

毛乌素沙区滩地护牧林结构配置的研究

李会科 王忠林 薛智德 廖超英 高国雄 武永昌

(西北林学院 陕西杨陵 712100)

摘 要 研究表明,毛乌素沙区滩地护牧林树种的选择要因地制宜。不同类型林带的防护效益的回归分析模型为 $y=ax^2+bx+c$,模拟结果表明,复合型林带防护效果最好,改善草地植被效益显著。营造复合型护牧林应为疏透型,主林带间距 150~200m,副林带间距 200~300m,带宽 5~8m,株距 1~3m,行数 2~4 行比较适宜。

关键词 毛乌素 护牧林 草地

Study on the Structure and Spacial Pattern of Pastureland Shelters in the Lake Beach of the Maowusu Desert Area

Li Huike Wang Zhongling Xue Zhide Liao Chaoying Gao Guoxiong Wu Yunchang

(Northwestern College of Forestry Yangling Shaanxi 712100)

Abstract The study indicates that species selection of pasture land shelters in the lake beach of the Maowusu desert area must adopt their site quantity. The regression of protection effects of various types of forest belts is $y=ax^2+bx+c$. It is concluded that the dimensional forest-belts have a better protection effects and apparent effects in improving the grassland regetation. Dimensional pasture land shelters should be penetrating types, whose distance between forest main belts should be 150~200m, distance between second forest belts are recomanded as 200~300m, the forest belt form 5~8m wide and row spacing 1~3m, number of rows ranging from 2 to 4 are regarded suitable.

Key words Maowusu pastureland shelters grassland

毛乌素沙区是我国重要的畜牧业基地之一,存在着丰富的草地资源,是我国草地资源的重要组成部分。但本沙区生态系统脆弱,自然条件严酷,气候变化复杂,灾害频繁,有所谓“沙区一场风,从春刮到冬”的谚语。这给本来已经疲惫不堪的草地畜牧业带来很大的自然灾害,往往一次灾害,常对畜牧业生产带来无法估量的损失。仅 1965 年的一次大旱,伊盟牧区就死亡牲畜近 200 万头,受灾牲畜 500 万头,因此,毛乌素沙区草地畜牧业要发展,必须从植树种草,恢复建立稳定平衡的生态体系入手,营造牧场护牧林就是最有效的重要措施之一。营造草地防护林不仅可使草地风速减低,减轻风蚀危害,削弱风对土壤和近地面空气的干燥,而且可以调节草地近地面气温、湿

度,创造有利于草地牧草生长的小气候,同时,护牧林的嫩枝、叶、果实经加工都可以做多种用途的饲料,因此营造护牧林是建设草地,提高草地生产力的重要措施,也是保护草场,防止草地退化、沙化、维持草地生态平衡的有效途径。

若干世纪以来,在治理沙漠的活动中,沙区人民积累了丰富的建设护牧林的经验,比如,以林草为中心的草库仑的建设,建设林牧园等,这些宝贵经验对沙区草地畜牧业的发展起到了显著的作用。但在林草兼收的新型立体草场建设中,护牧林的结构配置是值得合理解决的问题之一。为此,我们对毛乌素沙区滩地护牧林的结构进行了深入的研究。

1 自然概况

毛乌素沙区位于北纬 $37^{\circ}30' \sim 39^{\circ}20'$,东经 $107^{\circ}20' \sim 111^{\circ}30'$,面积近 4 万 km^2 。本区属于荒漠草原—干草原—森林草原的过渡地带,具有典型的中温带气候,年均温 $6 \sim 8^{\circ}\text{C}$,年均降水东南部 440mm,向西延伸至 250mm,60%~70%集中在 7、8、9 三个月。和我国其它沙区相比,毛乌素沙区植物种类较为丰富,草场辽阔,畜牧业发达,牲畜以羊为主,大家畜次之。其中定边盐池的滩羊驰名中外。

2 研究方法

2.1 林带基本情况调查

用目测法测定出林带的疏密度,根据林带林冠和林干层的平均疏密度,结合外部形态特征,确定出林带的结构类型。实测各林带走向、带宽、间距、高度及树种组成、地势、高度、胸径。

