

## 辽东山区古石河森林群落物种组成特征

伏捷<sup>1,2</sup>, 张华<sup>1,2</sup>, 何红<sup>1</sup>, 吕蕊<sup>3</sup>, 王颖<sup>3</sup>, 祝业平<sup>3</sup>

(1. 辽宁师范大学 城市与环境学院, 辽宁 大连 116029; 2. 辽宁师范大学 海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029; 3. 辽宁老秃顶子国家级自然保护区管理局, 辽宁 本溪 117218)

**摘要:** 为探讨森林群落的种类组成与结构, 确定群落的成员型, 基于 26 个群落样地调查数据, 对辽东山区古石河上发育的森林群落的物种组成、区系成分, 以及落叶阔叶林、针阔混交林和暗针叶林乔木层树种的主要特征进行了研究。结果表明: ①古石河森林群落中记录到维管束植物 60 科 107 属 143 种, 其中蕨类植物 10 科 12 属 15 种, 种子植物 50 科 95 属 128 种, 种子植物中含有 10 个植物种及以上的科仅有蔷薇科 Rosaceae, 毛茛科 Ranunculaceae 和百合科 Liliaceae。森林群落乔、灌、草层的维管束植物分别为 32, 45 和 83 种, 层外植物为 4 种。②综合乔木层树种的主要特征, 落叶阔叶林内紫椴 *Tilia amurensis* 的重要值为 26.31%, 蒙古栎 *Quercus mongolica*, 色木槭 *Acer mono*, 紫花槭 *Acer pseudo-sieboldianum*, 水曲柳 *Fraxinus mandshurica* 和千金榆 *Carpinus cordata* 的重要值分别为 15.71%, 11.27%, 9.37%, 9.08% 和 8.65%, 其余树种的重要值为 0.11%~2.94%; 针阔混交林内紫椴和臭冷杉 *Abies nephrolepis* 的重要值分别为 19.71% 和 14.87%, 其余树种的重要值处于 0.28%~7.25%; 暗针叶林内臭冷杉的重要值为 56.18%, 其余树种的重要值处于 0.17%~8.91%。古石河森林群落中世界广布种和北温带植物种较多, 乔、灌、草各层中单种属的科较多; 3 种林型的建群种或共建种都比较明显。表 4 参 19

**关键词:** 森林生态学; 古石河; 森林群落; 乔木层树种; 重要值; 优势种; 辽宁老秃顶子国家级自然保护区

**中图分类号:** S718.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-0756(2019)03-0533-08

## Species composition characteristics of forest community in the paleo-stone stream of the eastern Liaoning mountainous region

FU Jie<sup>1,2</sup>, ZHANG Hua<sup>1,2</sup>, HE Hong<sup>1</sup>, LÜ Rui<sup>3</sup>, WANG Ying<sup>3</sup>, ZHU Yeping<sup>3</sup>

(1. College of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China;

2. Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian 116029,

Liaoning, China; 3. Administration of Laotudingzi National Nature Reserve, Liaoning Province, Benxi 117218,

Liaoning, China)

**Abstract:** To study species composition and structure of a forest community, the type of community member was determined based on community survey data in 26 sampling areas. Then an analysis on species composition and floral elements of the forest community, which grew in the paleo-stone stream of eastern the Liaoning mountainous region, was made. Also, the main characteristics of tree species in three forest types (deciduous broadleaf forest, mixed broadleaf-conifer forest, and dark coniferous forest) were researched. Results showed that (1) vascular plant species of 60 families, 107 genera, and 143 species in the forest community of the paleo-stone stream including 10 families, 12 genera, and 15 species of fern; and 50 families, 95 genera, and 128 species of spermatophyte. Only Rosaceae, Ranunculaceae, and Liliaceae had more than ten species of spermatophyte. The forest community had vascular plants in the tree layer (32 species), in the shrub layer (45 species), and in the herb layer (83 species) with four species in the outer layer. (2) For the main characteris-

收稿日期: 2018-06-27; 修回日期: 2018-11-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271064)

作者简介: 伏捷, 博士研究生, 从事森林生态水文研究。E-mail: fujie250@sina.com。通信作者: 张华, 教授, 博士, 从事植物地理和恢复生态研究。E-mail: zhanghua0323@sina.com

tics of tree layer species in a deciduous broadleaf forest, the importance value of *Tilia amurensis* was 26.31%, *Quercus mongolica* was 15.71%, *Acer mono* was 11.27%, *Acer pseudo-sieboldianum* was 9.37%, *Fraxinus mandshurica* was 9.08%, and *Carpinus cordata* was 8.65% with the rest of the tree species' importance values ranging from 0.11% to 2.94%. In the mixed broadleaf-conifer forest, the importance value of *Tilia amurensis* was 19.71% and *Abies nephrolepis* was 14.87% with the rest of the tree species' importance values ranging from 0.28% to 7.25%. In the dark coniferous forest, the importance value of *Abies nephrolepis* was 56.18% with the rest of the tree species' importance values ranging from 0.17% to 8.91%. There was a high number of cosmopolitan species and north temperate species of the paleo-stone stream, and the families of monotypic genera in tree layer, shrub layer, and herb layer were obvious. The constructive species and co-edificato species in the three forest types were also obvious. [Ch, 4 tab. 19 ref.]

