

邱梦如, 彭 帅, 郭中领, 等. 河北坝上农田防护林带结构配置——以康保地区为例[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(8): 145–148.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.08.040

河北坝上农田防护林带结构配置 ——以康保地区为例

邱梦如¹, 彭 帅¹, 郭中领¹, 王仁德², 邹学勇³, 胡国云¹, 常春平¹

(1. 河北师范大学资源与环境科学学院/河北省环境演变与生态建设省级重点实验室, 河北石家庄 050024; 2. 河北省科学院地理科学研究所, 河北石家庄 050011; 3. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室/北京师范大学防沙治沙教育部工程研究中心, 北京 100875)

摘要:以河北坝上康保地区农田防护林带为对象, 通过野外调查和试验观测, 对农田防护林带的空间配置方式、树种选择搭配、林带宽度及株行距等进行对比, 并对现有农田防护林带的防风效应进行探讨, 以寻找合适的农田防护林带配置模式。结果表明, 品字形配置方式优于矩形配置方式; 乔灌混交配置方式能够兼顾防风效能、防护距离, 是研究区农田防护林带树种配置的首选; 窄林带的林带结构和防护效益优于宽林带; 疏透型林带宽度一般不超过 10 m, 通风型林带宽度应控制在 10~15 m 范围内; 小青杨在研究区适用的株行距为 2.5 m×3.0 m 或 3.0 m×4.0 m。因此, 康保地区的农田防护林应多种植乔灌混交林, 以品字形配置为主, 林带带宽选择窄林带更佳。

关键词:河北坝上; 农田防护林; 林网结构; 防风效能; 康保县; 配置

中图分类号: S727.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)08-0145-04

土壤风蚀是风对地表土壤的侵蚀、搬运和堆积的过程, 也是风与地表颗粒相互作用的过程。土壤风蚀破坏地表, 造成地表细颗粒物质和土壤养分损失, 导致土地沙漠化或贫瘠化^[1-2], 土壤风蚀在干旱、半干旱区域尤为严重。农田防护林作为生态建设的重要措施, 是农田生态系统的重要屏障^[3-5], 具有明显降低风速、增加土壤湿度、防治土壤风蚀的作用, 是农田土壤风蚀防治的最主要措施之一^[6-8]。防护林带的防护效益与林带疏透度、透风系数、配置方式、行数、株行距等林带结构因子有关^[9], 防护林带建设应遵循“宜林则林、宜灌则灌、林灌结合”的原则^[10-12]。

河北坝上地区农田防护林多建于 20 世纪 60 年代的“三北防护林”工程及 2000 年后的京津风沙源治理工程, 以河北省康保县为例, 1950 年林地面积为 69 hm², 2010 年猛增至 75 944.92 hm²^[13]。河北坝上地区主要的土地利用方式是旱作农田, 且以传统、非保护性耕作方式为主^[14-15], 林草地与农田之间缺乏整体性规划。在农田防护林建设过程中, 单纯重视防护林数量和规模, 林带配置不合理, 树种选择重视乔木、轻视灌木, 树种单一, 多以杨树为主^[16], 加之营造时间较长和管理手段粗放, 大部分的防护林带均处于衰退期或已经死亡, 无法满足保护农田的需求, 土壤风蚀与土质沙化现象十分严重, 是京津特大城市主要沙尘源之一^[17]。本试验以河北坝上

康保县农田防护林为对象, 通过野外调查和试验观测, 选择区域内典型的农田防护林带为目标, 对其结构配置特征展开研究, 为该区域农田防护林体系的建设提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

康保县地处河北省西北部坝上地区, 位于内蒙古高原东南边缘(114°12′~114°56′E、41°25′~42°09′N), 具有明显的大陆性气候特征; 全年多受蒙古高压控制, 干旱少雨, 年均降水量 306.3~409.6 mm, 是河北省降水量相对最少的县(市、区)之一; 年均气温 1.2℃左右, 是河北省热量条件最差的县域之一; 夏季凉爽而短促, 无霜期为 92 d 左右, 极端最高气温为 33.6℃; 冬季严寒漫长, 极端最低气温可达 -36.4℃; 6 级以上大风日数年均均为 60 d 左右, 冬春季节常有雪暴、沙尘暴出现。全县森林覆盖率达 21%, 以杨树、榆树为主。现有农田防护林绝大部分为 20 世纪 60 年代末 70 年代初所营造的, 以乔木为主, 树种主要是杨树, 北部、西北部分布有榆树防护林, 已达到过熟期。