2.2 林带的防护性能测定

选择典型林网,对每个林网布置 8 个观测点,分别设在距两侧副林带高倍数且垂直于主林带的中线位置上,并按距主林带背风面 5H、10H、15H、20H、25H 及林前 1H 布设测定点,进行定位定时观测,一日 5 次,测定风速、温度、湿度。对照区选择在不受林带影响,距林带 35 倍高以上的空旷草地,且地势、土质等同网内一致。

2.3 草地生产状况测定

在林网草地内,选择典型样地,在典型样地内,取 $1 \times 1\text{m}^2$ 样方测定草地产量、高度、草群成份,重复三次,求其平均值。

2.4 资料整理和分析

按各类型区进行资料整理,对比分析,结合国内外新的科研成果,对毛乌素沙区滩地护牧林结构配置作出进一步的评价,提出毛乌素滩地护牧林最佳结构配置模式。

3 结果分析

3.1 滩地护牧林生长状况

毛乌素沙区滩地护牧林生长状况见表 1。由表中可以看出,不同的立地条件,对树木的生长有着不同的影响,各树种的生长指标有着不同的差异。下湿滩地、合作杨、旱柳生长分别为 9 年左右的合作杨平均高度 11.8m 左右,胸径 19.2cm,6 年左右的旱柳,平均高 6.0m,胸径 12.5cm,小叶杨长势差,18 年高度才达 6.2m,胸径 8.7cm。风沙干滩地,合作杨生长健壮,6~11 年的合作杨,平均高达 17.6m,胸径达 10.5cm,旱柳生长一般 9~11 年,其高度平均为 8.2m,胸径 11.2cm。盐碱滩地沙枣长势最好,植株健壮旺盛,10 年高达 6~7m,胸径 5~8cm,旱柳生长最差,

13 年的旱柳,高度 8.5m 左右,胸径 10.8cm,合作杨长势一般。

表 1 不同地形树种长势

类型区	树种	长势	平均胸径(cm)	树龄(a)	平均高(m)
下 湿 滩 地	合作杨	一般	17.8	8	80
		一般	19.2	9	11.8
	旱 柳	一般	12.5	6	6.0
		一般	15.1	10	8.85
		弱	8.7	18	6.2
风 沙 滩 地	旱	一般	10.2	9	6.2
	柳	一般	11.2	9~11	8.2
	合作杨	健壮	10.5	6~10	17.6
盐 碱 滩 地	沙 枣	健壮	5~8	10	6~7
	旱 柳	弱	10.8	13	8.5
	合作杨	一般	8.9	8	7.2

从上述分析看到,不同树种对环境的适应能力的差异。对合作杨、旱柳、小叶杨、沙枣比较,小叶杨不适宜在下湿滩地营造护牧林,旱柳不宜在盐碱滩地营造护牧林,而合作杨,抗性好,耐盐碱,适宜作各种护牧林的树种。

3.2 护牧林营造现状形式

3.2.1 网格状 林带为疏透型、紧密型,主林带长 200m 左右,由 2~4 行组成,带宽 4~6m,株间距 2m×2m。副林带长 150m 左右,由单行组成,树种一般乔木为杨树,灌木为沙柳。

3.2.2 片状 其形式为少则几棵树,大到几亩、十几亩的团块状,片状树丛。但团块大小一般 3~0.5 亩,团块内株间距 2~3m,树种组成有榆、旱柳。

3.2.3 带状 带距一般 50~80m,带长依放牧场范围大小而定,一般为 100m,带宽 2~4m,多为单行,林带走向,一种是与主风垂直,一种是与主风平行,树种有乔木旱柳、杨树、灌木沙柳。

3.2.4 复合型 主林带多为杨树组成,多为 2~4 行组成,林带宽 4~6m,带长 500m 左右,结构为疏透型。副林带多为单行,多为杨树组成疏透状,带长 800~1 000m,整体上是由主副林带组成网格形状。在网格内有多为沙柳组成紧密型且平行副林带的灌丛林带。在主、副林带及沙柳组成的区域内,有的随机分布着多由旱柳组成的团块状或片状林,有的则无。

