

# 东北阔叶红松林群落类型划分及物种多样性\*

曹伟<sup>1\*</sup> 李岩<sup>1,2</sup> 王树良<sup>3</sup> 于兴华<sup>1</sup> 朱彩霞<sup>1</sup> 刘童燕<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院沈阳应用生态研究所,沈阳 110016;<sup>2</sup>中国科学院研究生院,北京 100049;<sup>3</sup>东北林业大学,哈尔滨 150040)

**摘要** 运用 TWINSpan 分类方法,对我国东北阔叶红松林群落类型进行划分,对乔木层树种进行聚类,并对东北地区长白山、大秃顶子山、平顶山和丰林保护区 4 个样点的物种多样性进行对比研究。结果表明:24 个样地中共记录到维管束植物 264 种,隶属于 64 科 147 属。经过聚类,将阔叶红松林划分为 3 个群落类型组和 7 个群落类型;同时,将 33 个乔木树种间的关联性划分为 8 组。阔叶红松林群落的物种丰富度和多样性为草本层 > 灌木层 > 乔木层。在 4 个样点中,长白山的样地平均物种丰富度最高,为 63。长白山和大秃顶子山乔木层和灌木层的物种多样性略高于平顶山和丰林保护区;丰林保护区草本层的物种多样性为 2.83,高于其它 3 个样点。平顶山灌木层和长白山草本层的均匀度最低,分别为 0.71 和 0.80。

**关键词** 中国东北 阔叶红松林 群落类型 物种多样性 二元指示种分析  
文章编号 1001-9332(2007)11-2406-06 中图分类号 S718 文献标识码 A

**Community type and species diversity of broadleaved-Korean pine mixed forest in Northeast China.** CAO Wei<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1,2</sup>, WANG Shu-liang<sup>3</sup>, YU Xing-hua<sup>1</sup>, ZHU Cai-xia<sup>1</sup>, LIU Tong-yan<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup>Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; <sup>2</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>3</sup>Northeast Forestry University, Harbin 150040, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2007, 18(11): 2406-2411.

**Abstract:** In this paper, the community types of broadleaved-Korean pine mixed forest in Northeast China were identified, and the groups of tree relationship were established based on TWINSpan. The species diversities at 4 locations in Northeast China, *i. e.*, Changbai Mountain, Datudingzi Mountain, Pingding Mountain and Fenglin Nature Reserve, were compared. The results showed that 264 species belonging to 147 genera in 64 families were recorded in 24 plots, and the 24 plots were identified into 7 community types and 3 groups. The 33 tree species were divided into 8 groups according to their relations. Herbaceous plants possessed the greatest species richness and diversity, followed by shrubs and trees. At the 4 locations, Changbai Mountain owned the highest average species richness of 63. The diversities of tree layer and shrub layer in Changbai Mountain and Datudingzi Mountain were higher than those in Pingding Mountain and Fenglin Nature Reserve. The diversity of herb layer in Fenglin Nature Reserve was 2.83, being higher than that at other 3 locations. The shrub layer in Pingding Mountain and the herb layer in Changbai Mountain had the lowest evenness of 0.71 and 0.80.

**Key words:** Northeast China; broadleaved-Korean pine mixed forest; community type; species diversity; TWINSpan.

## 1 引言

阔叶红松林是我国东北东部山区的地带性顶极群落<sup>[3]</sup>,也是我国温带针阔叶林地带的代表性类型,具有复杂的结构和丰富的生物多样性。阔叶红松

林作为北温带地区特有的森林类型,其在维护全球生物多样性中的作用是不可替代的<sup>[2,4]</sup>。目前,世界范围内的生物多样性日益减少,森林资源的各种效益备受关注,天然红松林面积正逐渐缩小,因此,加强阔叶红松林的研究与保护刻不容缓。国内关于阔叶红松林群落类型的研究多分散于个别山地,采用现场分类法、聚类分析排序法、趋势对应分析