**Key words:** forest ecology; paleo-stone stream; forest community; tree species; importance value; dominant species; Laotudingzi National Nature Reserve in Liaoning Province

石河(stone stream)又称为石川, 普遍发育于寒冻风化、冻融作用强烈地带的山坡洼槽或沟谷之中<sup>[1]</sup>, 由浅表岩体的风化碎屑物在重力作用下顺坡而下无序搭接充填而成<sup>[2]</sup>, 是气候作用主导形成的冰缘地貌类型之一<sup>[3-5]</sup>。石河属于松散堆积的不稳定体<sup>[6]</sup>, 下垫面极其特殊, 土少石多, 存有潜在的活动隐患, 其稳定性和活动趋势对山区工程建设及山地地质灾害的诱发具有重大影响。已有研究<sup>[6-8]</sup>表明: 辽东山区广布有第四纪末次冰期形成的古石河残留地貌, 俗称跳石塘或乱石窖, 一般有裸露型和植被覆盖型两类, 其中植被覆盖型的古石河砾石间隙有土壤填充胶结, 常发育森林群落<sup>[8]</sup>, 其演替进程及自然更新速度极其缓慢, 一经破坏很难恢复。古石河森林群落是由集合在一起的植物种之间及植物与环境之间相互作用而形成的功能集体, 拥有完好的林冠层、凋落物层和土壤层及庞杂的根系组织, 不仅有显著的森林生态水文效应, 而且对古石河下垫面起到了很好的加筋、锚固和牵引, 对于稳定整合古石河特殊环境、减免山地地质灾害的发生、维系区域生态安全发挥了重要作用<sup>[9-10]</sup>。森林群落稳定整合环境作用的发挥与群落物种组成、群落成员型密切相关, 而群落物种组成又是群落最重要、最基本的特征之一<sup>[11-14]</sup>。鉴于此, 本研究以辽东山区典型古石河上发育的森林群落为研究对象, 对辽东山区古石河森林群落的种类组成特征进行了研究, 为辽东山区特殊地貌环境中退化植被的恢复、人工建植过程中植物种类的选择提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

场子沟(41°19'29"~41°20'57"N, 124°53'30"~124°55'35"E)全长约 5.3 km, 地处辽东山区最高峰——老秃顶子东麓, 位于辽宁老秃顶子国家级自然保护区核心区内, 系长白山系的东南延伸地段。场子沟残留的古石河冰缘地貌集中分布于海拔 690~1 200 m 区段, 受山坡洼槽局限呈狭窄带状延伸, 长为 1.5 km, 宽为 10.0 m, 下垫面坡度为 4°~36°。古石河下垫面砾石堆积厚度 5~30 m 不等, 随海拔升高堆积厚度增大。砾石岩性基本与下伏基岩相同, 主要为花岗岩, 磨圆度较好。砾石粒径长轴、中轴、短轴分别为 31~192, 23~124, 15~72 cm, 长轴与中轴交界面倾向为 121°~210°, 倾角为 36°~54°。砾石表面多为苔藓包被, 苔藓下覆有约 1 cm 厚的土层。砾石搭接形成的缝隙中即便是夏季也有结冰现象, 且降水径流常在砾石堆积较厚地段形成石下暗河, 在砾石堆积较薄地段流出地面。砾石间隙有薄厚不均的土壤覆盖胶结, 土层厚度为 5~60 cm, 土壤类型在海拔 900 m 以上为暗棕壤, 土层较薄; 在海拔 900 m 以下为棕壤, 土层相对较厚。总体而言, 场子沟古石河以阴暗、冷湿为其环境特点, 土壤温度较低、土壤湿度较高, 其上森林植被的郁闭度处于 0.60~0.90。

### 1.2 调查样地、样方设置及测定因子

分别于 2013 和 2014 年 6~7 月, 在老秃顶子东麓场子沟古石河上按照海拔高低不同, 共设置森林群落调查样地 26 块, 其中落叶阔叶林 10 块(海拔 700~780 m)、针阔混交林 7 块(海拔 780~950 m)、暗针叶林 9 块(海拔 950~1 200 m)。每块样地内各设置乔木层样方 1 个, 面积为 20 m × 30 m, 记录胸径