3.3 护牧林的防护效益

通过对 150 多块样地调查,制成滩护牧林不同林带类型在不同疏透度的情况下防护效益调查表(见表 2),表 2 中三项防护效益分别标识为: y_1 ——降低风速, y_2 ——调节温度振幅, y_3 ——湿度调节, x 为林带疏透度。对表 2 不同林带类型的疏透度 x 与其对应值 y_1 、 y_2 、 y_3 分别做散点图,结果表明 y_1 与 x 、 y_2 与 x 、 y_3 与 x 的变化基本是二次曲线,通过对不同类型的二次曲线拟合,其相关系数最高,剩余标准差最小的模型为: $y=ax^2+bx+c$, a 、 b 、 c 为回归系数。对各林带不同疏透度与降低风速、调节温度、调节湿度模拟以后的最佳方程分别列于表 3、表 4、表 5。对表 3、表 4、表 5 中模型方程分别求导,可以得到下列函数关系式:

表 2 不同林带类型不同疏透度与防护效益调查表

林带 类型	编号	X 疏透度	Y ₁ 减低风速	Y ₂ 调节 温度振幅	Y ₃ 湿度调节
网 状	1	11.2%	0.15 %	11.2%	0.15
		13%	0.19%	13%	0.19
		17.6%	0.27%	17.6%	0.27
		19.7%	0.38%	19.7%	0.38
		20%	0.392%	20%	0.392
		20.1%	0.40%	20.1%	0.40
		19%	0.385%	19%	0.385
		18.4%	0.37%	18.4%	0.37
		13.5%	0.28%	13.5%	0.28
		11.7%	0.17%	11.7%	0.17
备注:不同类型林带树高基本相同,x ₁ 、x ₂ 、x ₃ 分别为 H、5H、10H、15H、20H、25H 的平均值。					
林带	编号	X 疏密度	Y ₁ 减低风速	Y ₂ 调节 温度振幅	Y ₃ 湿度调节
片 状	2	15 %	3.0 %	0.05	3%
		20%	4.7%	0.1	4.1%
		25%	5.7%	0.13	5.0%
		30%	6.9%	0.24	7.7%
		33%	7.3%	0.27	8.5%
		40%	9%	0.3	7.6%
		46%	9.4%	0.26	9.0%
		49%	9.2%	0.2	8.2%
		59%	6.9%	0.1	5.9%
		64%	5.3%	0.09	3.9%
带 (与 主 风 垂 直) 状	3	16%	12%	0.17	8%
		24%	14.5%	0.28	12.3%
		37%	15.8%	0.34	15.4%
		30%	17%	0.36	17%
		35%	18.1%	0.38	18.5%
		39%	19%	0.4	19.3%
		44%	19.6%	0.38	19.0%
		58%	16.2%	0.28	15 %
		61%	15%	0.2	13.9%
		67%	13%	0.15	9%
复 合 型	4	16%	17%	0.24	10.1%
		21%	19.6%	0.37	12.8%
		29%	23%	0.58	14.5%
		34%	25%	0.69	16.5%
		40%	28.9%	0.79	19.8%
		46%	28.7%	0.74	19.1%
		49%	27.8%	0.67	18.7%
		51%	26.5%	0.6	17.5%
		55%	24.0%	0.48	15.6%
		60%	21%	0.35	13.2%
		65%	18%	0.23	11.0%

表 3 不同林带疏透度与降低风速的数学模型

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{11} = -1.432x_{11}^2 + 1.151x_{11} - 0.035$	0.916
片 状	2	$y_{12} = -0.785x_{12}^2 + 0.679x_{12} - 0.058$	0.931
带 状		$y_{13} = -1.052x_{13}^2 + 0.9x_{13} - 0.003$	0.897
复合型		$y_{14} = -1.846x_{14}^2 + 1.553x_{14} - 0.05$	0.919

