

# 毛乌素沙地防风固沙林结构与效益研究

廖超英 李广毅 高国雄 李会科 王忠林 薛智德

(西北林学院 陕西杨陵 712100)

**摘 要** 以生物量和降低风速百分率等为指标,对毛乌素沙地各立地条件类型上不同结构防风固沙林进行了分析,为各立地类型选择了若干种优化的防风固沙林结构模式。

**关键词** 毛乌素沙地 防风固沙林 结构模式 立地类型

## Research on the Structure and Function of Sand-binding and Wind Control Forests in Maowusu Sand Land

Liao Chaoying Li Guangyi Gao Guoxiong Li Huike Wang Zhonglin Xue Zhide

(Northwest Forestry College, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract** Sand-binding and wind control forests with different structures under various site conditions in Maowusu sand land are evaluated in the view of their biomass production, wind speed reducing percentage and other indexes. Several optimized structure models are recommended for various site types.

**Key words** Maowusu sand land sand-binding and wind control forest structure model site type

### 1 前 言

毛乌素沙地风沙活动频繁,不仅给当地农牧业生产及人民生活带来严重危害,而且危及邻近地区人们的生产、生活。建国以来,毛乌素沙区开展了卓有成效的治沙造林工作,造林保存面积达101.06万 $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。从而使不少地区风沙危害得到了控制和减轻,促进了农林牧各业的发展,不仅改善了生态环境,而且取得了一定的经济效益。然而,由于对各种立地条件下防风固沙林的结构与效益缺乏系统的研究,出现了很多造林成效不大,生态效益和经济效益不理想的问题,使林地的生产潜力未能得到充分发挥,影响了沙区经济的发展和群众造林的积极性。为了改变上述状况,把防风固沙林营造引向科学化、规范化和集约化方向,本文根据朱灵益等“七五”期间为毛乌素沙地划分的立地条件类型,在分析对比不同结构防风固沙林生长情况和防风固沙作用的基础上,分别为毛乌素沙地东、中、西部各立地类型筛选出若干种优化的防风固沙林结构模式。

为了完成该项研究,课题组成员走遍了毛乌素沙地各类型区,与西北林学院水保系87级二

① 收稿日期:1995—03—20

班,88级二班及89级二班同学一起,共调查防风固沙林标准地1226块,并引用部分“七五”期间的标准地调查资料。现将调查分析结果总结于下。

## 2 毛乌素沙地的自然条件

毛乌素沙地位于北纬 $37^{\circ}30'$ ~ $39^{\circ}20'$ ,东经 $107^{\circ}20'$ ~ $111^{\circ}30'$ ,面积4万 $\text{km}^2$ ,海拔1000~1600m。属温带大陆性季风气候,年平均气温 $6.0\sim 8.5^{\circ}\text{C}$ ,1月平均气温 $-9.5\sim -12^{\circ}\text{C}$ ,7月平均气温为 $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。水分状况明显地形成由东南向西北递变的梯度,年平均降水量东南部为440mm,向西递减至250mm。7~9月降水量占全年降水量的60%~70%。全年蒸发量达1800~2500mm,干燥度1~2.5。光照充足,全年日照时数2700h以上。每年3~5月西北风盛行,常达6~8级,大于5m/s的起沙风平均每年出现220~580次。随着水热条件由东南向西北逐渐变化,植被从草原化森林草原地带逐渐向典型干草原地带、荒漠草原地带过渡。

## 3 调查研究方法

### 3.1 准备工作

首先收集毛乌素沙地的气象、地貌、土壤、植被、水文以及社会经济等方面的有关资料和图件,研究和制定调查方案。然后,对调查区进行路线踏查,使标准地分布均匀,并且具有代表性。