$D_{BH} \geq 5$  cm 的所有木本植物的种类、胸径、树高和冠幅; 灌木层样方 4~5 个, 面积均为  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ , 布设在乔木层样方的四角和中心位置, 测定  $D_{BH} < 5$  cm 的所有木本个体(包括乔木幼苗和幼树、木质藤本植物, 视为更新层)的种类; 草本层样方 5 个, 面积均为  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ , 布设在乔木层样方的四角和中心位置, 记录草本植物种类。

### 1.3 乔木层树种重要值计算

乔木层树种重要值  $I_v$  的计算公式<sup>[15]</sup>为:  $I_v = (\text{相对密度} + \text{相对优势度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度})/4$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 古石河森林群落种类组成及区系成分

古石河调查样地中共记录到维管束植物 60 科 107 属 143 种, 其中蕨类植物 10 科 12 属 15 种, 种子植物 50 科 95 属 128 种。种子植物中有裸子植物 1 科 3 属 4 种, 被子植物 49 科 92 属 124 种(含单子叶植物 5 科 14 属 19 种、双子叶植物 44 科 78 属 105 种)。古石河森林群落种子植物科属种数目的统计结果见表 1, 按照吴征镒等<sup>[16]</sup>的《世界种子植物科的分布区类型系统》进行植物区系成分分析, 则种子植物中属东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带非洲分布、东亚分布的均为 1 科, 分别为五加科、八角枫科、杜鹃花科和猕猴桃科, 各占种子植物总科数的 2.0%; 属东亚及北美间断分布的有 3 科, 分别为木兰科、五味子科和透骨草科, 占 6.0%; 属泛热带分布的有 9 科, 分别为椴树科、芸香科、卫矛科、葡萄科、凤仙花科、荨麻科、马兜铃科、薯蓣科和天南星科, 占 18.0%; 属北温带分布的有 12 科, 分别为松科、桦木科、槭树科、杨柳科、胡桃科、壳斗科、山茱萸科、忍冬科、芍药科、罂粟科、小檗科和百合科, 占 24.0%; 其余 22 科均属世界分布, 占 40.0%。可见, 古石河森林群落植物种类以世界广布成分最多, 其次为北温带成分, 世界广布成分与北温带成分并存的植物区系特点与辽东山区所处的气候区域及古石河阴暗、冷湿的环境特征相符。

统计表 1 可知: 古石河森林群落中含有 10 个植物种及以上的科仅有蔷薇科、毛茛科和百合科共 3

表 1 森林群落种子植物种类

Table 1 Species of seed plants in forest community

科	属数	乔木层 种数	更新层属和种数		灌木层种数	草本层种数	层外植物种数	种数总计
			在乔木层出现	在乔木层未出现				
松科 Pinaceae	3	4	2 属 3 种					4
桦木科 Betulaceae	3	3	1 属 1 种		1			4
槭树科 Aceraceae	1	7	1 属 7 种					7
蔷薇科 Rosaceae	9	5	2 属 3 种		3	4		12
榆科 Ulmaceae	1	2	2 属 2 种					2
椴树科 Tiliaceae	1	1	1 属 1 种					1
木兰科 Magnoliaceae	1	1	1 属 1 种					1
杨柳科 Salicaceae	2	2						2
木犀科 Oleaceae	2	3	1 属 1 种		2			5
胡桃科 Juglandaceae	1	1						1
芸香科 Rutaceae	1	1						1
壳斗科 Fagaceae	1	1	1 属 1 种					1
卫矛科 Celastraceae	1	1			4			4
山茱萸科 Cornaceae	1			1 属 1 种				1
猕猴桃科 Actinidiaceae	2						2	2
五味子科 Schisandraceae	1						1	1
葡萄科 Vitaceae	1						1	1
鼠李科 Rhamnaceae	1				1			1
五加科 Araliaceae	2				2			2
忍冬科 Caprifoliaceae	4				6			6
虎耳草科 Saxifragaceae	6				3	3		6

表 1 (续)

