

# 呼伦贝尔林草交错区沙地樟子松林群落结构特征分析

元征征<sup>1,2</sup>, 李政海<sup>2</sup>, 贾树海<sup>1</sup>, 张明<sup>3</sup>, 鲍雅静<sup>2</sup>, 朱凌红<sup>4</sup>

(1. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 大连民族学院 环境与资源学院, 辽宁 大连 116600;  
3. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042; 4. 内蒙古锡林郭勒盟环保监测站, 内蒙古 锡林郭勒 026000)

**摘要:**通过对内蒙古呼伦贝尔林草交错区沙地樟子松林和沙地草原进行实地调查, 选取沙地草原、活化沙地松林、火烧迹地松林、坡地松林和保护区内松林共 5 个样地, 统计分析了各类型樟子松林群落结构特征。结果表明: 受森林发育状况、人为干扰影响和林木密度等条件的影响, 活化沙地樟子松林与其它 3 处受到良好保护的林地, 在树高、胸径、冠幅等各个群落结构指标都表现出显著差异, 活化沙地樟子松林生长高度和树木粗细参差不齐, 胸高树围变化范围较大, 冠型呈伞形, 林木密度远小于林分适宜密度, 地面沙地活化裸露, 草本层发育不良。其它 3 处位于山地森林区的沙地樟子松林, 由于受到较好保护, 3 个样地的树木高生长良好, 树高均高于活化沙地樟子松林, 林木密度与各自林分适宜密度相差较小。该研究工作揭示了不同环境条件下沙地樟子松林群落发育特点, 为加强林草交错区和草原区沙地保护与沙地治理, 通过建植适宜的森林植被提高区域风沙防护功能、水土保持功能和提高绿色植被的碳汇功能提供了科学依据。

**关键词:**林草交错区; 樟子松林; 群落结构; 生物多样性

**中图分类号:**S 791. 253(226) **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2012)20—0079—06

沙地樟子松(*Pinus sylvestris*)林是间断分布于东北地区大兴安岭以西呼伦贝尔草原沙地上的寒温性天然针叶林群落, 系欧洲赤松向东延伸在沙地森林生境下发育形成的特殊类型, 具有重要的防风固沙生态功能<sup>[1-3]</sup>。建群种樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.) 是欧亚温带广布的欧洲赤松的东方变种, 为第三纪孑遗植物, 是北温带成分中达乌里植物区系的代表成分, 在物种起源、进化、演替和新物种培育的研究及应用中是极珍贵的基因资源。根据樟子松天然林的分布生境、树干和冠形等特点可将其分为山地樟子松林和沙地樟子松林。沙地樟子松天然林主要分布在呼伦贝尔沙地辉河南北岸、红花尔基林业局、伊敏河、海拉尔河沿岸以及莫和尔图等区域, 并形成一个弓形分布带<sup>[4]</sup>, 其核心分布区位于内蒙古呼伦贝尔草原的沙质地上, 特别是固定、半固定沙丘上。沙地樟子松林在该区东南部的红花尔基一带发育最好, 分布成片, 密度大, 已被列为国家级自

然保护区和种源基地<sup>[5-6]</sup>。

呼伦贝尔沙地樟子松林作为我国重要的种源基地, 有很多学者就樟子松林的种子植物区系<sup>[7]</sup>、植物属的分布区类型<sup>[8]</sup>、林下植物多样性<sup>[9]</sup>、遗传多样性与主要生态因子的相关性<sup>[9]</sup>、樟子松林生长状况及结实规律<sup>[10]</sup>以及林火的影响<sup>[11]</sup>等方面开展了大量的研究工作, 而作为各地广泛引种的固沙造林植被, 人们也开展了天然樟子松林种内种间竞争<sup>[12]</sup>、樟子松林天然更新状况<sup>[4]</sup>、樟子松林衰退的原因及防治对策<sup>[13]</sup>等方面的研究工作。特别是在全球气候变化背景下, 人们也开展了樟子松林碳密度与碳储量和土壤有机碳储量方面的研究<sup>[14-15]</sup>。而关于不同环境条件下沙地樟子松林群落结构特征的专门研究较少<sup>[16]</sup>。