### 3.2 标准地调查

根据朱灵益等“七五”期间为毛乌素沙地划分的立地条件类型,对不同结构的防风固沙林进行标准地调查。

3.2.1 乔木调查 在典型地段设置面积为600~1000 $\text{m}^2$ 的标准地,其株数在100株以上,郁闭度大于0.4。每本检尺,按其生长分为5级:I级优势木、II级次优势木、III级中等木、IV级被压木、V级枯死木。测平均树高、胸径、林分郁闭度,计算材积。每块标准地伐优势木、平均木各一株,做树干解析。并进行立地因子调查和灌木、活地被物调查。

3.2.2 灌木调查 选择有代表性的林分设置30m×10m标准地,分成3个10m×10m大样方,按随机抽样或沿对角线测10~15丛灌木的丛高、丛幅、地径和分枝数,以其平均值为依据选取标准丛,测标准丛的生物量,并换算出标准地的生物量。同时,调查标准地的立地因子和活地被物。对于踏郎和沙地柏在10m×10m的大样方内均匀再设12个1 $\text{m}^2$ 小样方,测株高、株数和地径,计算平均值,选取两个平均小样方调查生物量。

### 3.3 防风效应调查

在固沙林标准地内均匀布设2~3个测点,在林外流动沙丘的相对应部位设对照观测点1个。同时启动风速表,测定距地表1.5m处的风速,连续观测5次,取平均值。

## 4 调查结果与分析

毛乌素沙地中部(干草原地带)是毛乌素沙地的主体,面积占近90%;东部面积很小,从气候上来说,开始向森林草原过渡,但由于沙基质的覆盖,植被与中部差异不大,适宜于在中部造林的树种同样适宜于东部;西部属于由干草原向荒漠过渡的荒漠草原地带,面积只占10%<sup>[1][2]</sup>,许多造林树种与中部地区相同。因此,为了简化分析,本文首先以毛乌素沙地中部为基础分析防风固沙林的结构与效益,然后分析东部、西部特有防风固沙林的结构与效益。

### 4.1 沙丘迎风坡上部防风固沙林结构与效益

从表 1 可以看出,沙丘迎风坡上部不同结构防风固沙林的生物量大小依次为:踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条纯林、花棒纯林、沙柳×踏郎混交林、紫穗槐×踏郎混交林、沙柳×花棒混交林、沙柳×沙棘混交林、紫穗槐纯林、沙柳纯林。踏郎纯林、花棒×踏郎混交林及柠条纯林的生物量是沙柳纯林及紫穗槐纯林的 3~4 倍。沙柳、紫穗槐与踏郎组成的混交林,其生物量只有踏郎纯林的一半。这是由于沙丘迎风坡上部风蚀严重,水分条件差,喜湿而不耐风蚀的沙柳、紫穗槐生长不良造成的。花棒生长良好,但花棒纯林的生物量不高,这是因为花棒的自然保存密度较小。在外业调查和整理资料过程中发现花棒冠幅大,植株高,单丛生物量高,但由于密度小,单位面积的生物量较低。

表 1 沙丘迎风坡上部不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	生物量 (kg/亩)	冠幅 (m <sup>2</sup> )	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
柠条纯林	4~6	1×1.5	73.81	1.20	良好	24.8	薄片状
花棒纯林	4~6	2×2	51.34	1.51	良好	16.2	薄片状
踏郎纯林	4~6	1×2	111.75	—	良好	27.4	薄片状
沙柳纯林	4~6	1.5×2	24.09	1.34	差	11.6	无
紫穗槐纯林	4~6	1.5×2	27.11	1.04	差,枯梢	12.9	粉末状
沙柳×踏郎	4~6	1.5×2	50.31		(沙柳)差	17.1	薄片状
沙柳×花棒	4~6	1.5×2	43.02		(沙柳)差	18.4	粉末状
紫穗槐×踏郎	4~6	1×2	48.47		(紫穗槐)差	20.3	薄片状
花棒×踏郎	4~6	1.5×2	98.49		良好	31.7	薄片状
沙柳×沙棘	4~6		39.51		差	14.5	无