1.2 林带样地选择

2014 年 4 月 18—26 日, 对康保县多个区域进行林带调查。调查林带具有地形平坦开阔、林带前后均有大片农田、地块长度≥20×防护林树高(H)、耕作方式相对一致等特征, 具体参数详见表 1。

1.3 疏透度的测定与计算

疏透度是指林带、林缘垂面上透光孔隙投影面积与垂面总投影面积之比^[18]。对每个调查林带拍摄照片, 采用数字图像处理, 对冠层与干层分开计算, 并采用加权平均法计算出林带的疏透度^[19]。计算公式为:

$$\beta = (\beta_1 H_1 + \beta_2 H_2) / H。$$

式中: β 为疏透度; β_1 为林冠疏透度, 为林冠填充像素点数/林

收稿日期: 2016-01-12

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 41330746); 国家自然科学基金青年科学基金(编号: 41301291); 河北省软科学项目(编号: 13454213D)。

作者简介: 邱梦如(1991—), 女, 河北廊坊人, 硕士研究生, 主要从事生态建设与灾害防治研究。E-mail: qiუმენგრუ1991@126.com。

通信作者: 常春平, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事水土保持与环境评价研究。Tel: (0311) 80787622; E-mail: changchunping@126.com。

表 1 调查林带相应参数

编号	树种	地点	林龄 (年)	行数 (行)	树高 (m)	胸径 (cm)	株行距 (m×m)	林宽 (m)
1	小叶杨	A	19	3	12.3	22.8	2.5×3.0	10
2	北京杨	A	22	3	12.1	21.3	2.5×3.0	10
3	青杨	A	22	5	11.9	23.2	2.0×2.5	15
4	北京杨	A	18	4	11.3	19.1	3.0×4.0	18
5	北京杨	B	20	4	10.9	20.7	2.0×2.5	12
6	青杨	B	22	4	12.4	22.5	2.0×2.5	12
7	青杨	C	22	6	12.2	23.4	2.0×3.0	20
8	榆树	H	29	6	11.6	18.8	2.5×2.5	16
9	青杨	C	22	4	11.7	24.9	3.0×3.0	20
10	榆树	H	29	12	10.7	19.3	2.0×2.0	25
11	枸杞	H	8	2	2.0		0.5×5.0	5
12	榆柠 混交	C	榆 10 柠 10	5 2	4.2 1.5	15.0	1.2×3.0 0.3×12.0	26
13	青杨	C	22	3	12.7	23.6	3.0×3.0	10
14	青杨	D	22	3	12.4	22.9	2.0×3.0	10
15	青杨	D	22	5	11.7	21.3	2.0×2.0	12
16	小叶杨	D	23	4	13.1	22.6	2.0×2.5	12
17	北京杨	E	22	6	12.6	20.7	2.0×2.0	14
18	小叶杨	E	23	6	11.5	23.8	2.0×2.0	14
19	青杨	E	20	4	11.9	25.8	3.0×3.5	15
20	青杨	E	20	3	13.1	28.3	4.0×4.0	15
21	青杨	E	20	3	12.6	23.6	2.5×2.5	8
22	青杨	F	20	9	11.8	18.1	1.5×1.5	18
23	青杨	F	20	8	12.7	22.7	1.5×2.5	26
24	榆杨 混交	G	榆 15 杨 15	4 4	6.9 8.8	10.7 16.3	2.0×2.5	28
25	青杨	G	22	5	13.1	25.2	2.5×2.5	16
26	青杨	G	22	4	11.3	21.7	2.0×2.0	8
27	榆杨 混交	H	榆 18 杨 18	5 5	7.8 10.3	11.6 17.8	2.5×2.5	18
28	榆树	H	29	9	10.8	21.2	3.0×3.0	30
29	榆树	H	29	8	11.2	20.6	2.5×3.0	26
30	榆树	C	36	4	10.9	23.2	3.0×3.0	15
31	榆树	C	36	4	10.2	21.4	3.0×3.0	16

注:A—卢家营二台房村;B—卢家营三台房村;C—李家地镇民善村;D—处长地乡薛家营村;E—闫油坊红围子村;F—满德堂乡李占地村;G—照阳河镇十三脑包村;H—照阳河镇后照阳河村。