群落结构是由群落的植物种类组成以及不同种类生长高度差异所决定的垂直结构所反映的植物群落外貌特征, 它是群落中不同植物种类之间以及各种植物与环境相互作用的综合反映, 群落结构状态对环境具有明显的指示作用。而群落物种组成所反映的生物多样性对生态系统的功能、过程具有重要的作用, 生物多样性是控制生态系统稳定性、生产力、养分动态等生态功能的重要因素<sup>[17-20]</sup>, 而生物多样性的变化也会受到气候、海拔和人类活动等多种因素的影响<sup>[21-24]</sup>。现选择呼伦贝尔鄂温克旗东部沙带分布在不同地形与土壤条件下的樟子松林, 通过林木调查与地表草本群落分析, 揭示

**第一作者简介:**元征征(1987-), 女, 硕士, 现主要从事土地利用与信息技术工作。E-mail: huangshuodeyouxiang @126.com.

**责任作者:**李政海(1962-), 男, 博士, 教授, 现主要从事区域生态学研究。

**基金项目:**环境保护部公益性行业科研专项资助项目(201109025-3、200909021); 国家自然科学基金资助项目(30970494); 大连民族学院自主科研基金资助项目(DC110105)。

**收稿日期:**2012—06—11

不同环境条件下樟子松林的群落特征与发育状况,为林草交错区沙地资源的保护与合理利用,提高生态系统的碳增汇功能提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区涉及到红花尔基沙地樟子松林,位于北纬 $47^{\circ}36' \sim 48^{\circ}35'$ ,东经 $118^{\circ}58' \sim 120^{\circ}32'$ 之间,是呼伦贝尔沙地的南端、大兴安岭西坡中部向内蒙古高平原的过渡带。属于中温带半湿润、半干旱大陆性季风气候。年平均气温为 $1.5^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量为 $344\text{ mm}$ ,干燥度为 $1.33$ 。该研究区内的地貌类型是以垄状、波状起伏的沙地地貌类型为主,海拔在 $700 \sim 1\,100\text{ m}$ ,但是在沙丘间分布有广阔的草原;西南坡为迎风坡,长而缓;东北坡为背风坡,陡而短。在该研究区内,樟子松林和草原交错分布,形成呼伦贝尔林草交错的森林草原景观。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样地的设置 调查选取具有代表性和典型性的

表 1 沙地樟子松林调查样地环境综合特征

Table 1 The environment characteristics of sandy mongolian pine in the survey sample

样地名称	经纬度	地貌类型	土壤类型	植被特征
沙地草原	$119^{\circ}47'01.28''\text{E}, 49^{\circ}09'51.49''\text{N}$	沙地 丘陵	风沙土	沙地草地,为冰草-小禾草群落,人工栽植的松树幼苗零星分布,草本植物长势较好
活化沙地松林	$119^{\circ}47'23.31''\text{E}, 48^{\circ}58'19.79''\text{N}$	沙地 丘陵,活化沙地	风沙土	林下草本很少,沙地表面几近裸露,树木分布不均。树木林龄变化较大,最大林龄约为 $38\text{ a}$ 左右
火烧迹地松林	$120^{\circ}11'24.77''\text{E}, 48^{\circ}16'38.74''\text{N}$	山地区,为山麓平地	$36\text{ cm}$ 以上土层为黑沙土,以下为浅色沙土	火烧迹地,树干有火烧痕迹,草本植物生长茂盛。林龄约为 $30 \sim 32\text{ a}$
坡地松林	$120^{\circ}00'45.63''\text{E}, 48^{\circ}15'35.78''\text{N}$	山地区,坡地中上部	固定沙土	土层表面覆有苔藓,草本植物生长稀疏,长势细弱。林龄约为 $31 \sim 33\text{ a}$
保护区内松林	$119^{\circ}56'40.96''\text{E}, 48^{\circ}06'54.96''\text{N}$	山地区,为山麓平地	黑沙土	樟子松纯林,樟子松幼苗多,更新良好,草本植物生长茂盛。林龄约为 $36 \sim 39\text{ a}$

1.2.2 资料分析 对获得的各个样地的乔木数据分别进行整理分析,主要从树高、胸径、郁闭度来进行对比分析。林下草本样方内的草本群落齐地面刈割后,取其地上生物量,在烘箱中 $65^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重后称干重,然后再计算总生物量,进而分析不同样地的生物量的差异,在此基础上,分析不同生境下的物种丰富度与多样性。

