风速变化的总规律是从 1 H 开始距林带越远风速越大，即在 1～10 H 范围内形成一个风速降低区。其中，林带背后的 1，5 H 区域内风速降低程度最大，可由旷野风速值 3.84 m/s 降低至 2.74～3.27 m/s，风速值降低幅度为 17%～40%。据流体力学湍流运动理论可知，这可能是乱流交换减弱最明显的三角区的原因。而在 5～10 H 区域内风速分布 3.27～3.54 m/s，降低约 8%～17%；在 10～20 H 区域内风速降低程度相对较小，风速分布为 3.54～3.68 m/s，风速降低至约 4%～8%。当水平距离大于 20 H 时，风速值恢复到旷野风速值水平，即草牧场防护林林带失去其防护功能。其相对风速值从 1～20 H 由 0.71 逐渐增加到 0.96，在 1～5 H 范围内相对风速更低，平均为 0.78，充分体现了林带降低风速的空气动力效应。

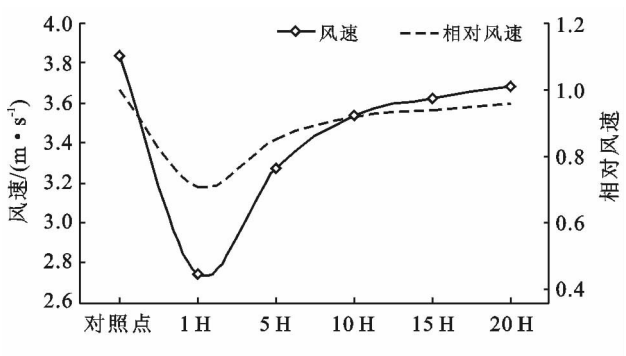


图 1 林带后的风速分布

3.2 风速对林带防风效能的影响

由图 2 可知，旷野的自然风速对牧场防护林林带的防风效能影响较大。从水平距离来看，其防风效能的趋势在林内至 1 H 区间呈增加趋势，1 H 后均呈递减趋势，10 H 之后递减趋势变缓，说明在林内，1 H，5 H 三个点的防风效能最好，10 H 之后防风效能减弱；从不同的风速级来看，不同风速级下林带的防风效能随风速的增加都有不同幅度的增加。以防风效能达到 20%为基准的话，1 和 2 级风速下的有效防护距离为林内至 1 H，3 级风速下的有效防护距离为林内至 5 H，4 和 5 级风速下的有效防护距离为林内至 10 H，6 级风速下的有效防护距离为林内至 15 H，说明随着风速级的增大，林带的有效防护距离变大，即防风效能较好。当旷野风速（5～6 级）较大时，林内，1 H，5 H 这 3 个点的防风效能最好，防风效能范围为 67.97%～94.27%，这符合流体力学中物体与流体的相对运动阻力与相对速度是呈正指数相关的原理。在一定范围内，林带对风速大的气流阻力大，其防风效应也增大。综上所述，风速对林带防风效应和林带有效防护距离均有影响，随着风速的增大，林带防风效应增大，有效防护距离变大。