Table 1 Continued

科	属数	乔木层 种数	更新层属和种数		灌木层种数	草本层种数	层外植物种数	种数总计
			在乔木层出现	在乔木层未出现				
八角枫科 Alangiaceae	1				1			1
杜鹃花科 Ericaceae	1				1			1
豆科 Leguminosae	1					1		1
伞形科 Umbelliferae	3					3		3
桔梗科 Campanulaceae	1					1		1
唇形科 Labiatae	2					2		2
菊科 Asteraceae	3					4		4
酢浆草科 Oxalidaceae	1					2		2
玄参科 Scrophulariaceae	1					1		1
石竹科 Caryophyllaceae	2					2		2
堇菜科 Violaceae	1					3		3
毛茛科 Ranunculaceae	7					10		10
紫草科 Boraginaceae	1					1		1
柳叶菜科 Onagraceae	1					1		1
茜草科 Rubiaceae	1					1		1
十字花科 Brassicaceae	1					2		2
凤仙花科 Balsaminaceae	1					1		1
荨麻科 Urticaceae	1					1		1
马兜铃科 Aristolochiaceae	1					1		1
芍药科 Paeoniaceae	1					1		1
罂粟科 Papaveraceae	1					1		1
透骨草科 Phrymataceae	1					1		1
车前科 Plantaginaceae	1					1		1
小檗科 Berberidaceae	1					1		1
百合科 Liliaceae	9					12		12
薯蓣科 Dioscoreaceae	1					1		1
莎草科 Cyperaceae	2					4		4
禾本科 Gramineae	1					1		1
天南星科 Araceae	1					1		1

说明：卫矛科的大翅卫矛在乔木层和灌木层都有出现，在种子植物种类总计时计为 1 种

科，占全部维管束植物总科数的 5.0%，3 科所含的种数为 34 种，占全部维管束植物总种数的 23.8%；含 5~9 种的科有槭树科、木犀科、忍冬科和虎耳草科共 4 科，占总科数的 6.7%，4 科所含的种数为 24 种，占总种数的 16.8%；含 2~4 种的科有 15 科，占总科数的 25.0%，15 科所含的种数为 42 种，占总种数的 29.4%；含 1 属 1 种的科有 28 科，占总科数的 46.7%，所含的种数占总种数的 19.6%。总体来看，场子沟古石河森林群落乔、灌、草各层中单种属的科较多。

区分乔、灌、草层调查发现(表 1)，古石河森林群落乔木层内出现 31 种乔木和  $D_{BH} \geq 5$  cm 的 1 种灌木(大翅卫矛)；灌木层内出现 24 种灌木和 21 种呈幼苗或幼树形态的乔木树种；还有 4 种木质藤本植物缠绕于各层之间。另外，以幼苗或幼树形态进入更新层的 21 种乔木中有 20 种与乔木层树种相同，仅有灯台树 *Cornus controversa* 为更新层中新出现的乔木种。草本层内出现蕨类植物 15 种，双子叶植物 49 种，单子叶植物 19 种。草本层内仅有 4 种 1 年生和 2 年生的草本植物，其余均为多年生草本植物。

## 2.2 古石河森林群落乔木层树种主要特征

从表 2~4 可以看出：落叶阔叶林内的紫椴、蒙古栎、色木槭、水曲柳、紫花槭、千金榆等树种在数量和体积上占优，成为影响群落生境的优势树种，而臭冷杉、簇毛槭、红松、花楸、黄榆、青楷槭、杉松冷杉、山定子、斑叶稠李、深山樱、水榆花楸、元宝槭、小楷槭、小叶杨等树种虽然在群落中出现，

表 2 落叶阔叶林乔木层树种主要特征

Table 2 Main characteristics of tree species in arbor layer of deciduous broad-leaved forest