## 2 结果与分析

### 2.1 樟子松林乔木层群落结构分析

由表2与图1~4可知,不同样地的樟子松林群落,受地理环境和林木密度等条件的影响,其树高、胸径、丛幅等各个群落结构指标都表现出显著差异,其中以活化沙地樟子松林与其它3处受到良好保护的林地之间的差异最为明显。活化沙地樟子松林样地位于居民点附近,林下有明显的放牧利用痕迹,沙丘明显活化。在该调查样地内,沙丘阴坡常生长有山丁子灌丛,高度约为 $1.5\text{ m}$ ,冠幅为 $1.5 \sim 3\text{ m}$ ,另有3丛锦鸡儿灌丛生长,也有极少数的沙黄柳分布,其数量以沙丘阳坡较多。在没

呼伦贝尔林草交错区的沙地森林和山地森林为对象进行研究,主要包括红花尔基林场、辉河林场、头道桥林场和红花尔基樟子松保护区内。根据呼伦贝尔的遥感影像,结合当地的地形特征,采用典型取样法设置样地<sup>[25-26]</sup>。选取具有代表性的典型区域进行样地调查,其中设置乔木层样方为 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ ,并在每个样方内,沿样方的对角线上设3个面积大小为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方,调查林下灌木和草本的生长分布状况。调查的内容主要包括植物群落物种组成、群落盖度、群落中每个物种的高度、盖度等,分种统计植物盖度、高度、树木胸高直径、生长状况、分布状况等指标,记录项目包括乔木的树高、胸、林龄;灌木和草本的高度、盖度、多度、株数;经纬度、海拔、坡向、坡度、坡位、土壤类型并采取土样等生境因子。该调查共选取了5个样地,分别为沙地草原、活化沙地松林、火烧迹地松林、坡地松林、保护区内松林,各个样地的环境综合特征见表1。

有樟子松生长的较大的林间空地偶尔可见榆树生长。由图1可知,该样地的樟子松的树高与胸径数据分散,树木的平均树高仅为 $8.31\text{ m}$ ,变化在 $5 \sim 14\text{ m}$ 。受人为干扰与沙地活化的影响,样地内的樟子松生长高度和树木粗细参差不齐,胸高树围变化范围较大,介于 $9 \sim 181\text{ cm}$ 。但该样地内树木的胸高树围和树高之间存在较好的正相关关系,胸径越大,树高越高。统计数据分析得到,该样地树木的胸径大部分在 $0 \sim 50\text{ cm}$ 与 $50 \sim 100\text{ cm}$ ,分别占到 $44\%$ 和 $33\%$ 。该样地有 $50\%$ 树木的高度在 $10 \sim 15\text{ m}$ 。而且样地内生长有43株松树幼苗,长势较好,散落分布,说明该样地树木的自我更新良好。

火烧迹地松林、坡地松林、保护区内松林3个样地是位于山地森林区的沙地樟子松林,由于受到较好保护,3个样地的树木高生长良好,平均树高均比活化沙地松林的树木高出2倍之多,尤其以红花尔基保护区内的樟子松林样地树木生长高度最大,样地内平均树高达 $27.85\text{ m}$ ,高于活化沙地松林样地2倍以上。由图2~4

可知,这3处样地中的樟子松树木各自的生长高度都相差不大,火烧迹地松林样地内的树木林龄约在30~32 a,树高主要集中在17~22 m,而林龄约为31~33 a的坡地樟子松林,绝大多数树木的生长高度为18~24 m,比较而言,林龄约在36~39 a的红花尔基保护区内松林样地内的树木生长高大,树高集中分布在18~34 m。与树木生

长高度不同,3处样地内树木的粗生长变化幅度较大,其中火烧迹地样地内树木的胸高树围多数在80~140 cm,而坡地森林的胸高树围变化在10~160 cm,相对集中的胸高树围范围为60~160 cm,保护区内树木的粗生长比较均一,总体变化范围是40~120 cm,其中粗细程度在80~120 cm的树木数量最多。

表 2

沙地樟子松林群落结构特征

Table 2

The community structure characteristics of sandy mongolica forests

样方号	平均树高/m	树高范围/m	平均胸径/cm	胸径范围/cm	平均丛幅/m	丛幅范围/m	丛幅与树高之比	密度/株·hm <sup>-2</sup>	郁闭度
活化沙地松林	8.31	5~14	66.93	9~181	4.14	1~14	1:2	188(583)	0.26
火烧迹地松林	18.63	8~22	105.56	30~139	6.44	2~10	1:3	164(241)	0.53
坡地松林	20.57	5~25	88.15	12~156	5.07	1~8	1:4	492(389)	0.97
保护区内松林	27.85	18~33	95.03	37~123	4.76	1~8	1:6	580(441)	0.98

