

辽东山地老秃顶子冰缘地貌植物群落多样性

孙明扬¹, 张华^{1,2}, 罗璇¹, 刘剑刚¹, 祝业平³, 兰玉波³, 王颖³, 马明军³

(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 桓仁 117218)

摘要: [目的] 研究老秃顶子冰缘地貌植物群落的多样性特征, 为其上植被的保护提供科学依据。[方法] 基于 48 个样地的群落调查数据, 采用物种丰富度指数和 α 多样性指数, 对石海、石河、石流坡 3 种冰缘地貌植物群落的多样性进行定量研究, 并对其影响因素进行分析。[结果] (1) 植被划分为 22 个群系, 6 种植被类型, 其中石河地貌上植被类型以落叶阔叶林、针阔混交林为主; 石海地貌上以灌丛、灌草丛为主; 石流坡地貌上以针阔混交林为主, 22 个群系对应分布于 3 种地貌, 有些群系具有专有性, 有些具有共有性。(2) 3 种冰缘地貌群落总体综合多样性指数大小依次为: 石河 > 石流坡 > 石海, 乔木层、灌木层综合多样性指数变化均次为: 石河 > 石流坡 > 石海; 草本层依次为石海 > 石流坡 > 石河。(3) 不同植被类型、不同植物群系的物种多样性因所处的生境特征不同而出现差异。(4) 地形因子中的海拔对植物群落物种多样性指数影响最大, 且灌木层的物种多样性对海拔敏感程度最小。[结论] 研究区植物群落的多样性特征较好, 海拔是影响多样性指数的主导因子。

关键词: 冰缘地貌; 物种丰富度指数; α 多样性指数; 老秃顶子国家级自然保护区; 辽东山地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)01-0075-07

中图分类号: Q948.15

文献参数: 孙明扬, 张华, 罗璇, 等. 辽东山地老秃顶子冰缘地貌植物群落多样性[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 75-81. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.014

Plant Community Diversity in Periglacial Landform of Mount Laotudingzi in Mountainous Area in Eastern Liaoning Province

SUN Mingyang¹, ZHANG Hua^{1,2}, LUO Xuan¹, LIU Jiangang¹,
ZHU Yeping³, LAN Yubo³, WANG Ying³, MA Mingjun³

(1. College of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China; 2. Center for Studies of Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China; 3. Administration of Laotudingzi National Nature Reserve, Huanren, Liaoning 117218, China)

Abstract: [Objective] The objective of the paper is to investigate the plant community diversity in Periglacial Landform of Mount Laotudingzi in order to provide the scientific basis for plant protection in this area. [Methods] Based on the data collected from 48 sample plots, we used species richness index and α diversity index to analyze the species diversity of the plant communities in rock stream, rock block field and rock glacier slope of Mount Laotudingzi. We also analyzed the related environmental factors. [Results] (1) Plant communities can be divided into 16 forest formations and 6 bushy formations belonging to 6 vegetation types which were broadleaved deciduous forest, theropencedrymion, dark coniferous forest, elfin forest, bush wood and meadow thicket. Of them, the theropencedrymion, broadleaved deciduous forest and dark coniferous forest mainly distributed in landform of rock stream; The bush wood and meadow thicket, the theropencedrymion and elfin forest mainly distributed in landform of rock block fields. The theropencedrymion, broadleaved deciduous forest, bush wood, elfin forest mainly distributed in landform of rock glacier side. Among 22 formations, some were distributed very locally, some may occur in all three habitats. (2) The value of comprehensive biodiversity index of plant community was: rock stream > rock glacier slop > rock block field; The value of biodiversity index of tree layer and shrub layer was also: rock stream > rock glacier slop > rock block field; The value of biodiversity index of herb layer was: rock block field > rock glacier slop >

收稿日期: 2014-11-27

修回日期: 2014-12-11

资助项目: 国家自然科学基金资助项目“辽东山地老秃顶子冰缘地貌植物群落稳定性研究”(41271064)

第一作者: 孙明扬(1990—), 女(汉族), 辽宁省朝阳市人, 研究生, 主要从事土壤、植物生态学研究。E-mail: mysun1990@163.com.

通讯作者: 张华(1965—), 女(汉族), 山东省东明市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事恢复生态学方面的研究。E-mail: zhanghua0323@sina.com.

rock stream; (3) Species diversity was significantly different between different vegetation types; (4) Among the topographic factors, the altitude had the greatest impact on species diversity index, and the diversity index of shrub layer was the least sensitive to the elevation change. [Conclusion] The study area has relative high diversity, altitude is the dominant factor affecting the diversity pattern.

