•研究报告•

5种东北红豆杉植物群丛及其物种多样性的比较

刘 丹^{1,2} 郭忠玲^{1,2*} 崔晓阳² 范春楠¹

1 (北华大学林学院, 吉林吉林 132013)

2 (东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 东北红豆杉(*Taxus cuspidata*)是我国数量极少的珍贵濒危树种, 了解其天然群落的组成和特征对东北红豆杉种群的保护利用和恢复有重要意义。本文对吉林省天然东北红豆杉群落进行调查, 根据物种组成进行系统聚类分析, 将20块40 m × 40 m样地划分为5种群丛类型, 分别以优势种进行命名, 即: I. 舞鹤草–五味子+狗枣猕猴桃–紫椴+臭冷杉群丛; II. 东北羊角芹–狗枣猕猴桃–臭冷杉群丛; III. 盾叶唐松草–狗枣猕猴桃–臭冷杉群丛; IV. 舞鹤草–软枣猕猴桃–红松+紫椴+臭冷杉群丛; V. 舞鹤草–软枣猕猴桃–紫椴+臭冷杉群丛。对群丛的物种组成、群落结构和群丛类型、物种多样性进行了分析。物种多样性选用Menhinick丰富度指数、Pielou均匀度指数、Simpson优势度指数以及Shannon-Wiener多样性指数, 对比分析不同群丛特征。结果显示: 东北红豆杉植物群落组成中蔷薇科的种和属数所占比例最大; 5个群丛的多样性指数顺序为群丛V > 群丛III > 群丛IV > 群丛II > 群丛I; 群丛I和II具有较低的多样性和较高的优势度, 群丛II和群丛III的乔木层的多样性指数差异不明显, 但其丰富度指数和优势度指数却呈现了相反的特征; 群丛II丰富度低而优势度高, 而群丛III丰富度高而优势度低; 群丛III中的草本层的多样性高于乔木层, 群落郁闭度较低; 群丛IV和群丛V均位于和龙市荒沟林场, 随着海拔上升, 其物种多样性随之下降。结果表明, 不同物种组成的东北红豆杉植物群丛的群落特征存在显著差异。

关键词: 物种组成; 群丛; 系统聚类分析; 物种多样性; 东北红豆杉

Comparison of five associations of *Taxus cuspidata* and their species diversityDan Liu^{1,2}, Zhongling Guo^{1,2*}, Xiaoyang Cui², Chunnan Fan¹

1 College of Forestry, Beihua University, Jilin, Jilin 132013

2 School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040

Abstract: *Taxus cuspidata* is a rare and endangered species in China. Understanding the composition and characteristics of its natural communities is of great significance for its conservation, utilization and restoration. In this study, with hierarchical clustering based on species composition, we classified 20 plots of 40 m × 40 m in Jilin Province into five associations, which were named after dominant species, respectively, i.e., I. *Maianthemum bifolium*–*Schisandra chinensis* + *Actinidia kolomikta*–*Tilia amurensis* + *Abies nephrolepis*, II. *Aegopodium alpestre*–*Actinidia kolomikta*–*Abies nephrolepis*, III. *Thalictrum ichangense*–*Actinidia kolomikta*–*Abies nephrolepis*, IV. *Maianthemum bifolium*–*Actinidia arguta*–*Pinus koraiensis* + *Tilia amurensis* + *Abies nephrolepis*, and V. *Maianthemum bifolium*–*Actinidia arguta*–*Tilia amurensis* + *Abies nephrolepis*. The composition, community structure, association type, and species diversity were analyzed. Species diversity was indicated by the Menhinick richness index, Pielou evenness index, Simpson dominance index and Shannon-Wiener diversity index. The results suggested that the Rosaceae genera comprised a large majority of *T. cuspidata* communities. The diversity index of the five associations ranked as Assoc. V > Assoc. III > Assoc. IV > Assoc. II > Assoc. I. Assoc. I and Assoc. II had lower diversity and higher dominance. The differences in the diversity indices of the arbor layers in associations II and association III were not significant, but the dominance index and the richness index demonstrated an opposite trend. However, the richness was higher and the dominance was lower in

收稿日期: 2019-04-01; 接受日期: 2019-11-04

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0503100)“极小种群野生植物回归技术研究与示范”课题(2016YFC0503106)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: gzl65@163.com

association III. The herb layer's diversity index was higher than the arbor layer's in association III so that the coverage in association III was lower in community. Both Assoc. IV and Assoc. V were located in Huanggou Forest Farm in Helong City. With the rise in altitude, the species diversity decreases. It showed that there were significant differences in the community characteristics of *T. cuspidata* communities with different dominant species.

Key words: species composition; association; hierarchical cluster analysis; species diversity; *Taxus cuspidata*

东北红豆杉(*Taxus cuspidata*)又名紫杉、赤柏松,为红豆杉科乔木植物,主要分布于中国的长白山和小兴安岭区域,日本、朝鲜和俄罗斯也略有分布。东北红豆杉常散生于林中,幼龄喜阴,随年龄的增长耐阴性逐渐减弱,对生长环境的要求较为严苛,特殊的生态适应性也使其适宜生存的生境稀少,且破碎化严重(陈杰等, 2019)。东北红豆杉作为国家一级保护药用植物和极小种群植物,已经成为极为稀少而珍贵的濒危树种。

对东北红豆杉的研究近些年多集中在其遗传多样性(王丹丹和张彦文, 2019)、生境适应性评价(陈杰等, 2019)、引种适应性(吴世雄等, 2018)和育苗技术^①等方面,关于其种群生态学方面的研究主要集中在种群繁殖特性与生存环境(刘彤, 2007)、种间竞争^②、种群生存群落的生物多样性和种间关联(刁云飞等, 2016)等方面,对于其植物群落的组成和结构之间关系的探究较为缺乏。

物种多样性作为反映群落结构和功能复杂性的一种度量,可表征群落或生态系统的特征及其变化演替的规律,同时也可以部分说明不同自然地理条件及人为因素与群落的相互关系(马晓勇和上官铁梁, 2004)。本文选用的Menhinick丰富度指数、Pielou均匀度指数、Simpson优势度指数以及Shannon-Wiener多样性指数,可以反映群落或者生境中物种的丰富度、均匀度和时空变化程度,也可以更清晰地说明群落物种数、结构类型、组织水平、稳定程度以及发展趋势,从而反映当地生态环境现状以及群落之间的生境差异和稳定性,可用在森林经营、合理开发利用和评价等方面(Lomolino, 2001; 赵天梁, 2017)。