树种	株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )	平均树 高/m	平均胸 径/cm	平均冠 幅/m	最大树 高/m	最大胸 径/cm	最大冠 幅/m	重要值 I <sub>v</sub> / %
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> var. <i>amurensis</i>	13	9.2	11.0	2.8	19.0	21.0	6.0	1.20
臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	3	12.0	28.6	2.1	14.0	41.4	2.3	0.41
簇毛槭 <i>Acer barbinerve</i>	10	5.4	7.3	2.8	8.6	9.5	4.5	0.74
大黄柳 <i>Salix raddeana</i>	8	18.3	20.6	5.5	22.0	26.0	7.3	1.22
枫桦 <i>Betula costata</i>	12	20.0	34.9	7.1	24.0	44.0	8.5	2.16
核桃楸 <i>Juglans mandshurica</i>	22	13.9	27.6	3.8	22.0	37.9	8.5	2.94
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	2	9.5	11.5	2.3	9.5	11.5	2.3	0.15
花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	5	11.0	13.9	4.0	19.0	22.9	5.5	0.54
花曲柳 <i>Fraxinus rhynchophylla</i>	10	20.0	22.4	6.5	24.0	31.0	8.0	1.60
黄檗 <i>Phellodendron amurense</i>	12	18.1	24.4	3.9	25.0	31.8	6.0	1.65
黄榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	3	20.0	31.3	8.3	20.0	31.5	8.5	0.62
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	28	10.4	12.3	4.1	21.0	31.0	8.5	2.94
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	92	20.0	30.1	6.3	23.0	49.5	9.5	15.71
千金榆 <i>Carpinus cordata</i>	102	6.5	8.2	3.7	10.5	19.8	7.5	8.65
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	8	6.5	7.1	3.9	9.5	9.6	6.5	0.70
色木槭 <i>Acer mono</i>	95	11.3	17.9	4.6	22.0	56.7	9.0	11.27
杉松冷杉 <i>Abies holophylla</i>	5	8.7	16.6	5.2	10.0	21.0	6.5	0.57
山定子 <i>Malus baccata</i>	2	12.5	13.3	6.3	12.5	13.3	6.3	0.21
斑叶稠李 <i>Prunus maackii</i>	3	13.3	19.6	5.9	15.5	20.3	8.3	0.45
深山樱 <i>Prunus maximowiczii</i>	2	7.0	7.3	3.5	7.0	7.3	3.5	0.14
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	55	19.0	30.5	5.6	24.0	43.0	10.3	9.08
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	2	6.0	5.6	2.0	6.0	5.6	2.0	0.11
元宝槭 <i>Acer truncatum</i>	3	8.5	13.1	3.5	9.0	15.2	3.5	0.32
小楷槭 <i>Acer komarovii</i>	3	3.5	6.4	3.5	4.0	7.1	4.3	0.24
小叶杨 <i>Populus simonii</i>	3	24.0	44.0	6.5	24.0	46.3	6.5	0.69
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	198	14.4	21.6	4.6	24.0	57.0	10.3	26.31
紫花槭 <i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	110	6.7	7.6	3.8	12.0	18.2	7.0	9.37

参与了群落的组成,但数量和体积都较小,对群落生境的影响不大;针阔混交林内紫椴和臭冷杉的数量较多,体积较大,优势作用明显,也有一定数量的红松、裂叶榆、色木槭、水曲柳、枫桦、杉松冷杉、岳桦混生其中,花楸、斑叶稠李、深山樱、天女木兰、元宝槭、小楷槭、紫花槭的数量和体积都很小;暗针叶林内的臭冷杉优势作用显著,也有一定数量的长白鱼鳞云杉、岳桦、红松、簇毛槭、紫椴混生其中,花楷槭、花楸、蒙古栎、青楷槭、深山樱、天女木兰、小楷槭等在群落中的数量和体积都较小。

综合各树种主要特征的重要值  $I_v$  可知:落叶阔叶林乔木层出现的 27 个树种中紫椴的  $I_v$  最大,为 26.31%,成为该层的优势种;其次为蒙古栎和色木槭,  $I_v$  分别为 15.71% 和 11.27%;紫花槭、水曲柳和千金榆的  $I_v$  接近,处于 8.65%~9.37%;红松、水榆花楸、深山樱和山定子的  $I_v$  都极小。针阔混交林乔木层出现的 27 个树种中紫椴的  $I_v$  最大,为 19.71%,其次为臭冷杉,  $I_v$  为 14.87%,这 2 个种成为该层的共优种;红松、裂叶榆、色木槭、水曲柳、枫桦和杉松冷杉的  $I_v$  相近,  $I_v$  为 4.79%~7.25%;花楸、斑叶稠李和天女木兰的  $I_v$  极小。暗针叶林乔木层出现的 17 个树种中臭冷杉的  $I_v$  最大,为 56.18%,成为该层的优势种;长白鱼鳞云杉、岳桦、红松、簇毛槭和紫椴的  $I_v$  相近,处于 4.61%~8.91%;花楸和天女木兰的  $I_v$  极小。对比分析 3 种林型乔木层树种重要值发现,臭冷杉为针阔混交林和暗针叶林乔木层内的优势种,而紫椴为落叶阔叶林和针阔混交林乔木层内的优势种。可见,3 种林型的建群种都比较明显。

### 3 讨论

辽东山区古石河森林群落的物种组成特征既取决于山地气候和特殊古冰缘地貌的共同作用,又取决

表3 针阔混交林乔木层树种主要特征

Table 3 Main characteristics of tree species in arbor layer of coniferous and broad-leaved mixed forest