\* 国家“十一五”科技支撑资助项目(2006BAD03A09)。

\* \* 通讯作者。E-mail: caowei@iae.ac.cn

2006-10-13 收稿,2007-07-29 接受。

(DCA)等方法<sup>[16,16-17]</sup>划分群落类型。近年来,学者们普遍认为二元指示种分析(TWINSPAN)是目前较为完善和应用效果较理想的分类方法,多应用于植物群落类型的数量分类<sup>[11,13,15,18]</sup>,在植被研究中占主导地位<sup>[4,12]</sup>。一些学者曾对长白山和小兴安岭的阔叶红松林群落类型进行过分类<sup>[6,14,17,19]</sup>,而应用数量方法对东北地区阔叶红松林群落类型的划分未见报道。为了尽可能反映阔叶红松林的全貌,本研究依纬度分别在长白山北坡、张广才岭大秃顶子山、小兴安岭平顶山和丰林保护区设置4个样点,以重要值为基础,运用TWINSPAN分类方法划分东北阔叶红松林的群落类型,并对4个样点的物种多样性进行对比研究,旨在为阔叶红松林保护提供科学依据。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

阔叶红松林主要分布在我国东北东部山区的小兴安岭山地和长白山地。小兴安岭山地海拔为500~1420 m;长白山地海拔为600~2690 m。该地区受海洋性气候的影响较大,气候温和湿润。年均降水量600~1000 mm,主要集中在6—8月,雨量自南向北递减。温度由北向南呈逐渐升高的趋势,≥10℃的年积温为1900℃~2800℃,1月均温在-10℃以下,7月均温在20℃以上,冬、夏季温差大,冬季一般在5个月以上,最低气温通常在-30℃~-35℃。土壤为深厚的暗色表土层。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 样点设置和调查方法** 选择长白山北坡、张广才岭大秃顶子山、小兴安岭南部的平顶山和小兴安岭北部的丰林自然保护区4个样点,每个样点纬度相差约2°。选取以红松为主要建群种的植物群落设置样地,力求包括阔叶红松林的所有类型。其中,长白山北坡(42.5°N)设7个样地;张广才岭大秃顶子山(44.5°N)设5个样地;在小兴安岭南部长平山(46.5°N)设6个样地;小兴安岭北部丰林保护区(48.1°N)设6个样地。样地面积均为32 m×32 m。在每个样地内,按照格子法分成16个8 m×8 m的乔木和灌木样方。每个乔木样方内随机设置1个2 m×2 m草本样方。分别记录每一样地内胸径≥6 cm的乔木树种名称、胸径及株数,灌木和草本植物分种记录其名称、盖度、高度及株数。此外,测定每个样地其纬度、经度、海拔、坡向和坡度。样地基本特征见表1。

表1 东北地区阔叶红松林调查各样地基本特征

Tab.1 Characteristics of all plots of broadleaved-Korean pine mixed forest in Northeast China

样地号 Plot No.	纬度 Latitude (°N)	经度 Longitude (°E)	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect	坡度 Slope (°)
P <sub>1</sub>	42°25'07"	127°52'13"	750	北 N	<5°
P <sub>2</sub>	42°27'22"	127°52'12"	850	北 N	<5°
P <sub>3</sub>	42°26'32"	127°54'26"	885	南 S	20°
P <sub>4</sub>	42°24'27"	128°30'27"	969	北 N	<5°
P <sub>5</sub>	42°10'48"	128°08'25"	1170	北 N	<5°
P <sub>6</sub>	42°23'27"	128°30'49"	780	西北 NW	10°
P <sub>7</sub>	42°23'49"	128°29'49"	800	北 N	<5°
P <sub>8</sub>	44°23'19"	128°07'56"	590	南 S	10°
P <sub>9</sub>	44°23'25"	128°08'07"	693	东北 NE	60°
P <sub>10</sub>	44°24'17"	128°07'35"	730	北 N	20°
P <sub>11</sub>	44°22'06"	128°08'03"	700	西南 SW	10°
P <sub>12</sub>	44°23'09"	128°08'31"	540	西南 SW	10°
P <sub>13</sub>	46°33'43"	128°32'53"	528	北 N	15°
P <sub>14</sub>	46°33'37"	128°27'44"	403	北 N	15°
P <sub>15</sub>	46°33'53"	128°27'21"	485	南 S	30°
P <sub>16</sub>	46°33'55"	128°27'18"	484	北 N	30°
P <sub>17</sub>	46°33'27"	128°28'43"	491	西北 NW	30°
P <sub>18</sub>	46°25'51"	128°15'40"	280	西北 NW	10°
P <sub>19</sub>	48°06'52"	129°13'12"	347	西北 NW	5°
P <sub>20</sub>	48°07'05"	129°12'58"	361	北 N	<5°
P <sub>21</sub>	48°07'51"	129°11'12"	459	北 N	10°
P <sub>22</sub>	48°07'47"	129°11'17"	482	南 S	25°
P <sub>23</sub>	48°07'45"	129°11'20"	473	南 S	20°
P <sub>24</sub>	48°07'45"	129°10'52"	410	南 S	10°

P<sub>1</sub>—P<sub>7</sub>:长白山样地 The plots of Changbai Mountain; P<sub>8</sub>—P<sub>12</sub>:大秃顶子山样地 The plots of Datudingzi Mountain; P<sub>13</sub>—P<sub>18</sub>:平顶山样地 The plots of Pingding Mountain; P<sub>19</sub>—P<sub>24</sub>:丰林自然保护区样地 The plots of Fenglin Nature Reserve.