注:密度一栏中括号内的数字为按树冠冠幅测算的林分适宜密度。

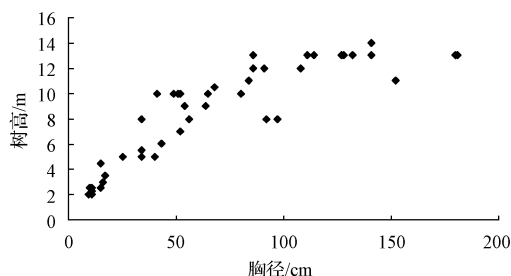


图 1 活化沙地松林树高-胸径分布散点图

Fig. 1 The distribution scatter plot chart of tree height and diameter at breast height in activation sand pine

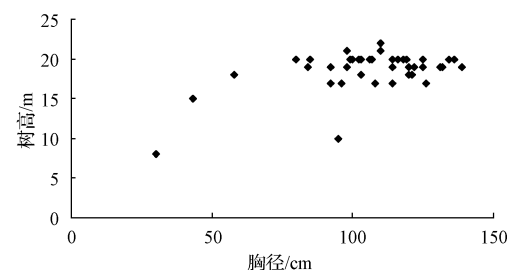


图 2 火烧迹地松林树高-胸径分布散点图

Fig. 2 The distribution scatter plot chart of tree height and diameter at breast height in burned pine

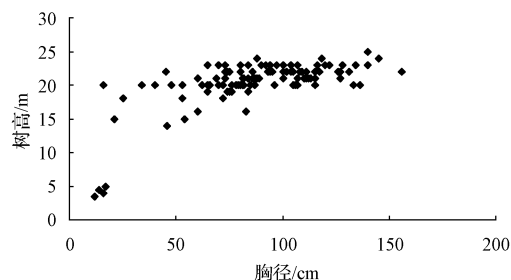


图 3 坡地松林树高-胸径分布散点图

Fig. 3 The distribution scatter plot chart of tree height and diameter at breast height in sloping pine

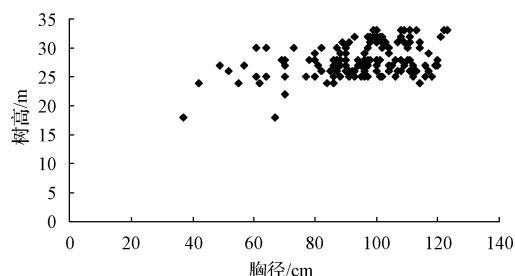


图 4 保护区内松林树高-胸径分布散点图

Fig. 4 The distribution scatter plot chart of tree height and diameter at breast height in protection area pine

树冠形态是刻画森林群落结构特征的另外一个重要指标。由表2可知,受立地环境条件和树木密度的影响,几处樟子松林的树冠和外貌表现出巨大差异,其中,受人为活动和火烧影响的活化沙地样地和火烧迹地样地,林木稀疏,树木密度分别只有188和164株/hm<sup>2</sup>,郁闭度较低,前者只有0.26,后者也只有0.53,在这种生长空间比较开敞的环境下,树木枝条横向伸展充分,自然整枝较低,其中,活化沙地樟子松林的伞形树冠既有冠幅1~2 m的幼树,也有树冠高达14 m的高大树木,为几处调查样地树冠之最,但由于树木生长大小不一,平均冠幅仅为4.14 m。但也正是由于树木横向伸展与自然整枝不良的原因,树木的高生长受到显著影响,树冠与树高的比值仅为1:2。火烧迹地的樟子松林除受到一次严重的火烧干扰外,其它时间均受到良好保护,样地内的树木自然整枝与高生长状况良好,由于林木密度较低,所以树冠的横向伸展也十分明显,样地树木的平均冠幅在4个样地中最大,为6.44 m,因此尽管密度低于活化沙地样地,但其郁闭度却是活化沙地的2倍。该样地的树冠与树高的比值为1:3。坡地松林与红花尔基保护区内的樟子松林样地林木生长茂密,林木密度分别为492和580株/hm<sup>2</sup>,树木自然整枝与高生长良好,自然整枝高度多在10~15 m以上。受密度影响,这2处