不同结构防风固沙林的防风效果,以花棒×踏郎混交林最好,可降低风速 31.7%,其次为踏郎纯林和柠条纯林,分别可降低风速 27.4%和 24.8%。沙柳纯林和紫穗槐纯林防风效果最差,可降低风速约 12%。防风效果主要决定于灌丛自然保存密度、枝叶密度以及株高。踏郎萌蘖性强,多群丛生长,密度大,防风固沙效果好。花棒虽然植株高大,抗风蚀能力强,在流动沙丘上生长发育良好,但由于枝叶稀疏。自然保存密度低,花棒纯林的防风效果较差。如果将花棒与踏郎混交,可以取长补短,提高其防风效益。沙柳、紫穗槐在迎风坡上部生长不良,相应的防风效果也不佳。

表 2 沙区迎风坡上部乔木防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	新梢生长量 (cm)	树高 (m)	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
合作杨纯林	10	2×4	7.4	2.3	很差	7.9	无
旱柳纯林	10	3×4	21.3	2.6	很差	10.4	无

合作杨纯林和旱柳纯林在沙丘迎风坡上部生长及其固沙效益均很差(见表 2),新梢生长量分别只有 7.4cm 和 21.3cm,分别可降低风速 7.9%和 10.4%,林地表面无沙结皮形成。

综合考虑沙丘迎风坡上部不同结构防风固沙林的生物量、防风效果和生长情况,在沙丘迎风坡上部应该营造踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条纯林以及花棒纯林。其造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

4.2 沙丘迎风坡中下部防风固沙林结构与效益

由表 3 可以看出,沙丘迎风坡中下部各种防风固沙林的生物量大小顺序为:踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条×花棒混交林、柠条纯林、沙柳×紫穗槐混交林、紫穗槐纯林、沙柳×花棒混交林、沙柳纯林、花棒纯林、沙蒿纯林。其中踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条×花棒混交林以及柠条纯林的生物量显著高于其它类型。沙柳×紫穗槐混交林、紫穗槐纯林的生物量也达 70kg/亩以上。

表 3 沙丘迎风坡中下部不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	生物量 (kg\亩)	冠幅 (m <sup>2</sup> )	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
踏郎纯林	4~6	1.5×2	147.65		良好	30.8	薄片状
花棒纯林	4~6	2×2	53.25	1.59	良好	20.7	薄片状
柠条纯林	4~6	1.5×2	87.23	1.18	良好	26.9	片状
沙柳纯林	4~6	1×2	58.74	1.30	中等	15.8	粉末状
沙蒿纯林	4~6	1×2	37.81	0.84	中等	18.6	片状
紫穗槐纯林	4~6	1.5×2	71.21	0.93	中等	29.1	片状
柠条×花棒	4~6	1.5×2	96.41		很好	37.4	片状
沙柳×花棒	4~6	1.5×2	60.13		中等	21.9	薄片状
花棒×踏郎	4~6	1.5×2	110.69		良好	33.5	片状
沙柳×紫穗槐	4~6	1.5×2	77.03		中等	28.3	薄片状

各种结构防风固沙林的防风效果好坏,与生物量大小的趋势基本一致。与空旷地相比,降低风速的百分率大小依次为:柠条×花棒混交林、花棒×踏郎混交林、踏郎纯林、紫穗槐纯林、沙柳×紫穗槐混交林、柠条纯林、沙柳×花棒混交林、花棒纯林、沙蒿纯林、沙柳纯林。

与沙丘迎风坡上部相比,沙丘迎风坡中下部水分条件较好,风蚀较轻,各种结构防风固沙林的生长状况均优于迎风坡上部,生物量明显提高,防风效果有所改善(见表 1、表 3)。其中,以紫穗槐纯林和沙柳纯林的生物量增加幅度最大。