### 2.2.2 数据分析

1) 重要值计算<sup>[7,12]</sup>:乔木树种的重要值=(相对多度+相对显著度+相对频度)/3;灌木(草本)植物的重要值=(相对多度+相对盖度+相对高度)/3。

2) TWINSPAN分类<sup>[5]</sup>:利用乔木层样地树种重要值矩阵信息,完成对样地及乔木树种的聚类。

3) 群落物种多样性分析<sup>[8-9]</sup>:物种丰富度:S=出现在样地内的物种数;Shannon-Wiener多样性指数: $H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$ ;Pielou均匀度指数: $E = H' / \ln S$ 。

式中  $P_i$  为种  $i$  的重要值。

计算各样点内不同样地的物种丰富度、Pielou指数及Shannon-Wiener指数的平均值,得到各样点阔叶红松林群落的上述指数的样地平均值。

### 2.3 数据处理

应用 Microsoft Excel 软件对数据进行统计处

理 利用 PC-ORD 4.0 的 TWINSpan 模块对样地及植物种聚类。

### 3 结果与分析

#### 3.1 阔叶红松林乔木层树种的样地聚类

采用 PC-ORD 4.0 进行 TWINSpan 以属为单位的聚类,将 24 个样地划分为 7 个群落类型(图 1)。

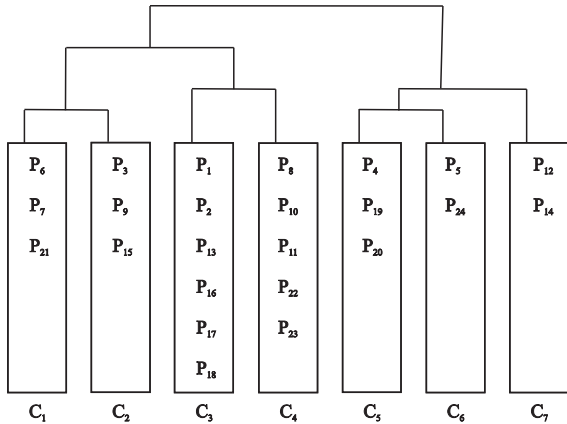


图 1 阔叶红松林 24 个样地 TWINSpan 分类

Fig. 1 TWINSpan classification of 24 plots of broadleaved-Korean pine mixed forest.

由图 1 可以看出:  $C_1$  为冷杉-槭树-红松林。其中  $P_6$ 、 $P_7$  为长白山样地,  $P_{21}$  为小兴安岭丰林样地。该类型的主要树种有杉松冷杉 (*Abies holophylla*)、臭冷杉 (*Abies nephrolepis*)、东北槭 (*Acer mandshuricum*)、花楷槭 (*Acer ukurunduense*)、青楷槭 (*Acer tegmentosum*)、色木槭 (*Acer mono*) 和紫花槭 (*Acer pseudo-sieboldianum*)。

$C_2$  为蒙古栎-槭树-红松林。其中  $P_3$  为长白山样地,  $P_9$  为张广才岭样地,  $P_{15}$  为小兴安岭平顶山样地。该类型中蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 的比重较大,重要值分别为 0.4316、0.3336 和 0.3423; 其次是红松 (*Pinus koraiensis*)、紫花槭和色木槭, 为典型的蒙古栎-槭树-红松林。

$C_3$  为色木槭-紫椴-风桦-红松林。其中  $P_1$ 、 $P_2$  为长白山样地,  $P_{13}$ 、 $P_{16}$ 、 $P_{17}$ 、 $P_{18}$  为小兴安岭平顶山样地。该类型的主要特征是除紫椴 (*Tilia amurensis*)、风桦 (*Betula costata*) 外, 色木槭所占的比例也较大。说明长白山的物种与小兴安岭南部平顶山的物种有较大的相似性。