本文以集中分布的天然东北红豆杉群落为研究对象,对群落的物种组成、群落类型以及物种多

样性进行了分析,调查了不同群落的结构特征,并对不同的群丛进行对比研究,旨在说明群落中物种多样性变化规律以及群落组成特征,以期进一步认识东北红豆杉植物群落的生物多样性形成和维持机制,为东北红豆杉种群的保护、管理和恢复重建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地点选取吉林省延吉州和龙林业局的荒沟林场,汪清林业局的金沟岭、杜荒子、荒沟、兰家等林场,以及珲春市林业局的马滴答林场。该区域属温带大陆性季风气候,夏短冬长、四季分明。全年平均气温3.6℃,年平均降水量约为580 mm,降水主要集中在5–8月,无霜期为110–141 d,年日照时数为2,700 h。土壤以暗棕壤为主,pH在4.5–5.7之间,偏酸性,水分含量10%–40%,样地详情参见附录1。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查

在大致掌握东北红豆杉分布状况的基础上参考当地林业局的推荐,基于2016年对东北红豆杉种群分布区域的实地踏查结果,于2017年,在和龙林业局、汪清林业局和珲春林业局等地,对群落组成、生境条件和人为破坏等情景进行群落调查。选取东北红豆杉分布较为集中、保护较好的地段,设置40×40 m样地20块,每块样地采用相邻格子法设置5 m×5 m乔木样方64块。对胸径大于2.5 cm的树木进行测量,记录其胸径、树高。同时在样地内采用均匀布点法设置2 m×2 m灌木样方和1 m×1 m草本样方各10块,用于灌木和草本植物调查,分别记录个体数量、盖度和高度。此外,对样地的海拔、坡向、坡位、土壤水分等生境条件也进行了详细的调查和记录。

1.2.2 重要值统计

计算群落样地内乔、灌、草各层次不同种群的重要值,公式为:

① 王涛 (2017) 东北红豆杉育苗技术研究. 硕士学位论文, 东北林业大学, 哈尔滨.

② 李云灵 (2008) 东北红豆杉种间关系研究. 硕士学位论文, 东北林业大学, 哈尔滨.

重要值(IV) = (相对多度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3

1.2.3 聚类分析

根据重要值的大小确定各种植物在群落中的优势度,代表不同植物在群落中的功能地位。同时利用样地中物种重要值指标(重要值 > 1.0%),对群丛类型进行聚类分析并划分群丛(任国学等, 2011)。群落数量分类采用树形聚类方法,以标准化过的各样地物种重要值为个案元素(王璐, 2010)进行聚类分析。

1.2.4 物种多样性分析

物种多样性分析参照陈廷贵和张金屯(2000)的方法,计算群落的Menhinick丰富度指数(R)、Pielou均匀度指数(E),得出东北红豆杉植物群落的物种丰富度与均匀度,再通过计算Shannon-Wiener多样性指数(H')和Simpson多样性指数(C)得到植物群落的物种多度的均匀程度和优势度。公式如下:

$$R = S / \sqrt{N} \quad (1)$$

$$E = H' / \ln S \quad (2)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (3)$$

$$C = \sum P_i^2 \quad (4)$$

式中: S 为样方内所有物种的总数, N 为样方中所有物种的个体数之和, P_i 为物种 i 的个体数占群落总个体数的比例(注:本研究中的多样性指数中的 P_i 选用物种的相对重要值来计算,优势度指数仍按 P_i 计算)。

1.2.5 数据处理

数据采用Excel 2003和SPSS 18.0软件处理。

2 结果

2.1 群落物种重要值

东北红豆杉群落中乔木有48种16科25属,灌木20种8科14属,草本76种34科60属。其中重要值在2%以上的乔木植物共计11种,占比22.92%,重要值合计占91.93%;重要值在2%以上的灌木植物合计12种,占调查灌木植物种类数的60%,重要值合计占91.26%;草本植物重要值在2%以上的物种种类合计有9种,占所调查草本植物种类数的11.84%,重要值合计占67.34% (表1)。灌木层物种的五味子(*Sch-*

isandra chinensis)和刺五加(*Acanthopanax senticosus*)均喜欢微酸性的壤土,软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*)和狗枣猕猴桃(*A. kolomikta*)喜好水分充足肥沃的土壤。草本层中盾叶唐松草(*Thalictrum ichangense*)、东北羊角芹(*Aegopodium alpestre*)和舞鹤草(*Maianthemum bifolium*)所占比例较大,同时蕨类也占了很大比例。所调查的20块东北红豆杉样地中,重要值大于2.0%的32个物种,其重要值总和为250.53%,占样地总重要值的83.51%。臭冷杉(*Abies nephrolepis*)、软枣猕猴桃(*Actinidia arguta*)、盾叶唐松草为不同层片的优势物种。

2.2 群落物种组成及结构

2.2.1 物种组成

本次调查共记录东北红豆杉群落维管束植物144种,分属于54科99属。乔木层共有48种,在群落中重要值较大的包括松科的臭冷杉、红松(*Pinus koraiensis*)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis*)和杉松(*Abies holophylla*),槭树科的髭脉槭(*Acer barbinerve*)、花楷槭(*A. ukurunduense*)和青楷槭(*A. tegmentosum*),椴树科的紫椴(*Tilia amurensis*),桦木科的硕桦(*Betula costata*)。灌木层有20种,猕猴桃科、五加科、虎耳草科和卫矛科等在群落中占据主要地位。草本层有76种,其中蔷薇科、百合科、毛茛科、虎耳草科、堇菜科、伞形科、菊科植物种占优势。将东北红豆杉群落的重要科属种组成进行总结(表2),可以看出蔷薇科及其属数所占比例最大,其次为槭树科和松科;属数占优势的有蔷薇科、百合科、毛茛科、虎耳草科和伞形科。

2.2.2 基于物种组成的群落类型聚类分析

根据样地内不同层次物种重要值(> 1.0%)进行聚类分析。当距离系数为20时,可以将东北红豆杉种群所在群落划分为5个群丛(图1)。

将每个群丛的主要特征(表3)和物种组成(表4)进行总结,发现每个群丛的海拔分布范围均相差100–250 m之间,坡度与土壤水分差异不明显,表明群丛的分类主要受到分布地区和海拔的影响。

5个群丛的主要特征和物种组成如下:

I. 舞鹤草–五味子+狗枣猕猴桃–紫椴+臭冷杉群丛。包括样地10–15,位于汪清杜荒子林场,海拔800–940 m,坡度13°–24°,土壤水分含量10%–25%。在群丛I中,乔木层主要以臭冷杉、紫椴占绝对优势,

表1 东北红豆杉群落优势种群的重要值(重要值 > 2%)
Table 1 Importance value (IV) of dominant populations in *Taxus cuspidata* communities (IV > 2%)