沙蒿为半灌木,植株高度低,冠幅小,其生物量和削弱风速的能力都比较小。花棒因枝叶稀疏,保存密度小,生物量和防风能力也比较低。

表 4 沙丘迎风坡中下部乔木防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	新梢生 长量(cm)	树高 (m)	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
合作杨纯林	11	2×3	8.3	2.6	小老树	13.6	薄片状
旱柳纯林	10	4×4	27.1	2.8	枯梢	8.1	粉末状
樟子松纯林	17	1.5×2	38.5	5.6	良好	28.4	块状
油松纯林	17	1.5×2	35.0	4.9	良好	29.9	块状

从表 4 可知,在沙丘迎风坡中下部,合作杨、旱柳生长不良,防风效果差。11 年生合作杨平均树高仅 2.63m(栽植树苗高约 1.7m),新梢生长量 8.3cm,生长基本上处于停滞状态。而樟子松、油松在沙丘迎风坡中下部生长良好,生长量大,防风固沙效果好。加之樟子松、油松具有较高的经

济价值,因此,应扩大其造林面积。

樟子松、油松对沙割、沙埋、风蚀危害都十分敏感,造林时必须采取保护措施。可与紫穗槐、沙柳等行间混交,即在流动沙地提前 1~2 年搭设紫穗槐、沙柳活沙障,当沙障高达 0.5~1m 时,将樟子松、油松栽植在沙障背风面 0.5~0.8m 处。

综合上述分析,在沙丘迎风坡中下部宜营造樟子松(油松)×紫穗槐(沙柳)混交林、踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条×花棒混交林、柠条纯林、紫穗槐纯林和沙柳×紫穗槐混交林。其造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

表 5 丘间地不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	生物量 (kg\亩)	冠幅 (m <sup>2</sup> )	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
沙柳纯林	4~6	0.5×2	88.17	1.95	优	9.6	片状
沙棘纯林	4~6	1.5×3	337.54	—	优	14.2	块状
沙蒿纯林	4~6	1×2	56.18	0.81	良好	7.5	片状
紫穗槐纯林	4~6	1.5×2	94.78	1.27	优	11.4	块状
花棒纯林	4~6	1×3	59.37	1.86	良好	6.3	片状
踏郎纯林	4~6	1.5×3	155.66	—	良好	8.2	片状
柠条纯林	4~6	1.5×2	93.32	1.31	良好	10.7	片状
花棒×踏郎	4~6	1.5×2	107.51		良好	11.8	片状
花棒×柠条	4~6	1.5×2	91.47		良好	9.5	片状
紫穗槐×柠条	4~6	1.5×2	90.37		良好	13.4	块状
紫穗槐×沙柳	4~6	1.5×2	123.74		优	12.8	片状
紫穗槐×花棒	4~6	1.5×2	79.11		良好	10.2	片状
紫穗槐×踏郎	4~6	1.5×2	118.86		良好	9.9	片状
沙柳×沙棘	4~6	1.5×2	375.27		优	13.7	块状
沙柳×花棒	4~6	2×2	72.09		良好	8.9	片状
沙柳×踏郎	4~6	1×2	133.43		良好	8.6	片状
沙柳×柠条	4~6	1×2	84.51		良好	11.9	片状
沙地柏×踏郎	4~6	1.5×2	128.97		良好	9.7	片状
踏郎×柠条	4~6	1.5×2	115.54		良好	9.4	片状

4.3 丘间地防风固沙林结构与效益

丘间地水分条件好,风小,无风蚀,有轻微积沙,是沙地立地条件最好的地方。因此,防风固沙林的类型多,生长好,并且乔木树种增加(见表 5、表 6)。

在丘间地上,表 5 所列各种灌木防风固沙林生长旺盛,生物量大。其中,以沙柳×沙棘混交林和沙棘纯林的生物量最高,分别达 375.27kg/亩和 337.54kg/亩。与沙丘迎风坡各部位相比,生物量明显提高,以紫穗槐×沙柳混交林、沙柳纯林和紫穗槐纯林生物量增长幅度最大。