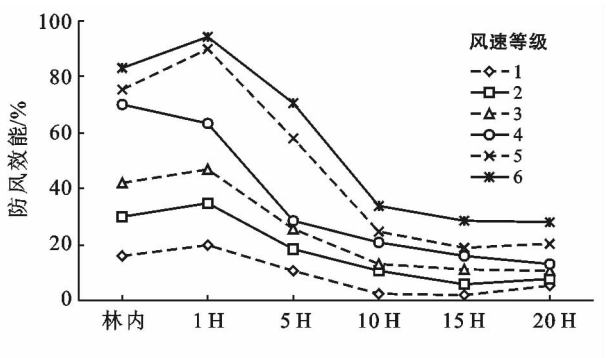


图 2 不同风速级下林带的防风效能

3.3 林带防风效能水平距离上的特征

由图 3 分析可知，牧场防护林林带的防风效能在不同水平距离上有一定的差异。以林带前 30 H 处作为对照，林带后各观测点均有不同程度的防风效益，其中在林带后 1 H 处的防风效能取得最大值，最大值为 28.65%；从林带前 30 H 至林带后 1 H 处，防风效能呈迅速上升趋势；从林带后 1～20 H 处，防风效能则呈下降的趋势，10 H 之后下降趋势变缓。分析其原因是：由于风经过林带的冠层和干层时，气流会被分成两部分风，而林后上方的气流下沉与通过林带的那部分气流相遇形成涡流，使林后具有一定范围的降风区域，故林带后各观测点均有不同程度的防风效益；在林后由于上层气流和穿透林带的气流汇合，防风效能呈逐渐降低的趋势，至林后 20 H 处的防风效能仅为 4.17%。

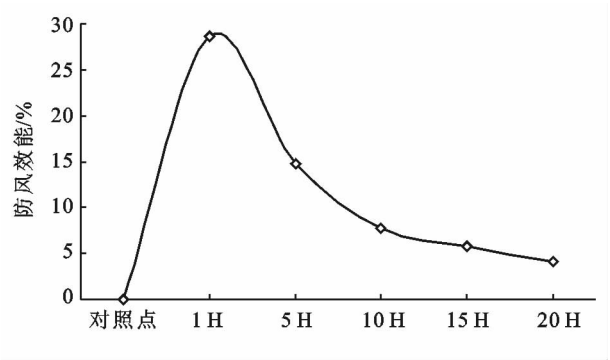


图 3　不同水平距离上的防风效应

3.4　林带防风效能垂直高度上的特征

由图 4—5 分析可知,不同垂直高度上牧场防护林林带的风速及防风效能的分布随距离的变化趋势相似。水平方向上,旷野风速在 30,50,150,300 cm 的高度上的风速均在 1 H 处取得最低值,最小值出现在 1 H 处 30 cm 的高度上,风速为 2.04 m/s,此时防风效能达到最大值,为 33.16%,而后风速呈上升的趋势,防风效能逐渐下降。在林后 20 H 时,300 cm 高度处的风速逐渐恢复到旷野风速,防风效能逐渐下降。该高度处的风速为 4.11 m/s,防风效能仅为 2.03%,说明林带防护林的最大防护距离为林后 20 H 左右。在垂直方向上,在 4 个高度上均表现为随高度的增加,风速增加,防风效能降低的现象。在 1 H 处各高度的防风效能均达到最大,分别为:33.16%,30.72%,28.65%,22.32%。总体来说旷野风在经过林带防护林时在 4 个高度上均出现风速降低的现象,但其防风效能不尽相同,30 cm 高的林带有效防护距离为 1～5 H,50,150,300 cm 高的林带有效防护距离均为 1 H。

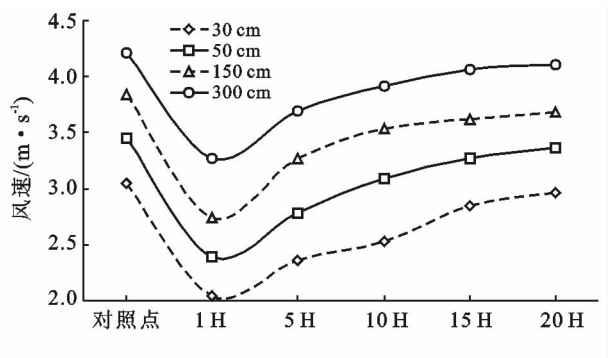


图 4　垂直高度上的风速变化

4　结 论

(1) 牧场防护林林带后的风速分布特征:风速最小值出现在林后 1 H 处,但随着距离的增加,风速在逐渐升高。林带背风面 1～10 H 范围内形成的风速降低区,是林带主要保护区和作用范围。其中,1～10 H 区域内风速值降低幅度为 8%～40%。15～20 H 区域内风速降低程度相对较小,降低约 4%～6%。水平距离大于 20 H 时,风速值恢复到旷野风速值水平。