树种	株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )	平均树 高/m	平均胸 径/cm	平均冠 幅/m	最大树 高/m	最大胸 径/cm	最大冠 幅/m	重要值 I <sub>j</sub> /%
暴马丁香 <i>Syringa reticulata</i> var. <i>amurensis</i>	17	11.5	13.6	4.0	15.5	19.9	6.5	2.28
臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	90	14.7	22.2	4.1	25.0	49.0	8.0	14.87
簇毛槭 <i>Acer barbinerve</i>	31	8.5	9.3	4.9	12.0	16.0	7.5	3.94
大翅卫矛 <i>Euonymus macropterus</i>	14	4.0	6.8	3.4	4.5	8.9	4.0	1.37
枫桦 <i>Betula costata</i>	24	17.7	30.2	7.1	22.0	44.5	10.5	5.10
核桃楸 <i>Juglans mandshurica</i>	7	18.3	38.2	5.4	20.0	43.8	8.5	1.56
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	43	13.9	25.2	4.2	20.0	48.5	9.0	7.25
花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i>	14	4.8	8.4	4.0	10.0	13.1	10.5	1.52
花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	2	12.0	10.1	2.3	12.0	10.1	2.3	0.28
黄檗 <i>Phellodendron amurense</i>	7	16.5	31.0	5.3	17.0	45.5	5.5	1.41
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	38	14.4	21.0	5.1	24.0	33.2	7.5	6.47
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	7	15.3	23.2	4.3	21.0	48.0	7.5	1.22
千金榆 <i>Carpinus cordata</i>	12	7.1	8.5	3.3	9.0	14.2	5.0	1.28
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	10	14.8	14.1	5.3	19.0	17.5	6.5	1.51
色木槭 <i>Acer mono</i>	36	15.4	24.8	5.2	20.0	41.0	9.5	6.45
杉松冷杉 <i>Abies holophylla</i>	29	14.9	25.5	3.6	24.0	54.6	6.0	4.79
斑叶稠李 <i>Prunus maackii</i>	2	12.0	10.7	1.5	12.0	10.7	1.5	0.27
深山樱 <i>Prunus maximowiczii</i>	5	8.0	9.0	3.8	9.0	11.1	5.0	0.55
水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	26	20.0	33.3	6.0	27.0	45.5	9.0	5.72
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	12	11.9	20.2	5.0	15.0	38.3	6.5	1.90
天女木兰 <i>Magnolia sieboldii</i>	2	6.0	6.7	5.5	6.0	6.7	5.5	0.28
元宝槭 <i>Acer truncatum</i>	2	18.0	26.5	7.5	18.0	26.5	7.5	0.50
小楷槭 <i>Acer komarovii</i>	7	6.5	9.0	4.5	7.5	9.6	5.3	0.84
长白鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i> var. <i>komarovii</i>	19	14.9	21.6	4.9	18.0	28.3	7.5	3.25
岳桦 <i>Betula ermanii</i>	24	18.2	20.8	7.7	22.0	28.4	10.0	4.83
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	112	14.0	23.4	5.5	22.0	59.9	10.5	19.71
紫花槭 <i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	7	8.7	10.6	3.8	11.0	14.0	5.5	0.86

于植物的生物学特性和生态适应性,以及植物种间的相互作用。辽东山区为长白山系向西南的延伸,植物区系属长白植物区系的西南小区,但因地处长白植物区系的西南边缘,又与千山山脉的东北端接连,因而兼有华北植物区系成分入渗的现象,不仅分布有40余种长白植物区系代表种,而且分布有近20种华北植物区系代表种<sup>[17]</sup>。残留的冰缘地貌古石河相较辽东山区同海拔地段而言,具有更为阴暗、冷湿的微环境特点(湿度比同海拔地段高5%~10%,温度比同海拔地段低1~2℃<sup>[18]</sup>),且阴暗、冷湿的程度随海拔高度增加而加剧,在海拔950~1200m区段达极值。因此,古石河森林群落中出现了许多既有地带性又有地域特征的植物种,如乔木层内频现长白植物区系的代表种臭冷杉、长白鱼鳞云杉、杉松冷杉、紫椴、蒙古栎、色木槭、紫花槭、枫桦、岳桦、核桃楸、暴马丁香等,这些种均具有耐荫、耐寒、喜湿的生态学特性<sup>[19]</sup>。其中紫椴在3种林型乔木层的数量和体积都较大,重要值都较高,分别为26.31%、19.71%和4.61%。表明紫椴对古石河生境具有较高的适合度,在古石河森林群落中优势明显,对石河生境的影响较大。耐寒程度较低的蒙古栎、色木槭、紫花槭成为古石河低海拔区段落叶阔叶林内的优势种;耐寒程度较高的臭冷杉、红松、杉松冷杉、岳桦、色木槭和枫桦则成为古石河中海拔区段针阔混交林内的优势种或次优势种;臭冷杉和长白鱼鳞云杉、岳桦、红松成为古石河高海拔区段暗针叶林内的优势种或次优势种。古石河森林群落中华北植物区系代表种很少,仅在针阔混交林的更新层内偶见灯台树,在针阔混交林和暗针叶林内有天女木兰出现。