从表 6 可以看出,与沙棘混交的合作杨、小叶杨及早柳生长良好,其新梢生长量分别达 84.4cm、74.9cm 和 57.2cm。靠近背风坡坡脚的河北杨“前挡”林带和合作杨“前挡”林带,新梢生长量分别达 78.9cm 和 66.5cm,11 年生平均树高分别为 9.1m 和 8.4m。丘间地上的樟子松纯林、樟子松×沙柳混交林及油松×紫穗槐混交林生长正常,新梢生长量达 37.2~42.4cm,17 年生平均树高达 5.2~5.8m。

丘间地上,固沙植物生长好,生物量大,并且风小。这有利于有机质积累,促进沙面结皮形成。由表 5、表 6 可见,在各种乔、灌木林下,基本上都形成了片状或块状的沙结皮。丘间地是弱风区,风很小或无风,因此,各种防风固沙林降低风速的作用不很明显,一般可降低风速 10%左右。

表 6 丘间地乔木防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	新梢生 长量(cm)	树高 (m)	生长 状况	固沙效益		备 注
						降低风速(%)	地表结皮状况	
合作杨纯林	11	1×1.5	66.5	8.4	良好	8.6	粉末状	背风坡脚前挡 林带(2行)
合作杨×沙棘	11	2×4	84.4	10.2	良好	15.4	块状	
小叶杨纯林	10	2×3	56.1	7.1	中等	9.2	片状	
小叶杨×沙棘	10	2×3	74.9	8.8	良好	11.3	块状	
小叶杨×花棒	10	2×3	59.7	7.4	中等	10.9	片状	
小叶杨×柠条	10	2×3	53.1	6.8	中等	13.5	片状	背风坡脚 前档林带
河北杨纯林	11	1.5×2	78.9	9.1	良好	9.4	薄片状	
旱柳纯林	10	4×4	40.1	7.2	良好	7.9	薄片状	
旱柳×沙棘	10	4×4	57.2	7.9	良好	12.8	块状	
榆树纯林	11	2×3	36.3	4.6	中等	7.6	片状	
樟子松纯林	17	1.5×2	42.4	5.8	良好	9.7	片状	
樟子松×沙柳	17	1.5×2	40.6	5.6	良好	10.1	块状	
油松×紫穗槐	17	1.5×2	37.2	5.2	良好	13.7	块状	

表 7 平缓沙地不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	生物量 (kg\亩)	冠幅 (m <sup>2</sup> )	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
沙棘纯林	4~6	1.5×2	427.47	—	优	27.3	块状
沙柳纯林	4~6	0.5×2	89.18	1.80	优	18.9	薄片状
踏郎纯林	4~6	1.5×3	143.11	—	良好	23.1	片状
紫穗槐纯林	4~6	1.5×2	76.62	1.19	良好	16.7	片状
花棒纯林	4~6	1×3	58.77	1.78	良好	14.0	粉末状
柠条纯林	4~6	1.5×2	113.49	1.21	良好	19.4	片状
沙柳×沙蒿	4~6	1×2	71.61		良好	14.6	薄片状
紫穗槐×踏郎	4~6	1.5×2	93.12		良好	17.5	片状

丘间地立地条件好,适合多种植物生长。为了充分发挥林地的生产潜力,提高经济效益,应在适地适树的基础上,选择经济价值高的树种造林,如沙柳、沙棘、樟子松、油松、合作杨、河北杨、小叶杨和旱柳等。沙柳是发展“柳编”,出口创汇的原料。沙棘不仅本身经济价值高,而且有改良土壤,促进其他树种生长的作用。上述乔木树种在发挥防风固沙作用的同时,可提供木材。因此,在丘间地应营造沙柳纯林、沙棘纯林、沙柳×沙棘混交林、紫穗槐×沙柳混交林、合作杨(小叶杨)×沙棘混交林、樟子松(油松)×沙棘(紫穗槐)混交林以及旱柳×沙棘混交林等,在靠近背风坡坡脚处营造河北杨或合作杨林带。其造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