$C_4$  为紫椴-风桦-红松林。其中  $P_8$ 、 $P_{10}$  和  $P_{11}$  为张广才岭样地,  $P_{22}$  和  $P_{23}$  为小兴安岭丰林样地。该类型主要包括紫椴、风桦等树种。

$C_5$  为紫椴-云冷杉-红松林。其中  $P_4$  为长白山

样地  $P_{19}$  和  $P_{20}$  为小兴安岭丰林样地。其特征是红松的重要值较大, 分别为 0.2547、0.3912 和 0.4233。此外, 还包含有较大数量的紫椴、臭冷杉和云杉。

$C_6$  为云冷杉-红松林。其中  $P_5$  为长白山样地,  $P_{24}$  为小兴安岭丰林样地。其特征是乔木的重要树种为红松、臭冷杉和鱼鳞云杉 (*Picea jezoensis* var. *microsperma*), 为典型的云冷杉-红松林。

$C_7$  为色木槭-云冷杉-红松林。其中  $P_{12}$  为张广才岭样地,  $P_{14}$  为小兴安岭平顶山样地。其特征是杉松冷杉和臭冷杉的比重占首位, 色木槭居第 2 位, 红松所占的比重不大。

按照 TWINSpan 对阔叶红松林 24 个样地乔木树种以属为单位的聚类结果, 将阔叶红松林划分为 3 个群落类型组和 7 个群落类型(图 2)。

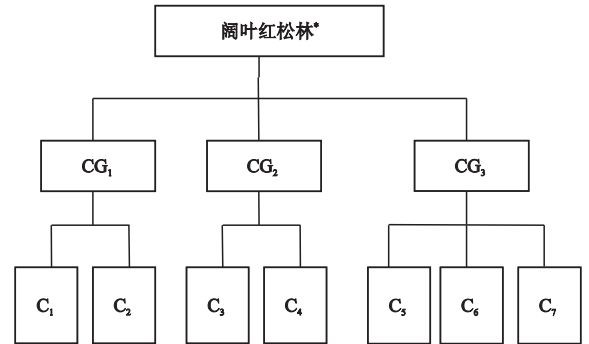


图 2 阔叶红松林乔木树种的分类

Fig. 2 Classification of tree species of broadleaved-Korean pine mixed forest.

\* Broadleaved-Korean pine mixed forest.  $CG_1$ : 冷杉-蒙古栎-槭树-红松林 *Abies* spp., *Q. mongolica*, *Acer* spp. and *P. koraiensis* forest community group;  $CG_2$ : 紫椴-风桦-红松林 *T. amurensis*, *B. costata* and *P. koraiensis* forest community group;  $CG_3$ : 云冷杉-红松林 *Picea* spp., *Abies* spp. and *P. koraiensis* forest community group.

#### 3.2 阔叶红松林乔木层树种的聚类

依 TWINSpan 将 33 个乔木树种按群落中的关联性划分为 ( $T_1$ — $T_8$ ) 8 组。  $T_1$  组为臭冷杉和青楷槭。 2 个树种在阔叶红松林中的关联度最大, 臭冷杉一般是优势种, 而青楷槭则为常见种, 说明在有臭冷杉的云冷杉-红松林中, 一般可以找到青楷槭。  $T_2$  组有 9 个树种, 其中鱼鳞云杉、红皮云杉 (*Picea koraiensis*)、黄花落松 (*Larix olgensis*)、长白松 (*Pinus sylvestriformis*) 为云冷杉-红松林的优势种, 毛赤杨 (*Alnus sibirica* var. *hirsuta*)、山杨 (*Populus davidiana*)、稠李 (*Prunus padus*)、花楷槭、花楸树 (*Sorbus pohuashanensis*) 为云冷杉-红松林的常见种。  $T_3$  组有 7 个种, 其中风桦和春榆 (*Ulmus japonica*) 为优势种, 而大青杨 (*Populus ussuriensis*)、黑桦 (*Betula davurica*)、胡桃楸 (*Juglans mandshurica*)、糠椴 (*Tilia mandshurica*)

表 2 阔叶红松林 24 个样地的物种多样性指数

Tab. 2 Species diversity indices of broadleaved-Korean pine mixed forest for 24 plots