Keywords: periglacial landform; species richness index; α diversity index; Laotudingzi national nature reserve; mountainous area in Liaoning Province

冰缘地貌(periglacial landform)是由寒冻风化和冻融作用形成的地表形态,一般指无冰川覆盖的气候严寒地区的冻土分布区和季节冻土区发育的冰缘地貌,因而冰缘地貌又称冻土地貌^[1]。辽东地区冻土环境属于季节性冻土,冰期内地表受到强烈的风化作用,使得山体岩层崩解分离,同时又因为坡度、坡向的原因,散落的岩块、碎屑常堆积于缓坡或谷地,形成了3种典型的冰缘地貌即石河、石海、石流坡。又因乱石杂乱无章的堆积,当地人也将该地貌称为“乱石窖”或“跳石塘”。物种多样性(species diversity)在生态学意义上是指物种分布的均匀程度,常常从群落的组织水平上进行研究^[2]。

目前国内外对于冰缘地貌与植被生态学的关系研究还比较少见^[3-5], Cannone等^[3]对挪威斯瓦尔巴群岛西北部植被分布格局与冰缘地貌的关系进行了探讨;梁四海等^[4]对黄河源区冻土对植被的影响因素进行了分析;而冰缘地貌与植物群落多样性的研究更为少见,吕秀枝等^[5]对五台山冰缘地貌植物群落多样性进行了研究,并得出,五台山不同冰缘地貌的植物群落类型具有专有性和共有性,冰缘地貌群落类型的组成受海拔高度和土层厚度影响,群落物种多样性的主要受控因素为海拔高度。目前,对于辽东山地老秃顶子冰缘地貌的研究仅限于对其冰缘地貌的形成、形态以及老秃顶子冰缘地貌地区植被生态学单方面的研究^[6-12],尚未见把老秃顶子冰缘地貌与其植被生态学联系到一起进行研究。

本文通过对老秃顶子冰缘地貌的野外调查和植物群落多样性相结合,对老秃顶子冰缘地貌的植物群落多样性的特征与冰缘地貌类型及其生境因子的关系进行研究。旨在揭示老秃顶子冰缘地貌植物群落的类型、分布、组成及其多样性特征与其所在冰缘地貌、生境因子的关系,从而为冰缘地貌上的植被的保护提供基础的科学依据。

1 研究区概况

辽东山地老秃顶子系长白山系龙岗支脉的西南延伸地段,位于辽宁省东部桓仁、新宾两县交界处,地处辽宁老秃顶子国家级自然保护区核心区内,124°41'13"—125°5'15"E,41°11'11"—41°21'34"N。主峰海拔高1 367.3 m,相对高差867 m,为辽宁省最高

峰。区内气候属于温带大陆性季风湿润气候,年平均气温6.0℃,年无霜期139 d,年降雨量651~1 315 mm,年平均相对湿度72%;土壤类型主要以棕壤和暗棕壤为典型代表,结构疏松,有机质含量高,适宜多种植物的生长繁育;东、南、西、北4个坡面自山麓(海拔500 m)至峰顶均分布有比较明显的植被垂直带谱,森林覆盖率高达97%,属典型的北温带中山山地森林生态系统,地带性植被为温性落叶阔叶林,植物区系属长白植物区系的西南边缘,兼有华北植物区系的过渡性^[8-11],植物物种资源丰富,现已查明有真菌植物50科44种,地衣植物13科84种,苔藓植物50科204种,维管束植物123科1 199种。维管束植物中有蕨类植物19科60种,裸子植物4科33种,双子叶植物85科924种,单子叶植物15科182种^[12],主要优势科有菊科(Compositae)、蔷薇科(Rosaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、百合科(Liliaceae)、伞形科(Apiaceae)、杨柳科(Salicaceae)、莎草科(Cyperaceae)、唇形科(Labiatae)等。

山体主峰及四周山峰的沟谷地带和坡面上分布有面积约1 500 hm²的石海、石河、石流坡冰缘地貌^[6-8]。以主峰东坡的场子沟、北坡的冰壶沟和西坡的大东沟分布最为集中,自海拔600 m至峰顶均有分布。其中石海集中分布在相对平缓的峰顶,平均坡度7°,面积较小,砾石间混乱无序接触,砾石间隙土层深厚,多发育灌草丛,覆盖度极高,几乎完全覆盖石海;石河分布在沟谷地带,呈狭窄线状延伸,在海拔800~1 100 m的局部地段可达20~30 m厚,沉积面坡度4°~36°,混乱无序搭接的砾石间隙土层薄厚不等,多发育森林植被,郁闭度极高,多在0.8以上。石河多处有地下暗河流淌,石块搭接形成的缝隙中夏季亦有结冰现象,导致该地貌土壤温度较低;石流坡则分布在海拔较高的基岩坡面上,平均坡度16°,其规模往往可从山脊延伸到沟谷,砾石堆积形式更不规则,不稳定性高于石河地貌,其上发育森林、灌丛植被,覆盖度亦很高。