表 4 不同林带型疏透度与调节温度的数学模型

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{21} = -1.059x_{21}^2 + 0.88x_{21} - 0.025$	0.928
片 状	2	$y_{22} = -0.907x_{22}^2 + 0.752x_{22} - 0.07$	0.915
带 状	3	$y_{23} = -1.36x_{23}^2 + 1.533x_{23} - 0.136$	0.969
复合型	4	$y_{24} = -1.783x_{24}^2 + 1.738x_{24} - 0.053$	0.895

表 5 不同林带疏透度与调节湿度的数学模型

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{31} = -3.713x_{31}^2 + 3.131x_{31} - 0.277$	0.924
片 状	2	$y_{32} = -3.643x_{32}^2 + 2.964x_{32} - 0.331$	0.797
带 状	3	$y_{33} = -3.789x_{33}^2 + 3.073x_{33} - 0.235$	0.901
复合型	4	$y_{34} = -9.105x_{34}^2 + 7.355x_{34} - 0.75$	0.962

$$\frac{\Delta y_{11}}{\Delta x_{11}} = -2.864x_{11} + 1.151$$
$$\frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} = -1.57x_{11} + 0.679$$
$$\frac{\Delta y_{13}}{\Delta x_{13}} = -2.154x_{13} + 1.151$$
$$\frac{\Delta y_{14}}{\Delta x_{14}} = -3.566x_{14} + 1.533$$

由 $\frac{\Delta y_1}{\Delta x}$ 与 x 的关系式可以推出 $\frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} < \frac{\Delta y_{13}}{\Delta x_{13}} < \frac{\Delta y_{11}}{\Delta x_{11}} < \frac{\Delta y_{14}}{\Delta x_{14}}$ ，假若不同类型林带的疏透度在同一范围内变动且变幅相同，即： $\Delta x_{11} = \Delta x_{12} = \Delta x_{13} = \Delta x_{14}$ ，那么可由上述不等式得出 $\Delta y_{14} > \Delta y_{11} > \Delta y_{13} > \Delta y_{12}$ ，由此不等式可知，防风效益与林带的结构关系密切，不同的林带结构防风效益存在着明显差异，其中复合型林带的防风效果最好，显然由于林带结构复杂、气流受到多条林带的支解及层层阻挡后，风力依次减弱的结果。依据上述程序，同样可以推出不同林带类型、温度、湿度随疏透度的大小关系，由结果来看，复合型林调节草地空气温度及相对湿度能力最好，网状及带状林居中，片状林效果最差。

3.4 护牧林对草地植被的影响

表 6 35%~45%疏透度不同林带结构郁闭度对草地植被的影响

结构类型	编号	X 郁闭度	Y ₁ (万/m ²) 产草量	Y ₂ 草群成份	Y ₃ (cm) 草群高度
网 状	1	0.1	1.55	52%	11.4
		0.17	1.552	52.6%	11.42
		0.25	1.556	53.4%	11.50
		0.38	1.558	54%	11.54
		0.47	1.562	55.1%	11.61
		0.55	1.568	56.2%	1.70
		0.66	1.575	57.6%	11.94
		0.77	1.60	59.2%	12.22
		0.81	1.61	60.1%	12.35
		0.85	1.63	62.5%	12.39

续表 6

结构 类型	编号	X 郁闭度	Y_1 (万/m ²) 产草量	Y_2 草群成份	Y_3 (cm) 草群高度
片 状	2	0.12	1.25	40%	10.5
		0.2	1.258	41.5%	10.57
		0.27	1.235	42.2%	10.66
		0.36	1.247	43.3%	10.78
		0.47	1.259	44.5%	10.92
		0.55	1.271	45.9%	11.08
		0.63	1.283	46.2%	11.12
		0.7	1.292	46.6%	11.18
带 (与 主 风 垂 直) 状	3	0.74	1.296	47.2%	11.20
		0.82	1.3	47.8%	11.28
		0.1	1.5	50%	11.1
		0.2	1.512	51.7%	11.22
		0.25	1.515	52%	11.26
		0.31	1.52	52.4%	11.29
		0.4	1.531	53.1%	11.41
		0.48	1.542	54.7%	11.61
复 合 型	4	0.53	1.556	55.2%	11.68
		0.65	1.568	56.3%	11.81
		0.7	1.571	56.9%	11.84
		0.84	1.578	58.2%	12.15
		0.1	1.62	65%	11.3
		0.20	1.63	65.8%	11.41
		0.25	1.634	66.2%	11.48
		0.31	1.643	66.8%	11.53
		0.40	1.652	67.3%	11.68
		0.55	1.68	68.7%	12.04
		0.60	1.689	69.2%	12.18
		0.66	1.693	69.6%	12.32
		0.77	1.715	72.1%	12.5
		0.82	1.724	72.8%	12.64
		0.85	1.73	73.2%	12.7