样地号 Plot No.	乔木层 Tree layer			灌木层 Shrub layer			草本层 Herb layer			所有植物 S of total plants
	S	E	H'	S	E	H'	S	E	H'	
P <sub>1</sub>	12	0.883	2.194	19	0.760	2.239	45	0.625	2.380	76
P <sub>2</sub>	12	0.877	2.179	25	0.776	2.498	30	0.623	2.120	67
P <sub>3</sub>	7	0.720	1.401	20	0.726	2.174	30	0.769	2.616	57
P <sub>4</sub>	12	0.852	2.117	16	0.788	2.186	38	0.752	2.737	66
P <sub>5</sub>	12	0.799	1.987	12	0.809	2.010	19	0.817	2.407	43
P <sub>6</sub>	14	0.877	2.315	22	0.851	2.631	36	0.802	2.873	72
P <sub>7</sub>	10	0.937	2.159	15	0.878	2.378	33	0.773	2.702	58
P <sub>8</sub>	13	0.809	2.075	13	0.913	2.434	25	0.770	2.480	51
P <sub>9</sub>	7	0.799	1.555	11	0.822	1.971	6	0.811	1.451	24
P <sub>10</sub>	15	0.813	2.201	18	0.887	2.565	20	0.884	2.647	53
P <sub>11</sub>	11	0.762	1.828	18	0.727	2.100	32	0.848	2.940	61
P <sub>12</sub>	13	0.902	2.314	21	0.778	2.370	27	0.812	2.675	61
P <sub>13</sub>	7	0.791	1.540	18	0.565	1.632	25	0.862	2.776	50
P <sub>14</sub>	12	0.799	1.987	23	0.607	1.904	21	0.764	2.326	56
P <sub>15</sub>	6	0.790	1.415	17	0.741	2.099	15	0.848	2.297	38
P <sub>16</sub>	4	0.709	0.982	10	0.843	1.940	13	1.012	2.595	27
P <sub>17</sub>	9	0.826	1.815	16	0.674	1.869	14	0.776	2.048	39
P <sub>18</sub>	7	0.909	1.768	18	0.824	2.383	40	0.827	3.050	65
P <sub>19</sub>	10	0.819	1.885	17	0.824	2.335	30	0.908	3.087	57
P <sub>20</sub>	10	0.756	1.740	13	0.895	2.296	36	0.917	3.286	59
P <sub>21</sub>	9	0.861	1.892	12	0.832	2.068	30	0.898	3.055	51
P <sub>22</sub>	11	0.763	1.831	12	0.833	2.069	32	0.846	2.931	55
P <sub>23</sub>	9	0.633	1.392	11	0.641	1.537	17	0.742	2.102	37
P <sub>24</sub>	11	0.748	1.794	12	0.879	2.185	43	0.675	2.538	66

S 种数 Number of species E Pielou 指数 Pielou index H' Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index.

和大果榆 (*Ulmus macrocarpa*) 为常见种和偶见种。T<sub>4</sub> 组有 5 个树种, 其中, 红松为建群种, 紫椴和水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 为优势种, 色木槭和蒙古栎为常见种。T<sub>5</sub> 组有 3 个树种: 檉槐 (*Maackia amurensis*)、鼠李 (*Rhamnus davurica*) 和暴马丁香 (*Syringa reticulata* var. *mandshurica*)。暴马丁香属于常见种, 而檉槐和鼠李则是偶见种。T<sub>6</sub> 组包含杉松冷杉和黄檗 (*Phellodendron amurense*) 2 个种, 杉松冷杉是云冷杉-红松林中的优势种, 黄檗是偶见种, 是国家级濒危植物。T<sub>7</sub> 组包含东北槭和裂叶榆 (*Ulmus laciniata*) 2 个种, 裂叶榆是阔叶红松林的常见种, 东北槭是偶见种, 是国家级濒危植物。表明东北槭在有裂叶榆存在的阔叶红松林中较容易被发现。T<sub>8</sub> 组包含紫花槭、千金榆 (*Carpinus cordata*) 和白桦 (*Betula platyphylla*) 3 个树种, 这 3 个树种均为常见种和偶见种。由 TWINSpan 对群落乔木树种的划分能较好地揭示出阔叶红松林的物种组成规律。

### 3.3 阔叶红松林的物种多样性

调查发现, 在 4 个样点的阔叶红松林中, 共记录到维管束植物 264 种, 隶属于 64 科 147 属, 其中乔

木树种 33 种, 灌木及木质藤本植物 51 种, 草本植物 180 种。以重要值作为计算 Pielou 指数和 Shannon-Wiener 指数的依据, 计算出各样地阔叶红松林群落的物种丰富度 (S)、Pielou 指数和 Shannon-Wiener 指数及各指数的 4 个样点的样地平均值 (表 2、图 3)。就物种丰富度和多样性而言, 一般为草本层 > 灌木层 > 乔木层 (图 3)。