样地的树冠呈尖塔形,树冠冠幅较小,平均多在 5 m 左右,最大冠幅仅有 8 m,树冠与树高的比值分别达到 1:4 和 1:6。由于林木生长茂密,2 处林地的郁闭度分别达到 0.97 和 0.98,基本上属于郁闭森林群落。

不同的山地森林的乔木层的群落结构也存在差异,但差异不是很明显。由于受人类活动的影响,虽均为山地森林,水分、气温、土壤质地等条件几近相同,但是乔木层群落结构却存在些许差异。如火烧迹地松林山地松林,为火灾迹地,曾经受到火灾的影响,当年很多小树苗被烧死,故火烧迹地松林样地内的松树树干在 3~5 m 以下存在枯枝。保护区内松林山地松林,位于自然保护区内,受到人类的保护。火烧迹地松林样地内有枯立木 1 株,松树幼苗 64 株,松林的自我更新能力强。保护区内松林样地内有枯立木 8 株,松树幼苗很多。二者相比,火烧迹地松林的群落结构密度较小,树木的自我更新能力较弱,群落高度较小。

## 2.2 林草交错区沙地草原群落与林地草本层特征分析

草原区沙地属于一种基质稳定性较差而水分条件相对较好的立地环境类型,在林草交错区沙地上分布的不同植被类型之间以及不同林木生长状态的林下草本层,在群落的物种组成、草本植物生长高度、群落盖度和生物量等方面存在着显著差异(表 3)。沙地草原样地在土壤、水分、地貌类型等环境条件方面与活化沙地松林样地相似,群落通常由 10~12 种植物组成,草群生长高度为 12.40 cm 左右,群落的总生物量为 110.09 g/m<sup>2</sup>。活化沙地樟子松林受人为活动影响较重,地面沙地活化裸露,草本层发育不良,群落盖度仅为 7.86%,生物量也只有 13.17 g/m<sup>2</sup>,在 50×50 m<sup>2</sup> 的样地内也只有 4 种植物。与此相近,坡地樟子松林样地地面裸露程度很高,草本层也只有 5 种植物,其生物量不足 10 g/m<sup>2</sup>。与以上几处调查样地相比较,火烧迹地樟子松林样地林木生长较为稀疏,上层土壤肥沃,林间空地光照充足,林下草本层发育良好。样方内草本植物种类数量多达 18 种,优势植物主要有欧亚唐松草、地榆等,常见的植物主要有柴胡、胡枝子、蓬子菜、防风等。林下草本层总盖度达到 41.33%,生物量亦达到 52.04 g/m<sup>2</sup>。红花尔基保

表 3 林草交错区沙地草原群落与樟子松林林下草本层群落特征

Table 3 The community characteristic of sand steppe communities and herb layer of mongolian pine forest in the ecotone of forest and grass

样方号	平均高度/cm	总盖度/%	生物量/g·m <sup>-2</sup>	物种数量/种
沙地草原	12.40	27.60	110.09	12
活化沙地松林	6.23	7.86	13.17	4
火烧迹地松林	20.33	41.33	52.04	18
坡地松林	7.66	7.00	9.54	5
保护区内松林	17.00	25.00	30.31	12

护区内松林样地林下草本层植物种类数量平均达到 12 种,主要有大油芒、日阴营、裂叶蒿、黄芩、黄花菜等,覆盖度为 25.00%。

## 3 讨论

林草交错区不同的沙地樟子松林群落,由于受人为活动和林木密度等条件的影响,在树高、胸径、冠幅等方面表现出显著差异,活化沙地樟子松林与其它 3 处受到良好保护的林地之间的差距最为明显。由于活化沙地樟子松林受到人为干扰与沙地活化的影响,樟子松林的树木生长高度和树木粗细参差不齐,胸高树围和树高数值最小,平均树高明显低于其它 3 个样地的树木。其它 3 处样地中的樟子松树木各自的生长高度均匀,树木的粗细生长变化幅度较大。

树冠形态是刻画森林群落结构特征的另外一个重要指标,受林木密度等影响,不同生境下的樟子松林的树高与冠幅的比例之间存在一定的差异。活化沙地样地和火烧迹地样地林木稀疏,空间开敞,树冠呈伞形,横向伸展充分,冠幅和树高比例分别为 1:2 和 1:3,其它 2 个样地林木密度较大,树冠呈尖塔形,树冠与树高比值较小。