冠所在方框内的总像素点数; β_2 为林干疏透度,为林干填充像素点数/林干所在方框内的总像素点数; H 为林带均高, H_1 为林冠均高, H_2 为林干均高。

1.4 林带防风效能观测

选择垂直于主风向的东北—西南走向林带,使用便携式近地层风速廓线仪观测防风效能,最大观测高度为 4 m,配有 9 个风杯,测量风速范围为 0.3~30 m/s。观测距离以防护林树高 H 为单位,在防护林带后 H 、 $3H$ 、 $5H$ 、 $7H$ 、 $10H$ 、 $15H$ 、 $20H$ 及林前对照点处共设置 8 个观测点,每个点观测 15 min,获得林带前后 8 个点的风速数据;用 Oringinlab 9.0 软件对数据进行分析,制作防风效能图,同时以付亚星等的观测数据^[20] 作为补充。

2 结果与分析

2.1 林带树木配置方式

林带内树木一般采取矩形、品字形和随机 3 种布置形

式^[21],而林带疏透度是林带结构合理性的主要量化指标^[22]。调查结果表明,研究区内农田防护林带的林木多以矩形、品字形布置为主;品字形配置的林带能充分利用树木个体空间,在树木个体数相同的情况下可获得更小的疏透度,在同样的线性密度条件下,品字形配置的林带比矩形配置的林带获得的疏透度平均小约 0.9%(表 2);矩形方式配置的林带,树木须减少株行距或增加栽植量以获得较小的疏透度,从而容易导致林带内部树木生长空间缩小,影响树冠形状及枝干发育;研究区内冬季相农田防护林带多为通风结构,平均疏透度为 0.57,说明康保县的防护林带在无叶期透风系数远高于 0.3~0.5 的理想值。

表 2 树木配置方式与疏透度

林带编号	线性密度	配置方式	平均疏透度
1	1.2	品字形	0.53
2	1.2	矩形	0.64
3	1.6	矩形	0.51
15	1.6	品字形	0.45
17	3.0	品字形	0.37
18	3.0	矩形	0.44

2.2 林带树种搭配

研究区农田防护林有纯杨树或榆树乔木林、杨树榆树混交林、杨树或榆树与灌木混交林、灌木林共 4 种类型,且以纯杨树或榆树乔木林为主,而纯林带由于树种单一,林分结构简单,枯死率高,易形成通风结构。调查结果表明,纯林带中,杨树、榆树树种的边行平均胸径分别比内行大 20.1%、33.5%,呈现出明显的“边行效应”(表 3);“杨—榆—榆—杨”行间混交林带由于边行效应,林带边缘乔木发育较好,与内行树高、胸径的发育相比有较大差距,纵断面上呈“凹”形结构,防护效果相对较差;榆树与灌木混交林株间距相对较小,而与灌木生长良好发育、保存率为 71.8% 相比,榆树(乔木)保存率相对较低,为 62.3%(表 4),形成的林分结构下层较紧密,填补了乔木枝下透风空隙,使林带透风空隙较为均匀;康保县灌木林树种以枸杞、柠条为主,发育良好,保存率和覆盖度均较高,形成的林带高度较低,透风空隙均匀,防护效果相对好,但防护距离短。由图 1 可见,榆柠混交林弱风区在 $H\sim7H$ 处, $H\sim20H$ 范围内平均防风效能分别为 28.60%;枸杞灌木林弱风区在 $3H\sim7H$ 处,平均防风效能为 22.32%;乔木林带(杨树纯林带、杨榆混交林、榆杨混交林)的防护范围相对较广,弱风区在 $H\sim10H$ 处,平均防风效能为 18.87%,杨榆混交林、榆杨混交林平均防风效能分别为 16.55%、21.96%;林后防风效能由高到低为榆柠混交林>枸杞灌木林带>杨榆混交林、榆杨混交林>杨树纯林带,但纯杨树、混交乔木林带防风距离相对更远。因此,灌木树种区域适应性较强,防风效能较高,但防护距离相对较小,不适合作为以大田块布局的坝上地区农田防护林建设树种;乔木防护林带尽管防护距离大,有利于稳定防护林结构,但由于其需水量大、存活率低,成林结构较差,防护效能较低,不适合单独作为农田防护林选择树种;而乔灌混交防护林可以有效提升防护林防风效能,且防护林结构相对稳定,可成为研究区农田防护林配置的主体。