东北地区 4 个样点的阔叶红松林群落内的物种丰富度为长白山 > 小兴安岭丰林 > 张广才岭大秃顶子山 > 小兴安岭平顶山。可见, 本地区阔叶红松林内的植物种数并没有反映沿纬度变化的单一升降规律。4 个样点阔叶红松林群落在乔木层和灌木层的种数上差别不大, 反映了群落基本框架的稳定性。但草本层植物种数差别较大, 长白山和小兴安岭丰林阔叶红松林内的草本植物平均种数最高, 分别为 33 和 31 种。这说明阔叶红松林群落的物种丰富度的差别主要体现在草本层植物上。

4 个样点的阔叶红松林群落各层生物多样性分布随纬度变化的相关性不显著。长白山和张广才岭大秃顶子山在乔木层和灌木层的多样性略高, 而小

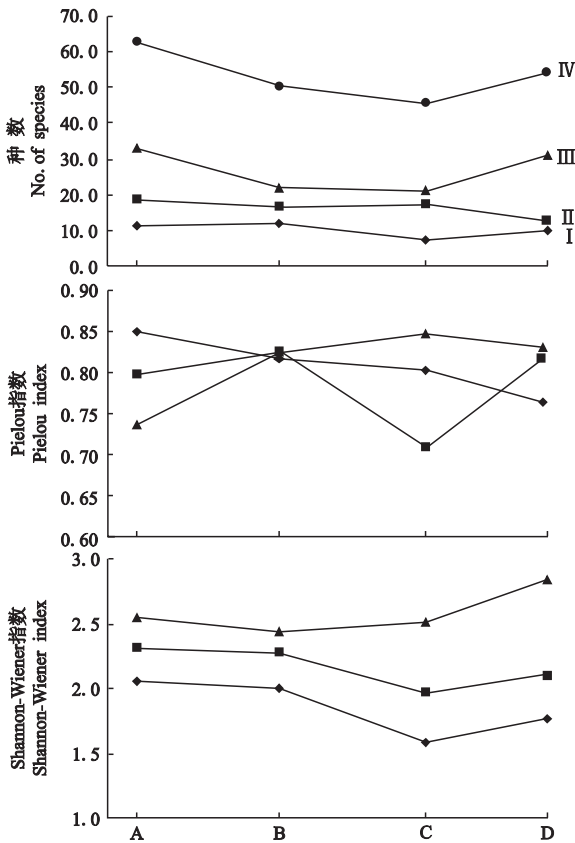


图3 不同纬度阔叶红松林物种丰富度、均匀度和多样性指数

Fig. 3 Variation of species richness, evenness and diversity indices with latitude for broadleaved-Korean pine mixed forest in Northeast China.

A: 长白山 Changbai Mountain; B: 大秃顶子山 Datudingzi Mountain; C: 平顶山 Pingding Mountain; D: 丰林自然保护区 Fenglin Nature Reserve.  
I: 乔木层 Tree layer; II: 灌木层 Shrub layer; III: 草本层 Herb layer; IV: 所有植物 No. of total plants.

兴安岭丰林和平顶山略低,但草本层则明显不同,小兴安岭丰林 Shannon-Wiener 指数高于其它 3 个样点。4 个样点乔木层均匀度变化不大,平顶山灌木层的均匀度明显低于其它 3 个样点,而长白山草本层的均匀度明显低于其它 3 个样点。

## 4 讨论

### 4.1 东北阔叶红松林不同群落类型比较

在阔叶红松林群落类型的分类中,由于分类方法和等级、分类指标和原则等的不同,划分出群落类型的结果也不相同。李建东等<sup>[10]</sup>将吉林省的阔叶红松林分为 7 个群系,未划分群系组。其蒙古栎-红松林与本文的蒙古栎-槭树-红松林一致,而以风桦、紫椴、色木槭、水曲柳和春榆等为主要伴生树种的阔叶红松林则按伴生树种比重不同,划分为风桦-紫椴-红松林、紫椴-水曲柳-红松林、春榆-水曲柳-红松林