林草交错区的草原群落与沙地樟子松林下草本层相比较,尽管前者草本植物生物量较高,但其生物多样性和草群盖度却仅与受到良好保护以及林地空间开敞的林下草本层持平或明显偏低。因此,根据沙地不同生态系统类型的防风固沙、保持水土功能方面的差异,在水热条件适宜的情况下,要积极建植森林植被,同时也必须做好森林植被的保护,使森林植被的乔木层与林下草本层共同发挥最佳的生态防护作用。

森林是地球上最大的陆地生态系统,与其它植物相比,森林具有显著的光合作用优势,比其它陆地生态系统能够更有效地消耗、吸收、固定和储存 CO<sub>2</sub>,森林生态系统作为陆地生态系统最大的碳库,储存了约占陆地生物圈地上碳储量的 80% 和地下碳储量 40%<sup>[27]</sup>,在适应和减缓全球气候变化方面,森林作为最可靠的碳汇有着不可替代的作用。根据贾伟玮等<sup>[14]</sup>的研究,林龄从 27~44 a 的樟子松人工林群落碳储量随林龄的增大而增加,从 27 a 生的 37.14 t/hm<sup>2</sup> 增加到 44 a 生的 168.46 t/hm<sup>2</sup>,其顺序为乔木层>死地被物层>林下植被层,分别占群落总碳储量的 90.97%、1.13% 和 7.90%,乔木层碳储量占主导地位。同时,樟子松林的碳储量还应该与林木密度存在密切关系。根据对几个同样地的调查,活化沙地样地的林木密度为 188 株/hm<sup>2</sup>,远小于它的林分适宜密度 583 株/hm<sup>2</sup>,火烧迹地样地的林木密度也低于其冠幅条件下的林分适宜密度,其它 2 处样地则略高于其林分适宜密度。4 个调查样地中以红花尔基保护区和坡地密集的樟子松林的碳储存能力最强。

根据对沙地草原与沙地樟子松林的比较分析,沙地草原的草本生物量虽然较高,但与高大的森林生态系统相比较,其生物碳库功能要远低于森林。因此,在林草交错区以及草原区水分条件较好的沙地环境,要积极加强樟子松林的保护与建植工作,在保护区域生态环境的同时,提高自然生态系统的生态碳增汇功能,以便更好地应对全球气候变化。

### 参考文献

- [1] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策[J]. 中国农业科学, 1997, 30(6): 1-9.
- [2] 王涛, 赵哈林, 肖洪良. 中国沙漠化研究进展[J]. 中国沙漠, 1999, 19(1): 290-296.
- [3] 赵哈林, 周瑞莲, 苏永中, 等. 我国北方半干旱地区土壤的沙漠化演变过程和机制[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3): 1-5.
- [4] 闫德仁, 牟宁, 张健, 等. 沙地樟子松林与天然更新问题探讨[J]. 内蒙古林业科技, 2011, 37(3): 43-46.
- [5] 赵兴梁, 李万英. 樟子松[M]. 北京: 农业出版社, 1963.
- [6] 韩麟凤. 东北的林业[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982: 23-36.
- [7] 郝雨, 刘彤, 周志强. 大兴安岭天然樟子松林种子植物区系研究[J]. 国土与自然资源研究, 2006(2): 82-83.
- [8] 李海燕, 高玉慧, 崔玲. 大兴安岭樟子松林组成植物种的分布区类型[J]. 国土与自然资源研究, 2006(2): 76-77.
- [9] 周志强, 郝雨, 刘彤, 等. 大兴安岭北段天然樟子松林遗传多样性与主要生态因子的相关性研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(6): 22-27.
- [10] 李永多, 王之迹. 红花岗基樟子松林生长状况与结实规律的调查[J]. 林业科学, 1981(3): 306-313.
- [11] 喻泓, 杨晓晖. 地表火对呼伦贝尔沙地樟子松林下植物多样性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 11(1): 6-11.
- [12] 毛磊, 杨丹青, 王冬梅, 等. 红花岗基自然保护区天然樟子松林种内种间竞争分析[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(2): 9-14.
- [13] 姜凤岐, 曾德慧, 于占源, 等. 从恢复生态学视角透析防护林衰退及其防治对策: 以章古台地区樟子松林为例[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2229-2235.
- [14] 贾炜玮, 李凤日, 董利虎, 等. 基于相容性生物量模型的樟子松林碳密度与碳储量研究[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(1): 6-13.
- [15] 郭然, 王效科, 刘康, 等. 樟子松林下土壤有机碳和全氮储量研究[J]. 土壤, 2004, 36(2): 192-196.
- [16] 呼伦贝尔草原林业考察组. 呼伦贝尔草原林业考察报告(摘要). 林业区划(1)[M]. 北京: 中国林业区划研究会, 1985.
- [17] Johnson K H, Vogt K A, Clark H J, et al. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1996, 11: 372-377.
- [18] Naeem S, Li S. Biodiversity enhances ecosystem reliability[J]. Nature, 1997, 390: 507-509.
- [19] Yachi S, Loreau M. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, 1999, 96: 1463-1468.
- [20] Tilman D. Causes, consequences and ethics of biodiversity[J]. Nature, 2000, 405: 208-211.
- [21] 马克平, 叶万辉. 北京东灵山地区植物群落多样性研究[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 593-600.
- [22] 杨利民, 韩梅, 李建东. 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化[J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 110-114.
- [23] 王庆锁, 梁艳英. 油蒿群落植物多样性动态[J]. 中国沙漠, 1997, 17(2): 159-163.
- [24] 朱守谦. 贵州部分森林群落物种多样性初步研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(4): 286-295.
- [25] 李建东, 王仁忠. 松嫩草地资源生物多样性的初步研究[J]. 草业科学, 1998, 15(5): 1-3.
- [26] 郑翠玲, 曹子龙, 王贤, 等. 围栏封育在呼伦贝尔沙化草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(3): 78-81.
- [27] Sedjio R A. The carbon cycle and global forest ecosystem[J]. Water Air and Soil Pollution, 1993, 70: 295-307.