2.3 林宽的确定

实地调查发现,研究区防护林带的宽度一般不大于

表 3 纯林带树木的平均胸径与树高

林带编号	树种	行数	边行		内行	
			胸径 (cm)	树高 (m)	胸径 (cm)	树高 (m)
5	北京杨	4	22.6	11.2	18.8	10.6
			23.1	10.8	18.3	11.0
6	青杨	4	24.7	13.2	20.3	11.6
			23.9	12.8	21.1	12.2
16	小叶杨	4	25.8	13.4	19.4	12.7
			23.5	12.9	21.7	13.2
8	白榆	4	25.7	11.3	20.7	10.8
			26.2	10.2	20.2	11.1
10	白榆	4	25.4	10.9	17.4	8.4
			24.7	11.1	18.1	9.3

表 4 不同林带的疏透度与保存率

林带编号	类型	混交方式	树种	行数	疏透度	保存率 (%)
11	灌木	灌木纯林	枸杞	2	0.56	74.5
12	乔灌木	行间混交	柠条	2	0.35	71.8
			榆树	5		62.3
23	乔木	杨树纯林	青杨	8	0.25	63.5
24	乔木	行间混交	榆树	2	0.59	47.6
			杨树	2		62.4
27	乔木	行间混交	榆树	2	0.44	67.5
			杨树	2		63.4

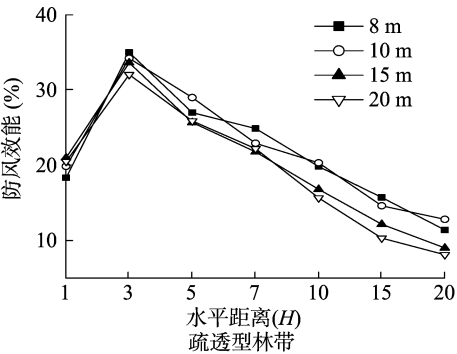


图 2 不同林带宽度的防风效能

杨防护林带为代表,分析其株行距乘数与林木平均胸径的关系时发现,随株行距乘数的增大,青杨树的胸径呈上涨趋势,但在株行距乘数达到 12.00 时胸径上涨趋缓。经拟合,得回归方程为: $y = 15.906 + 1.506x - 0.470x^2$,决定系数 r^2 为 0.952 (图 3)。式中: y 为林带树木平均胸径; x 为株行距乘数。由此可见,株行距对树木形体尺度的发育有直接影响,其影响主要是通过决定单株营养面积而实现的。根据王志刚等对林带冬季相结构参数及透风系数的推导算法^[24],利用朱廷曜等定义的林带地上生物量体积密度^[25],建立生物量体积密度表达式,为:

$$W = [V_0(1 + g)] / (SH).$$

式中: W 为生物量体积密度; V_0 为平均单株材积; g 为枝叶生物量体积与材积比; S 为平均单株营养面积; H 为林高。推导得到全林带生物体积密度 W 与风速削弱系数 k 的关系式为:

$$k = 0.2546 + 0.03298 \ln W.$$

则可得到林带平均单株营养面积为:

$$S = V_0(1 + g) / [H \cdot e^{(k - 0.2546 / 0.03298)}].$$

根据蒋伊尹等给出的林带蓄积量生长模型^[26],推算出平

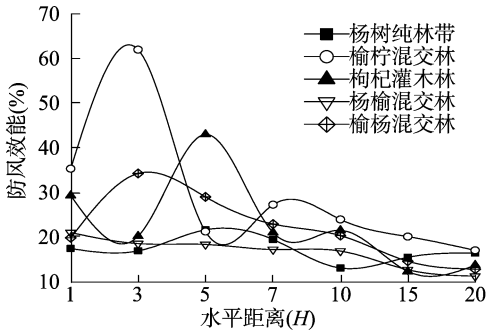
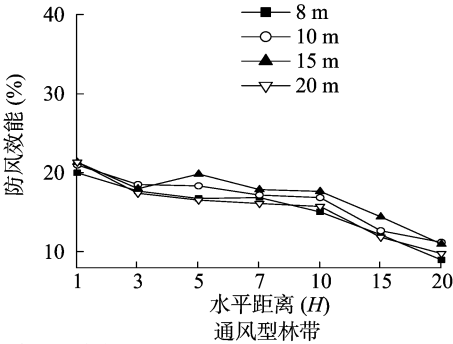