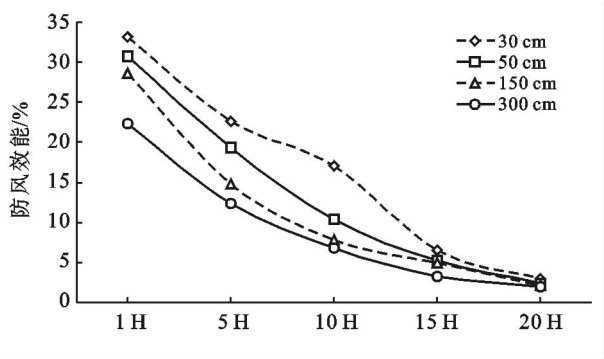


图 5　垂直高度上的防风效能分布

(2) 不同风速级下牧场防护林林带的背风面均形成一定范围的降风区,并且随着风速级的增大,林带的有效防风距离变大,即林带防风效能更明显。当旷野风速为 5～6 级时,林内、1 H,5 H 这 3 个点的防风效能最好,防风效能范围为 67.97%～94.27%,其原因可能是当风速较大时,使树冠的结构发生变化,使一些树枝吹弯成为较密集的植物体,从而降低了林带的疏透度[12]。

(3) 在水平方向上,旷野风经过牧场防护林林带后,在林后 1 H 处防风效能达到最大,最大值为 28.65%;而后逐步减弱,10 H 之后下降趋势变缓,直至林后 20 H 处的防风效能仅为 4.17%。即牧场防护林林带的最大防风距离为林后 1 H,有效防风距离为林后 20 H。

(4) 在垂直方向上,牧场防护林林后防风效能的变化趋势为:30 cm＞50 cm＞150 cm＞300 cm,风速的分布规律与防风效能正好相反,表现为:30 cm＜50 cm＜150 cm＜300 cm。与付亚星、董慧龙、高海楼、杜鹤强等[7,13-15]得出的垂直方向防风效能的规律一致。分析其原因,主要是由于气流在经过林带时受到林带的干扰加之越过林带上部的风和穿过林干的风汇合产生扰动造成的,即牧场防护林改变了风的流场结构。

[参 考 文 献]

[1]　王岩,魏忠平,潘文利,等.辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效益研究[J].水土保持研究,2011,18(4):65-68,73.

[2]　刘骄,黄义雄,叶功富,等.福建沿海主要防护林树种的生物量、凋落物及其对林下土壤养分的影响[J].水土保持研究,2011,18(1):146-152.

(下转第 124 页)

必要对抗蚀促生措施及治理技术进行完善，深入研究，并开展大区域推广示范研究。对以下问题需要进一步研究：①抗蚀促生材料对复合侵蚀的适用性，拓展其阻控多类侵蚀的功能。②砒砂岩区治理的生态承载力约束条件，砒砂岩区生态承载力维持与提升机制。③抗蚀促生材料的促生作用临界及其适用于大范围的施工技术等。另外，还需要深化抗蚀促生技术在砒砂岩区生态综合治理中的作用与应用研究，形成生物—植生固结—工程—砒砂岩改性等综合措施体系及治理模式，实现砒砂岩全区域—侵蚀全类型—生态全要素的综合治理，解决生态系统持续退化的侵蚀环境问题。

[参 考 文 献]

[1] 张金慧，徐立青，耿绥和. 砒砂岩筑坝施工方法初步试验研究[J]. 中国水土保持，2002(10)：31-32.

[2] 刘向军，王玉梅. 浅析砒砂岩水土流失重点治理区的沙棘生态建设[J]. 内蒙古水利，2002(1)：56-57.

[4] 李旭，李海宽. 创建世行贷款项目管理新模式：内蒙古自治区黄土高原水土保持世行项目建设概述[J]. 中国水利，2005(12)：4-46.

[5] 王愿昌，吴永红，李敏，等. 砒砂岩地区水土流失及其治理途径研究[M]. 河南 郑州：黄河水利出版社，2007：1-2，12-126.