由此可见,在毛乌素沙区滩地护牧林中,复合型林带结构无论是调节温度、提高湿度,还是降低风速,其作用显著。

不同林带类型在 35%~45%情况下,不同郁闭度对草地植被的影响见表 7。表 7 中 x 代表郁闭度; y_1 代表产草量; y_2 代表草群成份; y_3 代表草群高度。通过对不同林类型林带 y 与其对应产草量 x_1 、草群成份 x_2 、草群高度 x_3 分别做散点图 x 与 y_1 ; x 与 y_2 ; x 与 y_3 的变化为二次曲线,其最佳变化模型为 $y=ax^2+bx+c$, a,b,c 为回归系数。不同林带类型与产草量、草群成份、草群高度的模拟方程分别列于表 7、表 8、表 9。

表 7 35%~45%疏透度不同林带结构郁闭度与产草量的数学方程

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{11}=0.194x_{11}^2-0.1x_{11}+1.565$	0.953
片 状	2	$y_{12}=0.159x_{12}^2-0.059x_{12}+1.25$	0.876
带 状	3	$y_{13}=0.206x_{13}^2-0.123x_{13}+1.485$	0.912
复合型	4	$y_{14}=0.063x_{14}^2+0.089x_{14}$	0.885

表 8 35%~45%疏透度不同林带结构郁闭度与草群成份的数学方程

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{21}=0.122x_{21}^2+0.004x_{21}+0.522$	0.975
片 状	2	$y_{22}=0.117x_{22}^2+0.234x_{22}+0.359$	0.766
带 状	3	$y_{23}=0.208x_{23}^2+0.117x_{23}+0.49$	0.915
复合型	4	$y_{24}=0.390x_{24}^2+0.02x_{24}+0.65$	0.892

表 9 35%~45%疏透度不同林带结构郁闭度与草群高度的数学方程

林带类型	编号	方 程	相关系数
网 状	1	$y_{31}=2.147x_{31}^2-0.723x_{31}+11.494$	0.889
片 状	2	$y_{32}=0.487x_{32}^2+1.618x_{32}+10.276$	0.892
带 状	3	$y_{33}=0.597x_{33}^2+0.887x_{33}+11.002$	0.885
复合型	4	$y_{34}=1.069x_{34}^2+0.945x_{34}+11.166$	0.893

对于表 7、表 8、表 9,y 对 x 分别求导,并对其结果进行对比可知,不同林带类型对草地产量的影响大小依次为复合型、网状型、带状林及片状林带。对草群成份及牧草高度的影响同样也有类似的规律,显而易见,复合型林带对草地植被影响最大,草地增产显著,能大幅度提高优良牧草在草群中的占有率。

3.5 复合型护牧林技术指标的分析确定

3.5.1 林带的疏透度 林带的疏透度对林带的防护效能作用很大,据我们对滩地复合型护牧林的测定,在相同风力等级,林带间距及带高相近似的情况下,两者之间的关系随着林带疏透度的增大而防风效果增加,达到一定值即适宜疏透度时防风效果最佳,随之则又变小。

表 10 林带结构特征与防风功能关系表

项目 带号	林带疏透度(%)			风效率 (%)
	林冠层	林干层	平均	
1—(1)	29	61	45	25.0
2—(2)	30	66	48	20.0
3—(3)	31	63	47	44.5
4—(1)	33	63	48	26.7
5—(4)	36	66	51	21.5