表 4 暗针叶林乔木层树种主要特征

Table 4 Main characteristics of tree species in arbor layer of dark coniferous forest

树种	株数/ (株·hm <sup>-2</sup> )	平均树 高/m	平均胸 径/cm	平均冠 幅/m	最大树 高/m	最大胸 径/cm	最大冠 幅/m	重要值 I <sub>j</sub> /%
臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i>	443	15.9	21.5	4.3	23.0	47.0	10.0	56.18
簇毛槭 <i>Acer barbinerve</i>	48	9.2	12.1	6.0	14.0	22.7	10.0	5.34
枫桦 <i>Betula costata</i>	15	19.8	29.6	7.0	21.0	39.0	8.5	2.46
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	52	12.9	21.0	3.5	20.0	46.3	7.5	5.97
花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i>	4	12.0	14.5	7.0	12.0	14.5	7.0	0.47
花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	4	10.5	11.0	3.8	11.0	11.5	4.5	0.36
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i>	22	15.5	22.8	3.1	19.0	42.0	6.0	2.67
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	4	12.0	29.4	8.3	15.0	46.0	12.5	0.58
青楷槭 <i>Acer tegmentosum</i>	6	11.2	11.7	6.3	16.0	19.8	7.5	0.65
色木槭 <i>Acer mono</i>	15	16.3	28.1	3.7	19.0	44.1	5.0	1.98
杉松冷杉 <i>Abies holophylla</i>	11	15.5	24.0	2.3	19.0	38.7	2.8	1.29
深山樱 <i>Prunus maximowiczii</i>	6	11.7	15.2	7.3	13.0	18.1	8.5	0.72
天女木兰 <i>Magnolia sieboldii</i>	2	6.0	6.1	5.5	6.0	6.1	5.5	0.17
小楷槭 <i>Acer komarovii</i>	11	6.3	7.6	4.6	14.0	15.6	7.0	0.98
长白鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i> var. <i>komarovii</i>	59	19.1	24.4	6.1	23.0	37.8	10.0	8.91
岳桦 <i>Betula ermanii</i>	39	18.3	28.5	8.5	22.0	36.5	11.0	6.66
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	33	16.5	24.1	5.2	21.0	46.3	9.0	4.61

## 4 结论

辽东山区古石河森林群落中记录到 50 科 95 属 128 种种子植物, 以世界广布成分与北温带成分居多, 其中含有 10 个植物种及以上的科仅有世界广布的蔷薇科、毛茛科和北温带分布的百合科 3 科, 占种子植物总科数的 6.0%; 含 1 属 1 种的科有 28 科, 占总科数的 56.0%, 反映出场子沟古石河森林群落中单种属的科较多。古石河森林群落乔、灌、草层分别出现了 31 种乔木、24 种灌木和 83 种草本植物, 层间出现了 4 种木质藤本植物; 更新层出现了 21 种乔木幼树幼苗, 其中有 95.2% 的种与乔木层树种相同, 表明古石河森林植被的自然更新能力较强。

古石河落叶阔叶林乔木层内紫椴、蒙古栎、色木槭、水曲柳、紫花槭、千金榆的累计重要值达 80.39%, 成为落叶阔叶林的共建种; 针阔混交林乔木层内紫椴和臭冷杉的累计重要值达 34.58%, 红松、裂叶榆、色木槭、水曲柳、枫桦和杉松冷杉的累计重要值达 35.78%, 共优成为针阔混交林的共建种; 暗针叶林乔木层内臭冷杉的重要值达 56.18%, 成为暗针叶林的建群种。这些耐荫、耐寒、喜湿的植物种对古石河环境资源的利用能力较强, 同时对古石河环境的影响力也较大。

## 5 参考文献

- [1] 裘善文. 长白山古冰川、冰缘地貌的研究[J]. 第四纪研究, 1990(2): 137 - 145.  
QIU Shanwen. A study on the paleo-glacial and periglacial landforms in Changbai Mountains [J]. *Quaternary Sci*, 1990(2): 137 - 145.
- [2] 伍光和, 王乃昂, 胡双熙, 等. 自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 肖荣寰, 胡俭彬. 东北地区末次冰期以来气候地貌的若干特征[J]. 冰川冻土, 1988, 10(2): 125 - 134.  
XIAO Ronghuan, HU Jianbin. Some characteristics of the climatic landform in the northeast China since the last glacial epoch [J]. *J Glaciol Geocryol*, 1988, 10(2): 125 - 134.
- [4] 牛云博. 长白山冰缘地貌过程及其与环境演化的关系[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2008.  
NIU Yunbo. *The Periglacial Geomorphic Process and Its Relationship with Environmental Evolution in Changbai Mountain* [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2008.
- [5] WASHBURN A L. *Geocryology* [M]. New York: Edward Arnold, 1979.