## Analysis on Community Structure of Mongolian Pine Forest in Sandy Land of Grass and Sand Crisscross Area in Hulunbuir Area

YUAN Zheng-zheng<sup>1,2</sup>, LI Zheng-hai<sup>2</sup>, JIA Shu-hai<sup>1</sup>, ZHANG Ming<sup>3</sup>, BAO Ya-jing<sup>2</sup>, ZHU Ling-hong<sup>4</sup>

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agriculture University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. College of Environment and Resources, Dalian Nationalities University, Dalian, Liaoning 116600; 3. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing, Jiangsu 210042; 4. Inner Mongolia Xilinguole Environmental Monitoring Station, Xilinguole, Inner Mongolia 026000)

**Abstract:** Grassland sand, activation sand pine, burned pine, sloping pine and protection area pine were selected to analysis the community structural feature of various types of mongolian pine through the investigation of the mongolian pine of Hulunbuir grass and sand crisscross area and grassland sand of Inner Mongolian pine. The results showed that activated sandy Mongolian pine had significant difference in structure index of each community concerned with height of tree, DBH (diameter at breast height), crown diameter and so on, compared with three other well-protected forestland, it was influenced by the conditions including forest development status, human interference effect and forest density and so on. Activated sandy mongolian pine had an irregularity in growth height and thickness of trees, chest height and circumference of trees had a very larger range of changes, crown type showed umbrella, forest density was far less than forest suitable density, ground sand activation was bared, herb layer was blasted. Due to the well protection, tree height of three other sandy mongolian pine of mountain land forest areas grew well, being taller than activated sandy mongolian

# 南友高速公路边坡不同防护模式小气候效应研究

黄承标<sup>1</sup>, 黄新颜<sup>2</sup>, 李玉梅<sup>2</sup>, 姚雪涛<sup>1</sup>, 唐虹<sup>2</sup>, 和太平<sup>1</sup>

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530005; 2. 广西南友高速公路管理机构筹备处, 广西 南宁 530004)