层次 Layer	物种名 Species	拉丁名 Latin name	相对多度 Relative abundance	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
乔木层 Arbor	色木槭	<i>Acer mono</i>	1.37%	78.73%	2.15%	27.42%
	臭冷杉	<i>Abies nephrolepis</i>	22.39%	4.35%	20.57%	15.77%
	紫椴	<i>Tilia amurensis</i>	12.14%	4.27%	11.05%	9.15%
	髭脉槭	<i>Acer barbinerve</i>	12.33%	0.51%	9.40%	7.41%
	花楷槭	<i>Acer ukurunduense</i>	11.64%	0.54%	9.55%	7.24%
	东北红豆杉	<i>Taxus cuspidata</i>	6.79%	1.80%	8.64%	5.74%
	青楷槭	<i>Acer tegmentosum</i>	8.06%	0.66%	7.04%	5.25%
	红松	<i>Pinus koraiensis</i>	4.08%	2.55%	5.60%	4.08%
	硕桦	<i>Betula costata</i>	4.90%	1.50%	5.66%	4.02%
	鱼鳞云杉	<i>Picea jezoensis</i>	3.41%	2.06%	4.95%	3.47%
	杉松	<i>Abies holophylla</i>	2.88%	0.55%	3.71%	2.38%
灌木层 Shrub	软枣猕猴桃	<i>Actinidia arguta</i>	17.09%	30.29%	15.67%	21.02%
	狗枣猕猴桃	<i>Actinidia kolomikta</i>	18.18%	18.60%	11.04%	15.94%
	刺五加	<i>Acanthopanax senticosus</i>	9.02%	8.40%	11.48%	9.63%
	长白忍冬	<i>Lonicera ruprechtiana</i>	11.60%	6.29%	9.05%	8.98%
	东北溲疏	<i>Deutzia parviflora</i>	5.70%	9.01%	8.17%	7.63%
	瘤枝卫矛	<i>Euonymus verrucosus</i>	4.61%	2.70%	7.51%	4.94%
	五味子	<i>Schisandra chinensis</i>	6.38%	5.55%	2.43%	4.78%
	长白茶藨	<i>Ribes komarovii</i>	5.36%	2.30%	6.18%	4.61%
	栓翅卫矛	<i>Euonymus phellomanus</i>	6.21%	1.82%	4.86%	4.30%
	卫矛	<i>Euonymus alatus</i>	3.26%	1.29%	5.74%	3.43%
	东北山梅花	<i>Philadelphus schrenkii</i>	2.68%	4.36%	3.09%	3.38%
	辽东槲木	<i>Aralia elata</i>	1.80%	2.99%	3.09%	2.62%
草本层 Herbage	盾叶唐松草	<i>Thalictrum ichangense</i>	11.46%	9.62%	17.82%	12.97%
	东北羊角芹	<i>Aegopodium alpestre</i>	11.83%	8.34%	14.50%	11.56%
	舞鹤草	<i>Maianthemum bifolium</i>	12.47%	11.24%	9.75%	11.15%
	白花酢浆草	<i>Oxalis acetosella</i>	14.00%	9.83%	9.07%	10.97%
	丝引藁草	<i>Carex remotiuscula</i>	9.95%	6.06%	5.40%	7.14%
	稀羽鳞毛蕨	<i>Dryopteris sparsa</i>	4.83%	4.64%	9.25%	6.24%
	华西龙头草	<i>Meehania fargesii</i>	2.85%	3.97%	2.50%	3.11%
	东北蹄盖蕨	<i>Athyrium brevifrons</i>	0.88%	1.41%	4.16%	2.15%
	毛缘藁草	<i>Carex pilosa</i>	2.24%	1.75%	2.16%	2.05%

表2 东北红豆杉群落重要科、属和种的组成
Table 2 Composition of important species, genera and families in *Taxus cuspidata* communities

科名 Family	属数 No. of genus	属的百分比 % of genus	种数 No. of species	种的百分比 % of species
蔷薇科 Rosaceae	9	9.09	11	7.64
槭树科 Aceraceae	1	1.01	9	6.25
松科 Pinaceae	4	4.04	9	6.25
百合科 Liliaceae	8	8.08	8	5.56
毛茛科 Ranunculaceae	6	6.06	8	5.56
虎耳草科 Saxifragaceae	6	6.06	7	4.86
桦木科 Betulaceae	3	3.03	6	4.17
伞形科 Umbelliferae	6	6.06	6	4.17
堇菜科 Violaceae	1	1.01	5	3.47
菊科 Compositae	4	4.04	5	3.47
其他 Other families	51	51.52	70	48.61

图1 东北红豆杉群落样地(优势种群重要值)聚类图

Fig. 1 The cluster diagram of sample plots of *Taxus cuspidata* communities according to importance value of dominant species

伴生种有髭脉槭、硕桦和东北红豆杉。灌木层中五味子和狗枣猕猴桃占主要地位, 软枣猕猴桃、长白忍冬和瘤枝卫矛混生于其中。草本层主要以舞鹤草、丝引藁草、白花酢浆草、盾叶唐松草为主。

II. 东北羊角芹-狗枣猕猴桃-臭冷杉群丛。包括样地20, 位于珲春市马滴答林场, 海拔745 m, 坡度20°, 土壤水分含量28%。在群丛II中, 乔木层以臭冷杉占绝对优势, 伴生种有紫椴, 还有紫花槭(*Acer pseudosieboldianum*)、东北红豆杉、鱼鳞云杉混生于其中。灌木层以狗枣猕猴桃和东北山梅花为主, 还有栓翅卫矛、五味子和卫矛混生其中。草本种类以东北羊角芹占优势, 其次是白花酢浆草, 辽细

辛、丝引藁草和稀羽鳞毛蕨混生其中。

III. 盾叶唐松草-狗枣猕猴桃-臭冷杉群丛。包括样地8、9、16、17、18、19, 位于汪清金钩岭林场、汪清兰家林场和荒沟林场, 海拔680–900 m, 坡度3°–27°, 土壤水分含量20%–40%。在群丛III中, 乔木层以臭冷杉占绝对优势, 伴生种为髭脉槭, 部分紫椴、红松、东北红豆杉混生于其中。灌木层植物主要以狗枣猕猴桃为主, 有东北溲疏、长白忍冬、长白茶藨、刺五加混生其中。草本植物主要以盾叶唐松草为主, 混生种有东北羊角芹、白花酢浆草、稀羽鳞毛蕨、舞鹤草等。