由上表中可以看出:同一结构林带,由于具有不同的平均疏透度,其防风效果存在着差异。表中 3—③号疏透度 47%,防风效果为 44.5%,而 2—⑤号林带疏透度 48%,防风效率仅 20%,这是因为尽管平均疏透度相似,但由于分层疏透度不同,对气流结构破坏的强度不同,气流消耗的功能也就有差别,防风效果明显不同,前者林冠疏透度 31%,后者 30%,前者可有 1/3 透光面积,相当气流穿过,其受到枝叶碰撞,气流结构破坏力大,功能消耗多,而后者则因为透光孔隙面积小,仅少量气流通过,而林干层后者疏透度 63%,使一部分风气流受到阻力要比后者大,总的气流能量消耗大,故防风效果高。由此可见,使复合型林带具有高的防护效率,就需要在整个林带纵断面上有一定的透光孔隙面积,由表中看到,复合型滩地护牧林林带林干层 60%左右,林冠层 30%,平均疏透度在 45%~48%间最合适。

3.5.2 林带间距 林带间距是影响林带防风效果的重要因素,间距过大,气流在通过林带一定距离后就很快恢复到旷野风速,使防风效果下降。适宜的距离,使气流通过林带后还未恢复

到旷野的风速又遇到下一个林带的阻挡,故防护作用高。

毛乌素沙区主要的灾害是风沙危害。每年春冬通常出现大风速,对畜牧业造成大的损失。据榆林、神木、定边三县气象站的资料,风害以大于 17m/s 的大风多,当地风速到六级(即风速 $\geq 12\text{m/s}$)时,就能造成风蚀沙压的危害。

据我们调查测定,使风速降低 35% 以上的林带有效防护间距 150~200m 较妥当;按上述条件,本区主林带间距应为 150~200m,副林带间距考虑到该地地势广阔平坦,放牧家畜对放牧场面积的要求,取副间距为主间距的 1.8 倍较宜。国内外研究结果表明,同样面积条件下,长方形网格的防护性能好,而且长方形小区有利于正确地组织放牧和更好地利用放牧场,因此副间距为 200~300m。

表 11 林带栽植行数、宽度与林带疏透度的关系

林带宽度(m)	林带行数	株行距(m)	平均疏透度	林带号
4.9	2	1.7×1	48	1-1(南)
6	2	1×1.5	45	1-1(东)
6.9	4	1.6×1.6	47	2-3(北)
5.8	2	1.0×5.3	43	2-2(南)
8.5	5	1.7×2	45	3-6(北)
6.9	6	1.6×1.6	38	2-1(南)

3.5.3 适宜栽植行数、宽度的确定 林带宽度的合理与否,关系到林带的结构和防护能力大小。林带的宽度是通过影响林带的透风状况而影响其防护效果的。据我们调查测定(见表 11)。2~4 行带宽 4.9~8.1m,可形成疏透度 45%~48% 的透风状况。表中 1-4(北)号林带和 3-6(北)号林带宽都是 8.5m,前者 4 行,株行距 1m×6m,窄株距,宽行距,后者 5 行,株行距 1.7m×2m;宽株距,窄行距,结果都形成了疏透度 45% 的林带。2-1(南)林带宽 6.9m,6 行,株行距 1.6m×1.6m,形成疏透度 38% 的林带,而 1-1(南)号林带 4.9m 宽 2 行,株行距 1.7m×1m,形成林带疏透度为 48%。由此可见,形成理想的林带疏透度,可采用少行数,小宽度的林带,以滩地复合型护牧林的建设中,林带宽 5~8m,株行距 1~3m,行数 2~4 行比较适宜。

4 结 论

1、滩地护牧林树种选择,要因地制宜,一般小叶杨不宜中下湿滩地营造护牧林,旱柳不宜在盐碱滩地营造护牧林,而合作杨,抗性好,耐盐碱,适宜作各种类型的滩地护牧林的树种。

2、当前营造的滩地护牧林类型中,以复合型护牧林效果最好,不仅防护效益高,而且对提高草地产草量,改善草地植被效果显著。

3、营造复合型护牧林应为疏透型,主林带间距 150~200m,副林带间距 200~300m 较合适,带宽 5~8m,株行距 1~3m,行数 2~4 行比较适宜。