**摘要:**为了探明高速公路边坡不同防护模式的小气候特征,于2009~2010年,在南宁至友谊关高速公路边坡上选择代表性的护坡模式设置固定样地,开展主要气象要素的同步对比观测。结果表明:日平均太阳辐射度显示出水泥岩石模式( $396.5\text{ W/m}^2$ )>糖蜜草模式( $323.1\text{ W/m}^2$ )>三豆混交模式( $163.9\text{ W/m}^2$ )>山毛豆模式( $144.1\text{ W/m}^2$ )>台湾相思模式( $134.2\text{ W/m}^2$ )。日平均气温显示出水泥岩石模式( $25.5^\circ\text{C}$ )>三豆混交模式( $25.4^\circ\text{C}$ )>糖蜜草模式( $25.2^\circ\text{C}$ )>山毛豆模式及台湾相思模式( $25.0^\circ\text{C}$ )。地表温度显示出水泥岩石模式( $33.6^\circ\text{C}$ )>糖蜜草模式( $28.4^\circ\text{C}$ )>三豆混交模式( $26.3^\circ\text{C}$ )>山毛豆模式( $25.7^\circ\text{C}$ )>台湾相思模式( $20.3^\circ\text{C}$ )。日平均空气相对湿度显示出三豆混交模式(91%)>糖蜜草模式(90%)>台湾相思模式(89%)>山毛豆模式(81%)>水泥岩石模式(77%)。矩阵分析得出,5种防护模式对小气候调节作用的总排序为台湾相思模式>山毛豆模式>三豆混交模式>糖蜜草模式>水泥岩石模式。

**关键词:**公路边坡;防护模式;小气候;南宁-友谊关

**中图分类号:**S 716.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)20-0084-05

随着我国高速公路的迅猛发展,高速公路边坡的生态安全及其效益评价越来越受到广泛关注。据交通部《公路水路交通“十一五”发展规划》,至2010年全国公路总里程将达到 $230\times 10^4\text{ km}$ ,其中高速公路 $6.5\times 10^4\text{ km}$ 、二级以上公路 $45\times 10^4\text{ km}$ 、县乡公路 $180\times 10^4\text{ km}$ 。然而高速公路的建设对周边地区的生态环境产生了很大的影响,沿线生态环境评价已成为环境影响评价的核心和灵魂<sup>[1]</sup>,以及必须正视和认真对待的问题<sup>[2]</sup>。有关高速公路边坡生态环境评价与研究,多见于植物种类的选择及其防护功能方面的研究<sup>[3-22]</sup>,而对于边坡不同防护模式小气候效应方面的研究未见报道。现通过对南友高速公路边坡不同防护模式进行小气候观测,以揭示边坡不同防护模式的小气候效应,为该地区路域边坡的防

护模式效益提供评价依据和基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

南友高速公路属国道主干线衡阳至昆明公路支线南宁至友谊关公路,是中国通往越南以及东南亚地区最为便捷的国际陆路通道。该路起于南宁吴圩,接机场高速公路,经扶绥、崇左、宁明、凭祥,止于中越边境友谊关,与越南1号公路对接,全长179.2 km。全线采用半刚性基层沥青路面结构,是广西第一条沥青混凝土黑色高速公路,也是中国第一条通往东盟国家的高速公路。据路域临近崇左市气象站( $22^\circ 22'\text{N}$ ,  $106^\circ 45'\text{E}$ ,海拔128.3 m)资料记载,年平均气温 $22.3^\circ\text{C}$ ,最热月均温 $28.5^\circ\text{C}$ ,最冷月均温 $13.1^\circ\text{C}$ ,年极端最高温 $41.2^\circ\text{C}$ ,年极端最低温 $-1.9^\circ\text{C}$ ;年均降雨量1201.6 mm,主要集中在5~9月,占全年雨量的63.7%;年蒸发量1645.8 mm,除夏季(6~8月)略低于降雨量外,其它三季高于降雨量53.2%~116.2%;年均日照时数1634.4 h;年均空气相对湿度77%;年均风速1.2 m/s;无霜期日数362 d,属亚

**第一作者简介:**黄承标(1948-),男,本科,教授,硕士生导师,现主要从事森林气象水文生态学教学与科研工作。E-mail:biao0601@gxu.edu.

**基金项目:**广西交通厅科研资助项目(桂交综合发[2008]75号)。

**收稿日期:**2012-05-17

pine, the difference of forest density was small compared with each forest suitable density. This research revealed the development characteristics of sandy mongolian pine in various environmental conditions, it had provided scientific basis for improving the sand protection and governance of the grass and sand crisscross area and prairie area by planting suitable forest vegetation to improve area sandstorm protection function, soil and water conservation function, and carbon sink capacity enhancing green vegetation.

**Key words:** grass and sand crisscross area; mongolian pine forest; community structure; biodiversity