和春榆-红松林 4 个群系。本文则以色木槭作为指示种划分成色木槭-紫椴-风桦-红松林和紫椴-风桦-红松林 2 个群落类型。它还包含了 2 个云冷杉占有较大比重的群系:一个是以千金榆和杉松冷杉作为标志种的群系千金榆-杉松冷杉-红松林(包含于冷杉-蒙古栎-槭树-红松林之中);一个是鱼鳞云杉-红皮云杉-臭冷杉-红松林(包含了云冷杉-红松林和色木槭-云冷杉-红松林 2 个群落类型)。除了千金榆-杉松冷杉-红松林群系外,其它群系都是小兴安岭地区常见的群系。

周以良<sup>[20]</sup>将东北地区阔叶红松林划分为 3 个群系组和 7 个群系。在群系层面上,有 3 个群系是以几种重要云杉和冷杉来划分的,即臭冷杉-红皮云杉-红松林、臭冷杉-鱼鳞云杉-红松林和鱼鳞云杉-臭冷杉-红皮云杉-红松林。而本文划分的群落类型分别为紫椴-云冷杉-红松林、色木槭-云冷杉-红松林和云冷杉-红松林,除了包含云杉和冷杉,也包含了阔叶树种的因子;其紫椴-风桦-红松混交林和蒙古栎-红松混交林与本文的紫椴-风桦-红松林和蒙古栎-槭树-红松林群落类型相吻合,而春榆-水曲柳-红松混交林群系则包含了色木槭-紫椴-风桦红松林和紫椴-风桦-红松林 2 个群落类型;千金榆-杉松冷杉-红松混交林群系则包含于冷杉-槭树-红松林群落类型中。在群系组水平上,周以良划分了 3 个群系组:阔叶红松混交林群系组、阔叶杉松冷杉-红松混交林群系组和云杉冷杉-红松林群系组,与本文群落类型组基本一致。

徐化成<sup>[16]</sup>将东北地区阔叶红松林划分为 3 个地理组群、8 个林型组和 15 个林型。由于考虑了地形和地被层因素,其林型划分更加具体。其以云冷杉占主体的划分了 3 个林型——蕨类-溲疏-云冷杉-红松林、高海拔蕨类-云冷杉-红松林和谷地蕨类-云冷杉-红松林。而本文的对应群落类型分别为紫椴-云冷杉-红松林、色木槭-云冷杉-红松林和云冷杉-红松林;以蒙古栎为主要伴生树种的林型有 2 个:坡地细叶苔草蒙古栎-红松林和坡地灌木紫椴-红松林,包含于蒙古栎-槭树-红松林群落类型之中;其以紫椴、风桦、水曲柳和裂叶榆为主要伴生树种的林型有 5 个:坡地毛榛-紫椴-红松林、台地灌木-水曲柳-紫椴-红松林、坡地灌木-风桦-红松林、坡地灌木-胡桃楸-裂叶榆-红松林和谷地珍珠梅-春榆-水曲柳-红松林,而本文则划分了色木槭-紫椴-风桦-红松林和紫椴-风桦-红松林 2 个群落类型,还包含有相当数量千金榆的 2 个林型——低海拔的千金榆-蒙古栎-红松林和

千金榆-紫椴-红松林,均包含于冷杉-槭树-红松林之中。另外,一个生境十分特殊的林型——谷地跳石塘藓类-红松林则包含在色木槭-紫椴-风桦-红松林群落类型之中。在小兴安岭北端,还分布有以樟子松为主要伴生树种的林型,徐化成<sup>[16]</sup>将其划分为细叶苔草-杜鹃-樟子松-红松林和凸脉苔草-胡枝子-樟子松-红松林,由于样点设置的原因,本文未包括樟子松-红松林。徐化成的地理组群和林型组的划分着重考虑了海拔及地形因素,与本文的群落类型组划分的出发点完全不同。可见本文应用数量方法划分的群落类型与传统方法划分的结果有较强的一致性。

#### 4.2 环境对阔叶红松林物种多样性的影响

阔叶红松林物种组成及其多样性与其所在地区的环境条件有着密切联系,温度和降水的增加都会导致阔叶树种的增加。本文研究的4个样点都分布在我国温带针阔叶混交林地带。该地带温度和降水自南向北有逐渐减少的趋势,同时,温度随海拔的升高逐渐降低,长白山降水则随海拔的升高逐渐增多<sup>[17]</sup>。而且长白山北坡具有适宜的温度和丰富的降水,所以物种组成最丰富,乔木和灌木多样性指数也最高;小兴安岭北坡丰林自然保护区虽气温和降水量均低于南坡的平顶山,其树种组成上属寒温性的云冷杉林比重多于阔叶树种,但其物种数和多样性指数却高于平顶山。这可能是由于小兴安岭北坡北邻大兴安岭,属于温带针阔混交林和寒温带针叶林的过渡带,所以无论是物种的丰富度还是多样性都较南坡要高。这也许是群落过渡带边缘效应的体现。