图 1 不同树种搭配林带的防风效能

25 m,行数多为 12 行以内。通过对 8、10、15、20 m 共 4 个林带宽度等级的疏透型、通风型林带防风效应^[23]进行观测发现,疏透型林带(林带编号分别为 26、14、19、7)的疏透度 $\beta \approx 0.55$,通风型林带(林带编号分别为 21、13、20、9)的疏透度 $\beta \approx 0.65$;同一林带型 4 个林带宽度等级的防风效能差异性较小,疏透型林带中 8、10 m 宽度的林带、通风型林带中 10、15 m 宽度的林带防风效能相对较好(图 2)。因此,建议康保县在建设防护林带时,疏透型林带造林宽度控制在 10 m 以内,通风型林带造林宽度应在 10 ~ 15 m 范围内。

2.4 株行距的确定

以坝上地区广泛存在、14 个树龄在 20 ~ 22 年之间的青



均材积 V_0 模型为:

$$V_0 = 0.6757(1 - e^{-0.1144A_0})^{3.33981}.$$

式中: A_0 为初始防护成熟龄。以康保县疏透型林带的带宽 10 m 为例,根据朱廷曜等推算的林带宽度与透风系数、风速削弱系数关系^[27],求得风速削弱系数 k 在 0.061 3 ~ 0.070 2 之间。根据徐文铎提出的小青杨枝叶与材积比及与林龄的关系^[28], g 取值范围设为 0.30 ~ 0.45、小青杨初始防护成熟龄 A_0 为 23.5 年、林高 H 为 15.58 m^[29],求得康保县林带平均单株营养面积 S 在 13.3 ~ 15.6 m² 之间,则株行距可设为 3.5 m × 4.0 m 或 4.0 m × 4.0 m。考虑到研究区风沙灾害主要发生在春季,防护林带正处于冬季相,可将株行距根据防护距离和防护需要调整到 2.5 m × 3.0 m 或 3.0 m × 4.0 m。

3 结论与讨论

利用林带树木配置方式获得理想的林带结构,是防护林带设计与经营的目标,而综合考虑土地利用效率、防护效益及研究区的自然条件,以较少的栽植数量达到目标疏透度是农田防护林带的建设目标。通过对河北坝上康保地区农田防护

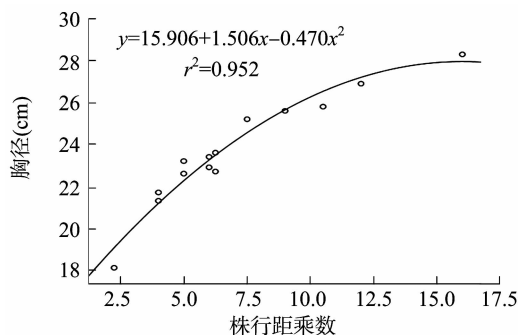


图3 青杨防护林带株行距乘数与胸径的变化关系

林带的空间配置、林网结构及防护效能等进行详细分析可以看出,品字形配置林带内树木是一种有效科学的方式,可以充分利用林带内树木个体,与矩形配置相比,品字形配置林带能够用较少的栽植数量达到更紧密的疏透度;康保当地农田防护林带树种较单一,以杨树乔木纯林为主,而灌木生长状况较乔木在当地适应性相对更好,但灌木防护距离较小,杨树等乔木生长状况差但防护距离大,乔灌混交配置方式能够兼顾防风效能和防护距离,是研究区农田防护林带树种配置的首选;结合前人理论^[30],分析林宽对林带的防风效应可以推断,窄林带的防风效应优于宽林带,疏透型林带带宽一般不超过10 m,通风型林带应控制在10~15 m范围内;以康保区域广泛使用的防护林带树种青杨为例,通过回归分析发现,随株行距的增加,树木胸径呈递增趋势,株行距大于3.0 m×4.0 m,胸径增长趋缓,并推算出适宜的青杨农田防护林带株行距为2.5 m×3.0 m或3.0 m×4.0 m。