4.4 平缓沙地防风固沙林结构与效益

平缓沙地,风蚀和沙埋都比较轻,立地条件较好。由表 7 可以看出,各种灌木固沙林生长状况良好,生物量较高。其生物量大小依次为沙棘纯林、踏郎纯林、柠条纯林、紫穗槐×踏郎混交林、沙柳纯林、紫穗槐纯林、沙柳×沙蒿混交林和花棒纯林。其中,沙棘纯林的生物量高达 427.47kg/亩,是其它固沙林生物量的 3~7.3 倍。各种灌木防风固沙林削弱风速的能力大小与生物量大小的排列次序基本一致,沙棘纯林和踏郎纯林防风效果最好,分别可降低风速 27.3%和 23.1%。这是由于沙棘、踏郎生长密度大,枝叶稠密,对气流的阻力大。

表 8 平缓沙地乔木防风固沙林生长状况及其固沙效益

典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	新梢生 长量(cm)	树高 (m)	生长 状况	固沙效益	
						降低风速(%)	地表结皮状况
合作杨纯林	10	2×3	36.6	5.3	较差	13.8	薄片状
旱柳纯林	10	4×4	44.7	7.1	中等	16.6	薄片状
油松纯林	12	1.5×2	36.3	3.4	良好	20.1	片状
樟子松纯林	12	1.5×2	38.6	3.7	良好	19.4	片状
合作杨×沙棘	10	2×4	67.4	7.5	中等	23.7	片状

表 9 毛乌素沙地东部不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

立地 类型	典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	新梢生 长量(cm)	树高 (m)	生长 状况	固沙效益	
							降低风速(%)	地表结皮状况
沙丘迎风 坡上部	合作杨纯林	10	2×3	6.7 生物量	2.4	差	8.3	粉末状
	臭柏纯林	6	1.5×2	103.49kg/亩		良好	17.5	薄片状
沙丘迎风	合作杨纯林	10	2×2	12.6	2.8	差	14.7	粉末状
坡中下部	杜松纯林	12	1.5×2	37.3	3.6	良好	21.6	片状
丘间地	合作杨纯林	10	2×3	58.2	7.3	良好	9.9	片状
平缓	合作杨纯林	10	2×2	41.3	5.9	中等	12.4	片状
沙地	旱柳纯林	10	4×4	47.6	7.1	良好	16.9	片状

表 8 列出了平缓沙地上几种乔木林的生长状况及其固沙效益。可以看出,针叶树种樟子松和油松生长良好,新梢生长量分别达 38.6cm 和 36.3cm。阔叶林中,合作杨纯林生长较差,新梢生长量只有 36.6cm,而合作杨×沙棘混交林和旱柳纯林生长较好,新梢生长量分别为 67.4cm 和 44.7cm。防风效果以合作杨×沙棘混交林最好,其次为油松林和樟子松林,旱柳纯林和合作杨纯林较差。这是因为沙棘与合作杨混交后,不仅促进了合作杨生长,而且与合作杨形成了结构紧密的林分,能够有效地削弱风速。樟子松、油松枝叶稠密,耐干旱,耐贫瘠,在沙地上生长良好,加之密度较大,因而对气流的阻挡作用强。

综合以上分析,在平缓沙地造林可选用沙棘纯林、踏郎纯林、柠条纯林、紫穗槐×踏郎混交林、沙柳纯林、樟子松纯林、油松纯林、旱柳纯林以及合作杨×沙棘混交林。另外,为了促进樟子松、油松、旱柳和沙柳的生长,提高其防风固沙效益,可设计以下几种混交林:樟子松(油松)×沙棘混交林、旱柳×沙棘混交林及沙柳×沙棘混交林。造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