IV. 舞鹤草-软枣猕猴桃-红松+紫椴+臭冷杉群丛。包括样地3–7, 位于和龙市荒沟林场, 海拔970–1,200 m, 坡度10°–35°, 土壤含水量12.6%–40%。在群丛IV中, 乔木层以臭冷杉、紫椴和红松占绝对优势, 伴生种有花楷槭, 还有部分东北红豆杉。灌木层植物以软枣猕猴桃为主要优势种, 还伴有刺五加、狗枣猕猴桃、卫矛、瘤枝卫矛等。草本层主要以舞鹤草为优势物种, 还混有华西龙头草、稀羽鳞毛蕨、卵果蕨、玉竹等。

V. 舞鹤草-软枣猕猴桃-紫椴+臭冷杉群丛。包括样地1、2, 位于和龙市荒沟林场, 海拔800–890 m, 坡度25°–30°, 土壤含水量为15%–25%。在群丛V中, 乔木层臭冷杉、紫椴占绝对优势, 还有部分东北红豆杉混生于其中, 伴生种有鱼鳞云杉、紫花槭。灌木层植物主要以软枣猕猴桃为主, 伴生种有瘤枝卫矛、辽东槲木等。草本层植物主要优势种为舞鹤草, 其次为东北蹄盖蕨, 混有丝引藁草、宽叶藁草、白

表3 东北红豆杉植物群丛特点

Table 3 The character of *Taxus cuspidata* association

编号 Number	群丛名称 Association	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope	土壤水分 Soil humidity	分布林场 Forest farm
I	舞鹤草-五味子+狗枣猕猴桃-紫椴+臭冷杉群丛 <i>Maianthemum bifolium</i> - <i>Schisandra chinensis</i> + <i>Actinidia kolomikta</i> - <i>Tilia amurensis</i> + <i>Abies nephrolepis</i>	800–940	13°–24°	10%–25%	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm
II	东北羊角芹-狗枣猕猴桃-臭冷杉群丛 <i>Aegopodium alpestre</i> - <i>Actinidia kolomikta</i> - <i>Abies nephrolepis</i>	745	20°	28%	马滴答林场 Madida Forest Farm
III	盾叶唐松草-狗枣猕猴桃-臭冷杉群丛 <i>Thalictrum ichangense</i> - <i>Actinidia kolomikta</i> - <i>Abies nephrolepis</i>	680–900	3°–27°	20%–40%	金钩岭林场、兰家、荒沟林场 Jingouling, Lanjia, and Huanggou Forest Farms
IV	舞鹤草-软枣猕猴桃-红松+紫椴+臭冷杉群丛 <i>Maianthemum bifolium</i> - <i>Actinidia arguta</i> - <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Tilia amurensis</i> + <i>Abies nephrolepis</i>	970–1,200	10°–35°	12.6%–40%	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm
V	舞鹤草-软枣猕猴桃-紫椴+臭冷杉群丛 <i>Maianthemum bifolium</i> - <i>Actinidia arguta</i> - <i>Tilia amurensis</i> + <i>Abies nephrolepis</i>	800–890	25°–30°	15%–25%	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm

表4 东北红豆杉植物群丛物种组成
Table 4 The species composition of *Taxus cuspidata* associations

群丛 Assoc	林分密度 Stand density (inds./ha)	平均胸径 Mean DBH (cm)	主要物种组成(重要值%) Dominant species composition (Importance Value%)		
			乔木 Arbor	灌木 Shrub	草本 Herbage
I	2,446	11.45	臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i> (24.19)	五味子 <i>Schisandra chinensis</i> (25.01)	舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i> (21.57)
			紫椴 <i>Tilia amurensis</i> (16.23)	狗枣猕猴桃 <i>Actinidia kolomikta</i> (22.69)	丝引蔓草 <i>Carex remotiuscula</i> (17.78)
			髭脉槭 <i>Acer barbinerve</i> (10.03)	软枣猕猴桃 <i>Actinidia arguta</i> (13.09)	白花酢浆草 <i>Oxalis acetosella</i> (13.39)
			硕桦 <i>Betula costata</i> (7.69)	长白忍冬 <i>Lonicera ruprechtiana</i> (11.95)	盾叶唐松草 <i>Thalictrum ichangense</i> (12.29)
			东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i> (7.68)	瘤枝卫矛 <i>Euonymus verrucosus</i> (9.71)	东北羊角芹 <i>Aegopodium alpestre</i> (11.46)
II	1,288	14.29	臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i> (29.72)	狗枣猕猴桃 <i>Actinidia kolomikta</i> (27.37)	东北羊角芹 <i>Aegopodium alpestre</i> (28.95)
			紫椴 <i>Tilia amurensis</i> (13.11)	东北山梅花 <i>Philadelphus schrenkii</i> (22.03)	白花酢浆草 <i>Oxalis acetosella</i> (18.11)
			紫花槭 <i>Acer pseudosieboldianum</i> (10.15)	栓翅卫矛 <i>Euonymus phellomanus</i> (14.66)	辽细辛 <i>Asarum heterotropoides</i> (11.73)
			东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i> (9.15)	五味子 <i>Schisandra chinensis</i> (11.84)	丝引蔓草 <i>Carex remotiuscula</i> (10.49)
			鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i> (8.35)	卫矛 <i>Euonymus alatus</i> (8.49)	稀羽鳞毛蕨 <i>Dryopteris sparsa</i> (8.29)
III	1,567	12.6	臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i> (25)	狗枣猕猴桃 <i>Actinidia kolomikta</i> (22.38)	盾叶唐松草 <i>Thalictrum ichangense</i> (20.75)
			紫椴 <i>Tilia amurensis</i> (14.54)	东北溲疏 <i>Deutzia parviflora</i> (15.73)	东北羊角芹 <i>Aegopodium alpestre</i> (9.4)
			髭脉槭 <i>Acer barbinerve</i> (10.54)	长白忍冬 <i>Lonicera ruprechtiana</i> (14.56)	白花酢浆草 <i>Oxalis acetosella</i> (8.04)
			红松 <i>Pinus koraiensis</i> (8.65)	长白茶藨 <i>Ribes komarovii</i> (11.77)	稀羽鳞毛蕨 <i>Dryopteris sparsa</i> (7.59)
			东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i> (7.17)	刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i> (9.66)	舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i> (6.57)
IV	1,520	12.49	花楷槭 <i>Acer ukurunduense</i> (18.4)	软枣猕猴桃 <i>Actinidia arguta</i> (50.74)	舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i> (19.55)
			臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i> (14.36)	刺五加 <i>Acanthopanax senticosus</i> (17.1)	华西龙头草 <i>Meehania fargesii</i> (11.58)
			紫椴 <i>Tilia amurensis</i> (10.66)	狗枣猕猴桃 <i>Actinidia kolomikta</i> (9.26)	稀羽鳞毛蕨 <i>Dryopteris sparsa</i> (10.62)
			红松 <i>Pinus koraiensis</i> (10.27)	卫矛 <i>Euonymus alatus</i> (7)	卵果蕨 <i>Phegopteris connectilis</i> (5.88)
			东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i> (9.05)	瘤枝卫矛 <i>Euonymus verrucosus</i> (5.37)	玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i> (4.65)
V	1,278	11.93	臭冷杉 <i>Abies nephrolepis</i> (16.3)	软枣猕猴桃 <i>Actinidia arguta</i> (39.11)	舞鹤草 <i>Maianthemum bifolium</i> (17.31)
			紫椴 <i>Tilia amurensis</i> (13.27)	瘤枝卫矛 <i>Euonymus verrucosus</i> (13.23)	东北蹄盖蕨 <i>Athyrium brevifrons</i> (12.4)
			鱼鳞云杉 <i>Picea jezoensis</i> (12.41)	木通 <i>Akebia quinata</i> (10.57)	丝引蔓草 <i>Carex remotiuscula</i> (11.46)
			紫花槭 <i>Acer pseudosieboldianum</i> (11.57)	狗枣猕猴桃 <i>Actinidia kolomikta</i> (8.28)	宽叶蔓草 <i>Carex siderosticta</i> (11.38)
			东北红豆杉 <i>Taxus cuspidata</i> (10.7)	辽东楸木 <i>Aralia elata</i> (7.56)	白毛羊胡子草 <i>Eriophorum vaginatum</i> (9.8)