- [6] 樊耀武, 申京亮, 杨磊, 等. 浅谈石海、石流坡的分类以及对工程的影响[J]. 铁道工程学报, 2010(4): 15 - 18.  
FAN Yaowu, SHEN Jingliang, YANG Lei, *et al.* Genetic classification of rock block field and rock glacier side and their impacts on railway construction [J]. *J Railway Eng Soc*, 2010(4): 15 - 18.
- [7] 金潇, 付敏, 杨敏. 桓仁岩堆地貌特征与属性初探[J]. 安全与环境工程, 2016, 23(5): 1 - 6.  
JIN Xiao, FU Min, YANG Min. Preliminary research on characteristics and formation of talus landscape in Huanren, Liaoning Province [J]. *Saf Environ Eng*, 2016, 23(5): 1 - 6.
- [8] 董厚德, 唐炯炎. 辽东山地“乱石窖”植被演替规律的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1965, 3(1): 117 - 130.  
DONG Houde, TANG Jiongyan. Preliminary study on vegetation succession law of Luanshijiao landform in Liaoning Eastern Mountains [J]. *Acta Phytoecol Geobot Sin*, 1965, 3(1): 117 - 130.
- [9] 刘剑刚, 张华, 伏捷, 等. 辽东山地老秃顶子冰缘地貌特征及其环境意义[J]. 冰川冻土, 2014, 36(6): 1420 - 1429.  
LIU Jiangan, ZHANG Hua, FU Jie, *et al.* Periglacial landforms in the Mt. Laotudingzi of eastern Liaoning Province: characteristics and environmental significance [J]. *J Glaciol Geocryol*, 2014, 36(6): 1420 - 1429.
- [10] 张华, 刘剑刚, 伏捷, 等. 辽东山地老秃顶子冰缘地貌植物群落类型及基本特征[J]. 冰川冻土, 2015, 37(2): 500 - 510.  
ZHANG Hua, LIU Jiangan, FU Jie, *et al.* Plant community types and basic characteristic in the periglacial areas of the Mt. Laotudingzi, eastern Liaoning mountainous regions [J]. *J Glaciol Geocryol*, 2015, 37(2): 500 - 510.
- [11] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [12] 徐敏. 百山祖北坡中山常绿阔叶林群落特征研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.  
XU Min. *Studies on Community Characters of the Mid-montane Evergreen Broad-leaved Forest in Baishanzu Mountain* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [13] 刘海丰, 李亮, 桑卫国. 东灵山暖温带落叶阔叶次生林动态监测样地: 物种组成与群落结构[J]. 生物多样性, 2011, 19(2): 232 - 242.  
LIU Haifeng, LI Liang, SANG Weiguo. Species composition and community structure of the Donglingshan forest dynamic plot in a warm temperate deciduous broad-leaved secondary forest, China [J]. *Biodiversity Sci*, 2011, 19(2): 232 - 242.
- [14] 丁晖, 杨云方, 徐海根, 等. 武夷山典型常绿阔叶林物种组成与群落结构[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 1142 - 1154.  
DING Hui, YANG Yunfang, XU Haigen, *et al.* Species composition and community structure of the typical evergreen broad-leaved forest in the Wuyi Mountains of Southeastern China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2015, 35(4): 1142 - 1154.
- [15] 武吉华, 张绅, 江源, 等. 植物地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [16] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究, 2003, 25(3): 245 - 257.  
WU Zhengyi, ZHOU Zhekun, LI Dezhu, *et al.* The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2003, 25(3): 245 - 257.
- [17] 李剑源, 刘德栋, 吕蕊, 等. 老秃顶子国家级自然保护区科学考察报告集[M]. 沈阳: 沈阳出版社, 2016.
- [18] 郭长泰. 老秃顶子自然保护区跳石塘地貌和跳石塘植被调查报告[J]. 辽宁林业科技, 1996(1): 28 - 31.  
GUO Changtai. Report of Tiaoshitang landform and their vegetation in Laotudingzi Nature Reserve [J]. *J Liaoning For Sci Technol*, 1996(1): 28 - 31.
- [19] 伏捷, 孙才志, 张华, 等. 辽东山地老秃顶子古冰缘地貌植物种群生态位特征[J]. 地理研究, 2018, 37(4): 731 - 741.  
FU Jie, SUN Caizhi, ZHANG Hua, *et al.* Niche characteristics of plant populations in the paleo-periglacial areas of Mt. Laotudingzi, eastern Liaoning mountainous region [J]. *Geogr Res*, 2018, 37(4): 731 - 741.