4.5 毛乌素沙地东部防风固沙林结构与效益

毛乌素沙地东部水分条件好,但由于沙基质的覆盖,植被与中部差异不显著,上述各种适宜于中部地区的防风固沙林结构模式同样适宜于东部地区。下面根据东部调查资料,分析防风固沙林的结构与效益,选出东部特有的防风固沙林模式。

毛乌素沙地东部面积小,属于沙地类的土地面积更小,防风固沙林的结构类型少,主要是合作杨纯林。合作杨在不同立地条件下生长差异很大(见表 9)。不同立地类型上合作杨新梢生长量和 10 年生平均树高的大小顺序为:丘间地、平缓沙地、沙丘迎风坡中下部和迎风坡上部。

由表 9 可以看出,沙丘迎风坡上部的臭柏纯林和迎风坡中下部的杜松纯林生长良好,防风作用强,而合作杨纯林在沙丘迎风坡上生长很差,防风作用也很弱。在平缓沙地上,合作杨生长虽然

比在迎风坡上好,但是不如旱柳。平缓沙地上的旱柳纯林新梢生长量达 47.6cm,可降低风速 16.9%。丘间地上的合作杨纯林生长最好,新梢生长量达 58.2cm,10 年平均树高 7.3m,可降低风速 9.9%。

由上述分析可知,适合于毛乌素沙地东部的防风固沙林有:臭柏纯林(沙丘迎风坡上部)、杜松纯林(沙丘迎风坡中下部)、合作杨纯林(丘间地)以及旱柳纯林(平缓沙地)。其中臭柏纯林和杜松纯林是东部地区特有的,其造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

4.6 毛乌素沙地西部防风固沙林结构与效益

毛乌素沙地西部处于由干草原向荒漠过渡的荒漠草原地带,中部干草原地带的部分防风固沙林结构类型也适用于西部。为了适合西部的水分条件,造林密度应适当减小。下面分析毛乌素沙地西部特有防风固沙林的结构与效益。

表 10 毛乌素沙地西部不同结构防风固沙林生长状况及其固沙效益

立地 类型	典型结构	林龄 (a)	株行距 (m)	生物量 (kg/亩)	新梢生长 量(cm)	生长 状况	固沙效益	
							降低风速(%)	地表结皮状况
沙丘迎风坡上部	白柠条纯林	4~6	1.5×2	76.80		良好	18.9	粉末状
沙丘迎风坡中下部	白柠条纯林	4~6	1.5×2	88.62		良好	22.7	薄片状
丘间地	沙枣纯林	10	2×3		53.8	良好	12.6	片状
平缓沙地	怪柳纯林	4~6	1.5×2	169.16		良好	10.2	片状
	白茨纯林	4~6	1.5×2	67.26		良好	7.8	薄片状
	沙枣纯林	10	2×3		56.5	良好	19.6	片状
	榆树纯林	10	2×3		38.6	中等	13.9	粉末状
	怪柳纯林	4~6	1.5×2	153.24		良好	14.3	片状
	白茨纯林	4~6	1.5×2	68.31		良好	9.4	薄片状

由表 10 可以看出,白柠条在沙丘迎风坡生长良好,生物量可达 76.80~88.62kg/亩,防风效果好,可降低风速 18.9%~22.7%。丘间地上的沙枣纯林、怪柳纯林及白茨纯林生长旺盛,分别可降低风速 12.6%、10.2%和 7.8%。沙枣纯林的新梢生长量达 53.8cm,10 年生平均树高达 6.9m。怪柳纯林和白茨纯林的生物量分别为 169.16kg/亩和 67.26kg/亩。虽然白茨林的生物量远远低于怪柳纯林,但由于白茨匍伏于沙面,能够有效地遮蔽地面,固沙作用显著。在平缓沙地上,沙枣纯林和榆树纯林的新梢生长量分别为 56.5cm 和 38.6cm,分别可降低风速 19.6%和 13.9%;怪柳纯林和白茨纯林生长良好,生物量分别为 153.24kg/亩和 68.31kg/亩,分别可降低风速 14.3%和 9.4%。