群丛I–V的含义见表3 Associations I–V are the same as Table 3.

毛羊胡子草。

2.3 群落多样性

植物群落组成结构揭示了种间、种与环境的相互关系，同时也体现了群落的动态变化与演替特征。对每块样地的物种多样性指数进行计算，并按群丛进行归类得其物种多样性平均数(图2)。从图2中可以看出，东北红豆杉植物群落的物种丰富度指

数Menhinick指数以草本层的变化幅度较大，变化范围为0.424–1.461，乔木层和灌木层的丰富度较低且变化幅度不大，变化范围分别是0.342–0.635和0.492–0.725。乔木层和草本层一般都具有较高的多样性，乔木层多样性的变化范围是2.395–2.803，草本层的多样性变化范围是2.002–2.564，灌木层多样性低且变化幅度较大，变化范围为1.113–1.873。

均匀度指数显示了物种在群落中的分布情况。草本层的均匀度变化不大,变化范围为0.802–0.816,乔木层和灌木层的均匀度变化范围分别是0.772–0.834和0.73–0.901,灌木层的均匀度变化较明显。

灌木层的优势度指数变化较显著,变化范围是0.186–0.536,乔木层和草本层的优势度变化较小,范围分别是0.097–0.205和0.161–0.224。

将东北红豆杉种群植物群落各层的生物多样性进行比较(图2),得到5个群丛各层多样性指数总

体变化为:乔木层 > 草本层 > 灌木层,均呈现灌木层多样性较低的现象,只有在群丛III中草本层的多样性指数高于灌木层和乔木层。群丛II和群丛III的乔木层的多样性指数变化不明显,但是其Simpson优势度指数和Menhinick丰富度指数却呈现了相反的变化:群丛II丰富度低而优势度高,群丛III丰富度高而优势度低。群丛IV和群丛V是同一地区不同海拔的两个群丛,其生物多样性表现出了较大的差异:群丛IV的海拔相对较高,其乔木层和灌木

图2 东北红豆杉各群丛不同层次物种多样性。图中误差线代表的是标准误。群丛I-V的含义同表3。

Fig. 2 Species diversity of different layers of *Taxus cuspidata* associations. The error bars in the figure represent standard errors. Associations I-V are the same as Table 3.

表5 东北红豆杉不同群丛物种多样性指数差异

Table 5 The difference of species diversity of five *Taxus cuspidata* associations

群丛 Association	Menhinick丰富度指数 Menhinick richness index	Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Pielou均匀度指数 Pielou evenness index	Simpson优势度指数 Simpson dominance index
I	0.521 ± 0.03	1.837 ± 0.018	0.783 ± 0.021	0.302 ± 0.02
II	0.419	2.117	0.842	0.202
III	0.686 ± 0.023	2.248 ± 0.051	0.804 ± 0.013	0.174 ± 0.019
IV	0.940 ± 0.162	2.149 ± 0.057	0.783 ± 0.02	0.236 ± 0.028
V	0.596 ± 0.069	2.356 ± 0.147	0.811 ± 0.013	0.198 ± 0.016

表中数据为平均值 ± 标准误。群丛I-V的含义见表3。

The data in the table is the mean ± standard error. Associations I-V are the same as Table 3.

层的多样性指数略低于群丛V, 但丰富度却略高于群丛V。

种数和各个种在群落中的分布情况共同影响了群落的总体多样性, 因此, Shannon-Wiener指数含有较多群落组成结构、分布状况的信息。对不同群丛总体的物种多样性进行比较可以看出, 东北红豆杉植物群落的多样性指数为群丛V > III > IV > II > I (表5)。群丛I、II和IV具有相对低的多样性指数, 但优势度指数偏高, 且群丛I具有最高优势度(0.302), 群丛II的丰富度最低(0.419), 群丛IV具有最高的丰富度(0.94)。位于相同地点的群丛IV的多样性指数略低于群丛V。5个群丛的均匀度变化不大, 群丛II的均匀度最高(0.842), 而群丛I和群丛IV的均匀度最低(0.783), 群丛III具有最低的优势度(0.174)。

3 讨论

物种及群落的空间分布是不同尺度上气候、土壤、地形等各种因子综合作用的结果, 所以植物群落的本质特征与生境之间存在着一定的相互关系(赵鹏等, 2014)。对植被群落进行数量分类能够定性地反映植被类型与环境的关系, 选取的群落优势种也能够较好地指示群落生境的基本特征。综合本文结果可以看出, 东北红豆杉群落内蔷薇科的种和属数所占比例大, 蔷薇科以温带分布居多, 所以东北红豆杉种群也主要生存在温带。生长群落适合蕨类、舞鹤草、白花酢浆草等喜欢潮湿环境的草本类植物生存, 灌木种类一般较少, 主要灌木物种软枣猕猴桃和狗枣猕猴桃均偏好水分充足土壤肥沃的区域, 五味子和刺五加等喜微酸性的壤土, 可以看出东北红豆杉种群偏好生活在土壤偏酸性且潮湿的生境。