#### 参考文献

[1] Cao W (曹 伟), Li J-Y (李冀云). 2003. Natural Distribution for Plants of Changbai Mountain in China. Shenyang: Northeastern University Press. (in Chinese)

[2] Chen L-Z (陈灵芝), Wang Z-W (王祖望). 1999. The Impact of Human Alteration on Ecological Diversity. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press (in Chinese)

[3] Guo Q-X (国庆喜), Wang T-M (王天明). 2005. Landscape ecological evaluation of Fenglin Nature Reserve: Quantification and interpretation. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**(5): 825-832 (in Chinese)

[4] Hao Z-Q (郝占庆), Guo S-L (郭水良), Cao T (曹同). 2002. Plant Diversity and Distribution Patterns in Changbai Mountain. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press (in Chinese)

[5] Hill MO. 1979. TWINSpan: A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-Way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ithaca: Cornell University Press

[6] Huang J (黄 净), Han J-X (韩进轩), Yang H-X

(阳含熙). 1993. Detrended correspondence analysis of Korean pine broadleaf mixed forest in Changbai Mountain biosphere reserve. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学与地植物学学报), **17**(3): 193-206 (in Chinese)

[7] Jiang H-Q (姜汉侨), Duan C-Q (段昌群), Yang S-H (杨树华), et al. 2004. Plant Ecology. Beijing: Higher Education Press (in Chinese)

[8] Jiang Z-G (蒋志刚), Ma K-P (马克平), Han X-G (韩兴国). 1997. Conservation Biology. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press (in Chinese)

[9] Li B (李 博). 2000. Ecology. Beijing: Higher Education Press (in Chinese)

[10] Li J-D (李建东), Wu B-H (吴榜华), Sheng L-X (盛连喜). 2001. Jilin Vegetation. Changchun: Jilin Science and Technology Press (in Chinese)

[11] Song A-Y (宋爱云), Liu S-R (刘世荣), Shi Z-M (史作民), et al. 2006. Quantitative classification and ordination of subalpine meadow in Wolong Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **17**(7): 1174-1178 (in Chinese)

[12] Song Y-C (宋永昌). 2001. Vegetation Ecology. Shanghai: East China Normal University Press (in Chinese)

[13] Tang Z-R (唐志尧), Fang J-Y (方精云), Zhang L (张 玲). 2004. Patterns of woody plant species diversity along environmental gradients on Mt. Taibai, Qinling Mountains. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**(1): 115-122 (in Chinese)

[14] Wang Z (王 战), Xu Z-B (徐振邦), Li X (李昕), et al. 1980. The main forest types and their features of community structure in northern slope of Changbai Mountain. *Research of Forest Ecosystem* (森林生态系统研究), **1**: 25-42 (in Chinese)

[15] Xu B (徐 斌), Zhao H-L (赵哈林), Xu H (徐浩), et al. 2000. TWINSpan analysis of plant community composition under experimental grazing in a sandy grassland. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **24**(2): 252-256 (in Chinese)

[16] Xu H-C (徐化成). 2001. Natural Forests of *Pinus koraiensis* in China. Beijing: China Forestry Press (in Chinese)

[17] Yang H-X (阳含熙), Wang B-N (王本楠), Han J-X (韩进轩). 1985. Numerical classification of the Korean pine-broadleaf forest at Changbai Mountain Biosphere Reserve, China. *Research of Forest Ecosystem* (森林生态系统研究), **5**: 15-33 (in Chinese)

[18] Zhang Y-M (张元明), Cao T (曹 同), Pan B-R (潘伯荣). 2002. Quantitative classification and ordination analysis on bryophyte vegetation in Bogda Mountain, Xinjiang. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **26**(1): 10-16 (in Chinese)

[19] Zhou Y-L (周以良). 1994. Vegetation of Xiaoxing'anling in China. Beijing: Science Press (in Chinese)

[20] Zhou Y-L (周以良). 1997. Geography of the Vegetation in Northeast China. Beijing: Science Press (in Chinese)

作者简介 曹 伟,男,1962年生,博士,研究员。主要从事植物区系、植物生态和生物多样性方面研究,发表论文30余篇,出版专著7部。E-mail: caowei@iae.ac.cn

责任编辑 李凤琴