[6] 殷丽强，梁月. 砒砂岩区人工沙棘林枯落物的持水性能[J]. 国际沙棘研究与开发，2007(3)：10-13.

[7] 祁永新，刘则荣，王兴中. 黄土高原水土保持二期世行贷款项目蓄水保土效益分析[J]. 水土保持研究，2008，15(5)：204-207.

[8] 毕慈芬，李桂芬. 沙棘在治理砒砂岩地区水土流失中的特殊功能 [J]. 水利水电快报，1998，19(18)：1-3.

[9] 毕慈芬. 砒砂岩地区沟道水土流失的分析[R]// 毕慈芬，李桂芬，于倬德，等. 砒砂岩地区植物“柔性坝”试验研究阶段总报告(1995—1998). 河南 郑州：水利部黄委会黄河上中游管理局，1999.

[10] 苏涛，张兴昌. EN-1 对砒砂岩固化土坡面径流水动力学特征的影响[J]. 农业机械学报，2011，42(11)：490-495.

[11] 毕慈芬，王富贵. 砒砂岩地区土壤侵蚀机理研究[J]. 泥沙研究，2008(1)：70-73.

[12] MOstafa G T，Mohamed K K. Weathering Behavior Investigations and Treatment of Kom Ombo temple sandstone，Egypt：Based on their sedimentological and petrogaphical information[J]. Journal of African Earth Sciences，2016，113：194-204.

[13] Mio K，Gary J，Mike J P，et al. Impacts of land use change on patterns of sediment flux in Weraamaia Catchment，New Zealand[J]. Catena，2005，64(1)：27-60.

[14] Hajer B，Mennoubi S F，Mohamed R B，et al. Slope and rainfall effects on the volume of sediment yield by gully erosion in the Souar lithologic formation (Tunisia) Snane[J]. Catena，2009，78(2)：170-177.

[15] 王伦江，张兴昌，韩凤鹏，等. 晋陕蒙交界地区砒砂岩土陡坡水力侵蚀试验[J]. 人民黄河，2015，37(11)：92-96.

(上接第 117 页)

[3] 贾顺儒. 农田防护林效应的分析[J]. 甘肃农业，2005(5)：28.

[4] 朱廷曜，关德新，等. 农田防护林生态工程学[M]. 北京：中国林业出版社，2000.

[5] 李锋瑞，张华，赵丽娅，等. 科尔沁沙地人工杨树林生态防风效应研究[J]. 水土保持学报，2003，17(2)：62-66.

[6] 吕仁猛，丁国栋，郝玉光，等. 旷野风速对林网内风速分布及防风效能的影响[J]. 水土保持通报，2014，34(2)：105-110.

[7] 付亚星，王乐，彭帅，等. 河北坝上农田防护林防风效能及类型配置研究：以河北省康保县为例[J]. 水土保持研究，2014，21(3)：279-283.

[8] 曹孙新. 农田防护林学[M]. 北京：中国林业出版，1983：103-104.

[9] 关文彬，李春平，李世锋，等. 林带疏透度数字化测度方法的改进及其应用研究[J]. 应用生态学报，2002，13(6)：651-657.

[10] 万猛，潘存德，王梅，等. 农田防护林林带疏透度数字化测定方法及其应用[J]. 干旱区地理，2005，28(1)：120-123.

[11] 张劲松，孟平，宋兆民，等. 我国平原农区复合农林业小气候效应研究概述[J]. 中国农业气象，2004，25(3)：52-55，62.

[12] 张付民，郭洪敬，戴万德. 农田林网防风效应的观测研究[J]. 山东气象，1993(3)：23-27.

[13] 董慧龙，杨文斌，王林和，等. 单一行带式乔木固沙林内风速流场和防风效果风洞试验[J]. 干旱区资源与环境，2009，23(7)：110-116.

[14] 高海楼. 河北坝上农田防护林防风效能及其空间分布研究[D]. 河北 石家庄：河北师范大学，2012.

[15] 杜鹤强，韩致文，颜长珍，等. 西北防护林防风效应研究[J]. 水土保持通报，2010，30(1)：117-120.