本文主要依据植物物种的重要值作为参考指标对东北红豆杉植物群落进行聚类分析并划分群丛类型, 所得结果基本反映了东北红豆杉植物群落的实际情况。任国学等(2011)认为系统聚类分析可反映不同类型群丛的结构与功能的差异, 并推断差异主要是由不同物种的生态学特性决定, 说明采用群落组织水平的物种多样性指数来表达不同群丛生态学特性是可行的。东北红豆杉植物群落物种重要值经聚类分析, 可划分为5类群丛: 舞鹤草-五味子+狗枣猕猴桃-紫椴+臭冷杉群丛, 东北羊角芹-狗枣猕猴桃-臭冷杉群丛, 盾叶唐松草-狗枣猕猴桃

-臭冷杉群丛, 舞鹤草软枣猕猴桃-红松+紫椴+臭冷杉群丛, 舞鹤草-软枣猕猴桃-紫椴+臭冷杉群丛, 不同的群丛的分布地点和海拔不同, 说明群丛划分符合地区环境条件, 并且随着海拔变化, 群丛成分也发生改变。

经物种多样性分析得到, 东北红豆杉植物群落乔木层和草本层一般都具有较高的多样性, 而灌木层的多样性较低且均匀度变化幅度较大。群丛I和群丛II具有相对较低的多样性和较高的优势度, 群丛I物种多样性最低且优势度最高, 群丛II物种丰富度最低且均匀度指数最高。物种多样性的丧失和优势度的增加是环境退化的典型结果, 一定程度上它们是相互作用的必然结果(徐永明和吕世海, 2011)。但是高优势度并不能证明干扰的发生, 如果可以参考未受干扰的对照地区的物种组成结构和多样性, 才可以证明汪清市杜荒子林场和珲春市马滴答林场是天然的物种贫乏还是由于人为干扰导致的物种丧失。如果有对照数据参考, 再考虑物种丰富度和优势度之间的协变关系, 可以对恢复该地区的生态系统健康起到指导作用。

群丛II的乔木层物种优势度较高而丰富度较低, 群丛III的乔木层物种丰富度较高而优势度较低, 但二者的物种多样性水平接近, 说明物种丰富度较高而均匀度较低的群丛, 其多样性可能与物种丰富度较低而均匀度较高的群丛相同, 这与刘蕾和张峰(2010)的研究结果相一致。仅在群丛III中, 草本层的多样性高于乔木层和灌木层, 是因为草本植物多属于逆境耐受性植物, 能忍受持久和强烈的干扰, 而次生林草本层种类和数量较少的主要原因是群落的盖度高, 林分郁闭度较高以致林下光照不足, 对种子的萌发和生长造成不利影响, 抑制了非耐阴性草本先锋物种的萌发和入侵(陈杰等, 2012; 袁王俊等, 2015)。还有研究表明(Nascimento et al, 2014; 李伟立等, 2014), 在次生林演替初期, 群落多样性的增加首先依赖于草本层, 随着演替的进行, 群落郁闭度升高, 非耐阴性草本物种逐渐被耐阴性草本取代, 最终由乔木层与灌木层取代。本文结果与上述的观点一致: 群丛III的草本层的多样性较高, 究其原因群丛III中的乔木层丰富度高而优势度低, 说明其中优势树种还没有占据群落中的主要位置, 上层林层郁闭度较低, 林下获得了足够的阳光, 使草本层的多样性升高。说明群丛III中金钩岭林场、

兰家林场和荒沟林场可能正处于次生林演替初期, 林分郁闭度低, 草本层更新占主要地位。建议封山育林保护植物群落的自然发育, 在保证自然群落完整性和维持群落物种多样性的基础上, 对次生林进行适度改造, 使群落结构优化(任斌斌等, 2010)。此外, 由于植物群落物种多样性与土壤肥力和间伐强度有不同程度的相关性, 建议注重对地表枯枝落叶的积累, 并适度进行间伐抚育和人为干预, 以保持和提高土壤肥力并推进植物群落结构的演替进程(季荣飞等, 2015)。

根据王育鹏等(2018)的研究结果, 随着海拔上升, 群落的物种多样性呈下降趋势。群丛IV和群丛V均位于和龙市荒沟林场, 随着海拔上升, 其物种多样性下降, 与前人研究结果一致。群落的结构类型和组织水平与物种多样性指数有着紧密的关系, 群落组成结构越复杂, 物种越丰富, 其多样性指数就越高(李旭华等, 2013)。5个群丛中, 位于和龙林业局荒沟林场的群丛V的多样性指数最高。该群丛包括样地1、2, 因位置偏僻、人为干扰较少、海拔较低、生境良好、群落物种丰富且均匀, 所以物种多样性高, 这与赵天梁(2017)对华北落叶松(*Larix principis rupprechtii*)的研究结果一致。

在东北红豆杉种群发生发展的过程中, 除了物种多样性等生物因素外, 非生物因素如气候、土壤、地形以及人为干扰都会对其生长产生显著影响。除了本文所研究的植物群落组成及其物种多样性, 还有很多领域有待深入研究, 如土壤理化性质对种群发育的响应、气候条件对种群产生的影响等。