须说明的是,野外调查与观测数据来自于康保地区的部分农田防护林带,调查方法与分析手段较为单一,且只选用胸径、树高2个尺度来反映林带的成林状况,不可能完全说明林带结构配置的优劣。另外,由于河北省康保县冬季相无叶期疏透度较小的紧密型林带很难找到,且紧密型林带林宽对防风效应的影响机理较为复杂,本研究并未进行相关分析。因此,在今后的研究中应收集更多数据并采用更加多样化的手段来加以补充和完善。

参考文献:

- [1] 张正偲,董治宝. 土壤风蚀对表层土壤粒度特征的影响[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(12):86-89.
- [2] 张露,韩露昌,王欢元,等. 砒砂岩与风沙土复配后的粒度组成变化[J]. 中国水土保持科学,2015,13(2):44-49.
- [3] 范志平,曾德慧,朱教君,等. 农田防护林生态作用特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):130-133,140.
- [4] 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.
- [5] 朱教君. 防护林学研究现状与展望[J]. 植物生态学报,2013,37(9):872-888.
- [6] 王涛,李孝泽,哈斯,等. 坝上高原现代土地沙漠化的初步研究[J]. 中国沙漠,1991,11(2):39-45.

- [7] 李进,宝音,张强,等. 河北坝上沙漠化土地综合整治优化模式[J]. 中国沙漠,1994,14(4):72-85.
- [8] 曹文生,邢兆凯. 风沙区农田防护林效益的研究[J]. 防护林科技,1999(1):5-6.
- [9] 刘钰华,文华,狄心志,等. 新疆和田地区农田防护林防护效益的研究[J]. 防护林科技,1994(12):8-11.
- [10] 封斌,高保山,麻保林,等. 陕北榆林风沙区农田防护林结构配置与效益研究[J]. 西北林学院学报,2005,20(1):118-124.
- [11] 邵爱英,吴燕,刘文蔚. 宁夏平原农田防护林几种树种配置模式综合效益的初步研究[J]. 北京林业大学学报,1998,20(4):48-53.
- [12] 刘全友. 河北省坝上地区气候与沙化关系研究[J]. 环境科学进展,1994,2(6):47-57.
- [13] 李黎黎. 康保县土地利用覆被变化及安全格局分析[D]. 北京:首都师范大学,2009:8-28.
- [14] 李玄姝,常春平,王仁德. 河北坝上土地利用方式对农田土壤风蚀的影响[J]. 中国沙漠,2014,34(1):23-28.
- [15] 哈斯. 河北坝上高原土壤风蚀物垂直分布的初步研究[J]. 中国沙漠,1997,17(1):9-14.
- [16] 高海楼. 河北坝上农田防护林防风效能以及空间布局研究——以康保县为例[D]. 石家庄:河北师范大学,2012:1-10.
- [17] 高尚玉,张春来,邹学勇,等. 京津风沙源治理工程效益[M]. 北京:科学出版社,2012:10-30.
- [18] 曹新孙. 农田防护林学[M]. 北京:中国林业出版社,1983:100-109.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 朱教君,姜凤岐,范志平,等. 林带空间配置与布局优化研究[J]. 应用生态学报,2003,14(8):1205-1212.
- [22] 张纪林,吕样生. 杨树护田林带疏透度模型及应用[J]. 生态学杂志,1993,12(3):56-60.
- [23] Elmerm Jvan et al. Windbreaks and shelterbelts[R]. WMO Technical Note,1964:59.
- [24] 王志刚,任昱. 林带冬季相结构参数及透风系数的算法推导[J]. 林业科学研究,2012,25(1):36-41.
- [25] 朱廷耀,关德新,吴家兵,等. 论林带防风效应结构参数及其应用[J]. 林业科学,2004,40(4):9-14.
- [26] 蒋伊尹,李凤日,李长胜,等. 杨树防护林生长的研究[C]//向开馥. 东北西部内蒙古东部防护林研究(第一集). 哈尔滨:东北林业大学出版社,1989:59-70.
- [27] 朱廷耀,关德新,周广胜,等. 农田防护林生态工程学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:90-98.
- [28] 徐文铎. 中国沙地森林生态系统[M]. 北京:中国林业出版社,1998:30-40.
- [29] 姜凤岐,朱教君,周新华,等. 林带的防护成熟与更新[J]. 应用生态学报,1994,5(4):337-341.
- [30] Caborn J M. Shelterbelts and microclimate[M]. London: HM Stationery Office,1957:29.