毛乌素沙地西部降水少,淋溶作用弱,土壤含盐量较中部和东部地区高,因而增加了白柠条、怪柳、白茨、沙枣、榆树这些更耐干旱和盐碱的树种。这些树种不仅适应性强,固沙作用好,而且有些树种具有较高的经济价值,如沙枣、白茨等。

由上述分析可知,表 10 所列毛乌素沙地西部特有的各种防风固沙林生长及其固沙效果好,适用于毛乌素沙地西部,其造林模式见本集“毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究”。

5 结 论

1. 沙丘迎风坡上部风蚀严重,水分条件差,喜湿而不耐风蚀的合作杨、旱柳、沙柳、紫穗槐、沙棘等生长不良,生物量低,防风固沙效果差。花棒、踏郎、柠条适应性强,在迎风坡上部生长良好,由它们组成的纯林、混交林不仅生物量较高,而且防风效果好。
2. 与沙丘迎风坡上部相比,沙丘迎风坡中下部风蚀较轻,水分条件较好,各种结构防风固沙

林的生长状况均优于迎风坡上部,生物量及防风效能都有所提高。在沙障保护下,可栽植耐干旱、耐贫瘠的樟子松、油松。栽植 17 年的樟子松林和油松林,树高可达 4.9~5.6m,可降低风速近 30%,并且在沙地表面形成块状结皮。灌木防风固沙林以踏郎纯林、花棒×踏郎混交林、柠条×花棒混交林、柠条纯林、沙柳×紫穗槐混交林及紫穗槐纯林的生物量大,防风效果好,可降低风速 26.9%~37.4%。

3. 丘间地立地条件好,防风固沙林的结构类型多,生长好,生物量大,并且乔木树种增多。各种防风固沙林下,基本上都形成了片状或块状的沙结皮。由于丘间地位于弱风区,本身风很小,因此,防风固沙林削弱风速的作用不大,一般可降低风速约 10%。丘间地适合多种植物生长,并且风很小,在此条件下,应选择经济价值高的树种造林,以提高经济效益。可选择以下结构类型:沙柳纯林、沙棘纯林、沙柳×沙棘混交林、紫穗槐×沙柳混交林、合作杨(小叶杨)×沙棘混交林、樟子松(油松)×沙棘(紫穗槐)混交林、旱柳×沙棘混交林以及河北杨或合作杨“前挡”林带。

4. 平缓沙地上,灌木防风固沙林以沙棘纯林、踏郎纯林、柠条纯林、紫穗槐×踏郎混交林和沙柳纯林的生物量较高,防风效果较好。乔木林以樟子松纯林、油松纯林、旱柳纯林及合作杨×沙棘混交林的生长状况和防风效果为好。

5. 毛乌素沙地东部水分条件好,除了适于中部地区的各种结构类型防风固沙林可用于东部外,臭柏纯林和杜松纯林是东部特有的防风固沙林。臭柏纯林在沙丘迎风坡上部生长良好,生物量达 103.49kg/亩,可降低风速 17.5%;在沙丘迎风坡中下部,杜松纯林 10 年平均树高达 3.6m,可降低风速 21.6%。

毛乌素沙地西部降水少,淋溶作用弱,土地含盐量较中部和东部地区高,出现了白柠条、怪柳、白茨、沙枣、榆树这些西部特有的更耐干旱和盐碱的树种,白柠条纯林在沙丘迎风坡生长良好,生物量达 76.80~88.62kg/亩,可降低风速约 20%。在丘间地和平缓沙地上,怪柳纯林、白茨纯林、沙枣纯林及榆树纯林生长良好,可降低风速 7.8%~19.6%。

#### 参考文献

- 1 朱灵益等.毛乌素沙地乔灌木立地质量评价.北京:中国林业出版社,1993,1~4,47~49
- 2 北京大学地理系等.毛乌素沙区自然条件及其改良利用.北京:科学出版社,1983,171~210