参考文献

- Chen J, Guo YL, Lu XL, Ding SY, Su S, Guo JJ, Li QX (2012) Species diversity of herbaceous communities in the Yiluo River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 3021–3030. (in Chinese with English abstract) [陈杰, 郭屹立, 卢训令, 丁圣彦, 苏思, 郭静静, 李乾玺 (2012) 伊洛河流域草本植物群落物种多样性. *生态学报*, 32, 3021–3030.]
- Chen J, Long T, Yang L, Wang Y, Xu C, Li JW (2019) Habitat suitability assessment of *Taxus cuspidata*. *Journal of Beijing Forestry University*, 41(4), 51–59. (in Chinese with English abstract) [陈杰, 龙婷, 杨蓝, 王寅, 徐超, 李景文 (2019) 东北红豆杉生境适宜性评价. *北京林业大学学报*, 41(4), 51–59.]
- Chen TG, Zhang JT (2000) Plant species diversity of Shenweigou in Guandi Mountains (Shanxi, China) I. Richness, evenness and diversity indexes. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 6, 406–411. (in Chinese with English abstract) [陈廷贵, 张金屯 (2000) 山西关帝山神尾沟植物群落物种多样性与环境关系的研究 I. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. *应用与环境生物学报*, 6, 406–411.]
- Diao YF, Jin GZ, Tian SY, Liu YK, Liu YL, Han LD, Li YH (2016) Species composition and community structure of a *Taxus cuspidata* forest in Muling Nature Reserve of Heilongjiang Province, China. *Scientia Silvae Sinicae*, 52(5), 26–36. (in Chinese with English abstract) [刁云飞, 金光泽, 田松岩, 刘延坤, 刘玉龙, 韩丽冬, 李云红 (2016) 黑龙江省穆棱东北红豆杉林物种组成与群落结构. *林业科学*, 52(5), 26–36.]
- Ji RF, Zhou SX, Huang CD, Zhang J, Li XW, He CL (2015) Effects of different thinning intensity on the understory diversity within *Cupressus funebris* low-efficiency plantation. *Journal of Northeast Forestry University*, 43(5), 68–74. (in Chinese with English abstract) [季荣飞, 周世兴, 黄从德, 张建, 李宪伟, 何传龙 (2015) 间伐强度对柏木低效人工林灌草多样性的影响. *东北林业大学学报*, 43(5), 68–74.]
- Li WL, Yu Q, Guo XY, Da LJ (2014) Community dynamics in different successional stages of secondary *Pinus massoniana* forest in south Anhui Province. *Chinese Journal of Ecology*, 33, 1997–2004. (in Chinese with English abstract) [李伟立, 余倩, 郭雪艳, 达良俊 (2014) 皖南次生马尾松林自然演替进程中的群落动态. *生态学杂志*, 33, 1997–2004.]
- Li XH, Deng YL, Zhang F, Dong G, Li SG (2013) Species diversity of forest communities in Pangquangou Nature Reserve, Shanxi of China. *Chinese Journal of Ecology*, 32, 1667–1673. (in Chinese with English abstract) [李旭华, 邓永利, 张峰, 董刚, 李世广 (2013) 山西庞泉沟自然保护区森林群落物种多样性. *生态学杂志*, 32, 1667–1673.]
- Liu L, Zhang F (2010) Species diversity of plant community in Baiyundong Scenic Spot, Lishan Mountains, Shanxi. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 33, 468–472. (in Chinese with English abstract) [刘蕾, 张峰 (2010) 历山白云洞景区植物群落物种多样性研究. *山西大学学报(自然科学版)*, 33, 468–472.]
- Liu T (2007) Population Ecology of Natural Japanese Yew. PhD dissertation, Northeast Forestry University, Harbin. (in Chinese with English abstract) [刘彤 (2007) 天然东北红豆杉种群生态学研究. 博士学位论文, 东北林业大学, 哈尔滨.]
- Lomolino MV (2001) Elevation gradients of species-density: Historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 3–13.
- Ma XY, Shangguan TL (2004) Species diversity of the forest communities in Taiyue Mountain, Shanxi. *Journal of Mountain Science*, 22, 606–612. (in Chinese with English abstract) [马晓勇, 上官铁梁 (2004) 太岳山森林群落物种多样性. *山地学报*, 22, 606–612.]
- Nascimento LMD, Everardo VSB, Rodal MJN, Lins-E-Silva

- ACB (2014) Secondary succession in a fragmented Atlantic forest landscape: Evidence of structural and diversity convergence along a chronosequence. *Journal of Forest Research*, 19, 501–513.
- Ren BB, Li SH, Zhu CY, Zhang XT (2010) Numerical classification and ordination of forest vegetation communities in Yushan Mountain, Changshu. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 34(3), 45–50. (in Chinese with English abstract) [任斌斌, 李树华, 朱春阳, 张晓彤 (2010) 常熟虞山森林植被群落数量分类与排序. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 34(3), 45–50.]
- Ren GX, Liu JF, Xu DW, Hong W, Zheng SQ, Huang ZS (2011) Analysis on classification and species diversity of *Pinus taiwanensis* community in Daiyun Mountain National Nature Reserve. *Journal of Plant Resources and Environment*, 20(3), 82–88. (in Chinese with English abstract) [任国学, 刘金福, 徐道伟, 洪伟, 郑世群, 黄志森 (2011) 戴云山国家级自然保护区黄山松群落类型与物种多样性分析. *植物资源与环境学报*, 20(3), 82–88.]
- Wang DD, Zhang YW (2019) Identification and genetic diversity analysis of *Taxus cuspidata* hybrid. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 51(1), 113–118. (in Chinese with English abstract) [王丹丹, 张彦文 (2019) 东北红豆杉杂交种鉴定及遗传多样性分析. *东北师大学报(自然科学版)*, 51(1), 113–118.]
- Wang L (2010) SPSS Statistical Analysis Foundation, Application and Practice. Chemical Industry Press, Beijing. (in Chinese) [王璐 (2010) SPSS统计分析基础、应用与实践. 化学工业出版社, 北京.]
- Wang YP, Hong X, Liu K, Li JH, Zhou SB, Zhang DL, Chen WH (2018) Floristic analysis of seed plants and altitudinal patterns of plant species diversity on the northern slope of Guniujiang National Nature Reserve in Anhui. *Scientia Silvae Sinicae*, 54(4), 165–173. (in Chinese with English abstract) [王育鹏, 洪欣, 刘坤, 李建辉, 周守标, 张丁来, 陈文豪 (2018) 安徽牯牛降北坡种子植物区系特征及其多样性的海拔梯度变化. *林业科学*, 54(4), 165–173.]
- Wu SX, Liu YH, Zhang LM, Shang FQ, Tan CQ (2018) Growth stability analysis of *ex situ* conservation of *Taxus cuspidata* seedlings from different sources. *Journal of Beijing Forestry University*, 40(12), 27–37. (in Chinese with English abstract) [吴世雄, 刘艳红, 张利民, 尚福强, 谭成权 (2018) 不同产地东北红豆杉幼苗迁地保护的生存稳定性分析. *北京林业大学学报*, 40(12), 27–37.]
- Xu YM, Lv SH (2011) Effects of wind desertification on the biodiversity of grassland vegetation of Hulunbeir steppe. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 25(4), 133–137. (in Chinese with English abstract) [徐永明, 吕世海 (2011) 风蚀沙化对草原植被生物多样性的影响——以呼伦贝尔草原为例. *干旱区资源与环境*, 25(4), 133–137.]
- Yuan WJ, Lu XL, Zhang WR, Wang ZH, Zhang LM, Ding SY (2015) Plant's diversity of different vegetation types. *Acta Ecologica Sinica*, 35, 4651–4657. (in Chinese with English abstract) [袁王俊, 卢训令, 张维瑞, 王智慧, 张灵敏, 丁圣彦 (2015) 不同植被类型植物物种多样性. *生态学报*, 35, 4651–4657.]
- Zhao P, Xu XY, Jin HX, Zhang JH, Tang WD, Chai CW, Dong ZL (2014) Quantitative classification and ordination analysis on vegetation in the Minqin Oasis-Desert ecotone. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 34, 364–371. (in Chinese with English abstract) [赵鹏, 徐先英, 金红喜, 张进虎, 唐卫东, 柴成武, 董志玲 (2014) 民勤绿洲荒漠过渡带植物群落数量分类和排序研究. *西北植物学报*, 34, 364–371.]
- Zhao TL (2017) Species diversity of *Larix principis rupprechtii* communities in Shanxi Province of northern China. *Journal of Beijing Forestry University*, 39(6), 45–50. (in Chinese with English abstract) [赵天梁 (2017) 山西华北落叶松群落物种多样性. *北京林业大学学报*, 39(6), 45–50.]

(责任编辑: 郝占庆 责任编辑: 时意专)

附录 Supplementary Material

附录1 东北红豆杉天然种群概况表

Appendix 1 *Taxus cuspidata* population profile

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019112-1.pdf>

附录1 东北红豆杉天然种群概况表

Appendix 1 *Taxus cuspidata* population profile

编号	优势种组	海拔	坡度	分布林场	经纬度	Latitude and longitude
No.	Dominant group	Altitude (m)	Slope (°)	Forest Farm	N	E
1	舞鹤草-软枣子-臭冷杉 <i>Maianthemum bifolium-Actinidia arguta-Abies nephrolepis</i>	866	26 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°24'23"	128°38'4"
2	舞鹤草-软枣子-臭冷杉 <i>Maianthemum bifolium-Actinidia arguta-Abies nephrolepis</i>	813.1	30 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°24'24.9"	128°40'5.9"
3	舞鹤草-刺五加-花楷槭 <i>Maianthemum bifolium-Acanthopanax senticosus-Acer ukurunduense</i>	1,021	30 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°24'27.9"	128°40'7.8"
4	卵果蕨-软枣子-花楷槭 <i>Phegopteris connectilis-Actinidia arguta-Acer ukurunduense</i>	998.4	29 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°24'28.5"	128°40'10.8"
5	舞鹤草-软枣子-花楷槭 <i>Maianthemum bifolium-Actinidia arguta-Acer ukurunduense</i>	979.5	32 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°24'06.7"	128°39'54.0"
6	舞鹤草-软枣子-红松 <i>Maianthemum bifolium-Actinidia arguta-Pinus koraiensis</i>	1,130	12 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°23'58.8"	128°40'0.9"
7	舞鹤草-软枣子-花楷槭 <i>Maianthemum bifolium-Actinidia arguta-Acer ukurunduense</i>	1,030	23 °	和龙市荒沟林场 Helong Forest Farm	42°23'45"	128°39'56"

刘丹, 郭忠玲, 崔晓阳, 范春楠. 5种东北红豆杉植物群丛及其物种多样性的比较. 生物多样性, 2020, 28 (3): 340–349. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019112>

编号	优势种组	海拔	坡度	分布林场	经纬度 Latitude and longitude	
No.	Dominant group	Altitude (m)	Slope (°)	Forest Farm	N	E
8	白花酢浆草–长白忍冬–臭冷杉 <i>Oxalis acetosella</i> – <i>Lonicera ruprechtiana</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	873.3	13 °	金钩岭林场 Jingouling Forest Farm	43°22'29"	130°9'33.9"
9	盾叶唐松草–狗枣子–臭冷杉 <i>Thalictrum ichangense</i> – <i>Actinidia kolomikta</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	694.2	17 °	金沟岭林场 Jingouling Forest Farm	43°21'37"	130°10'12.8"
10	舞鹤草–狗枣子–臭冷杉 <i>Maianthemum bifolium</i> – <i>Actinidia kolomikta</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	910.5	14 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°12'24"	130°36'35.3"
11	舞鹤草–辽东楸木–臭冷杉 <i>Maianthemum bifolium</i> – <i>Aralia elata</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	907	13 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°12'22.7"	130°36'35.7"
12	丝引蔓草–长白忍冬–紫椴 <i>Carex remotiuscula</i> – <i>Lonicera ruprechtiana</i> – <i>Tilia amurensis</i>	856.8	21 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°12'27.7"	130°36'36.7"
13	丝引蔓草–狗枣子–臭冷杉 <i>Carex remotiuscula</i> – <i>Actinidia kolomikta</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	808.1	18 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°12'23.0"	130°36'25.8"
14	盾叶唐松草–五味子–臭冷杉 <i>Thalictrum ichangense</i> – <i>Schisandra chinensis</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	818.6	18 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°12'28.6"	130°36'25.3"
15	东北羊角芹–软枣子–臭冷杉 <i>Aegopodium alpestre</i> – <i>Actinidia arguta</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	936.6	24 °	杜荒子林场 Duhuangzi Forest Farm	43°11'51.3"	130°36'25.7"

刘丹, 郭忠玲, 崔晓阳, 范春楠. 5种东北红豆杉植物群丛及其物种多样性的比较. 生物多样性, 2020, 28 (3): 340–349. <http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019112>

编号	优势种组	海拔	坡度	分布林场	经纬度 Latitude and longitude	
No.	Dominant group	Altitude (m)	Slope (°)	Forest Farm	N	E
16	盾叶唐松草–刺五加–臭冷杉 <i>Thalictrum ichangense</i> – <i>Acanthopanax senticosus</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	900.4	3 °	荒沟林场 Huanggou Forest Farm	43°18'45.8"	130°19'31"
17	盾叶唐松草–东北茶藨–髭脉槭 <i>Thalictrum ichangense</i> – <i>Ribes mandshuricum</i> – <i>Acer barbinerve</i>	700	12 °	兰家林场 Lanjia Forest Farm	43°26'19"	130°57'25"
18	盾叶唐松草–狗枣子–髭脉槭 <i>Thalictrum ichangense</i> – <i>Actinidia kolomikta</i> – <i>Acer barbinerve</i>	789.1	7 °	兰家林场 Lanjia Forest Farm	43°26'19.4"	130°57'15.8"
19	白花酢浆草–东北溲疏–臭冷杉 <i>Oxalis acetosella</i> – <i>Deutzia parviflora</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	766.9	27 °	兰家林场 Lanjia Forest Farm	43°27'11.6"	130°56'12.4"
20	东北羊角芹–狗枣子–臭冷杉 <i>Aegopodium alpestre</i> – <i>Actinidia kolomikta</i> – <i>Abies nephrolepis</i>	745	20 °	马滴答林场 Madida Forest Farm	43°9'35.5'	130°41'23.5"