2 研究方法

2.1 样方调查法

于2013年6—7月,视老秃顶子冰缘地貌植被生

长发育状况,分别在石海、石河、石流坡地貌设置调查样地 7,24,17 块。在植被类型为森林和矮曲林的调查样地各设置乔木层样方 1 个,面积为 20 m×30 m,主要记录胸径(DBH)≥5 cm 的所有植株的种类、胸径、树高、冠幅及树龄,并测定林冠郁闭度;灌木层样方 4 个,面积均为 5 m×5 m,布设在乔木层样方的四角,主要测定 DBH<5 cm 的所有木本个体(包括乔木幼苗和幼树、木质藤本植物)的种类、基径、丛高、冠幅和分盖度;草本层样方 5 个,面积均为 1 m×1 m,布设在乔木层样方的四角和中心位置,测定总覆盖度,

并记录种类及各植物种的分盖度、株丛数和平均高度。在植被类型为灌丛和灌草丛的调查样地各设置灌木层样方 4 个,草本层样方 5 个,其样方面积、布设部位及调查因子与森林调查样地相同。共调查 39 个乔木样方,192 个灌木样方,240 个草本样方。共记录乔木种类 37 种,隶属 13 科 21 属,灌木种类 56 种,隶属 21 科 40 属,草本种类 123 种,隶属 42 科 92 属。同时记录每块样地的经纬度(易测宝 T2 GIS 采集器测定)、海拔高度、坡度、坡向(从 1:50 000 DEM 数据中提取)、土壤类型及土层厚度、植被型及分布地段等详见表 1。

表 1 辽东山地老秃顶子样地基本情况

样地编号	地貌类型	经度	纬度	海拔/ m	坡度/ (°)	坡向/ (°)	土壤类型	土层/cm	分布地段	植被类型
C ₁	石流坡	124°54'25"E	41°19'38"N	840	14	19	棕壤	5—20	东坡场子沟	森林
C ₂	石河	124°54'36"E	41°19'46"N	747	24	359	棕壤	40—60	东坡场子沟	森林
C ₃	石河	124°54'38"E	41°19'52"N	701	8	10	棕壤	5—40	东坡场子沟	森林
C ₄	石河	124°54'33"E	41°19'51"N	719	5	78	棕壤	5—20	东坡场子沟	森林
C ₅	石河	124°54'26"E	41°19'46"N	775	14	28	棕壤	5—30	东坡场子沟	森林
C ₆	石河	124°54'19"E	41°19'48"N	810	21	135	棕壤	5—30	东坡场子沟	森林
C ₇	石河	124°52'04"E	41°20'22"N	689	22	294	棕壤	5—15	北坡小冰壶沟	森林
C ₈	石河	124°52'10"E	41°20'15"N	780	36	294	棕壤	5—20	北坡小冰壶沟	森林
C ₉	石河	124°52'15"E	41°20'10"N	843	27	252	棕壤	5—30	北坡小冰壶沟	森林
C ₁₀	石河	124°52'15"E	41°20'04"N	875	23	335	棕壤	5—20	北坡小冰壶沟	森林
C ₁₁	石海	124°53'05"E	41°19'22"N	1 319	2	102	山地暗棕壤	80—100	山顶	灌丛
C ₁₂	石海	124°53'03"E	41°19'23"N	1 317	4	313	山地暗棕壤	50—60	山顶	矮曲林
C ₁₃	石海	124°53'00"E	41°19'22"N	1 316	19	241	山地暗棕壤	15—20	山顶	灌草丛
C ₁₄	石河	124°54'37"E	41°19'52"N	700	11	29	棕壤	15—20	东坡场子沟	森林
C ₁₅	石河	124°54'33"E	41°19'53"N	722	7	114	棕壤	5—12	东坡场子沟	森林
C ₁₆	石河	124°54'29"E	41°19'54"N	742	16	123	棕壤	5—17	东坡场子沟	森林
C ₁₇	石流坡	124°54'17"E	41°19'55"N	822	12	76	棕壤	5—10	东坡场子沟	森林
C ₁₈	石流坡	124°54'16"E	41°19'54"N	838	13	96	棕壤	5—12	东坡场子沟	森林
C ₁₉	石河	124°54'41"E	41°19'50"N	715	34	353	棕壤	30—40	东坡场子沟	森林
C ₂₀	石河	124°54'30"E	41°19'47"N	753	18	6	棕壤	20—30	东坡场子沟	森林
C ₂₁	石河	124°54'16"E	41°19'42"N	829	14	90	棕壤	5—10	东坡场子沟	森林
C ₂₂	石河	124°54'12"E	41°19'41"N	862	20	44	棕壤	6—7	东坡场子沟	森林
C ₂₃	石海	124°52'59"E	41°19'23"N	1 302	6	274	暗棕壤	60—70	山顶	灌丛
C ₂₄	石海	124°52'55"E	41°19'23"N	1 293	14	289	山地暗棕壤	60—70	山顶	灌草丛
C ₂₅	石流坡	124°52'56"E	41°19'24"N	1 294	18	311	山地暗棕壤	10—20	北坡上部	矮曲林
C ₂₆	石流坡	124°52'58"E	41°19'25"N	1 296	19	343	山地暗棕壤	5—10	北坡上部	森林
C ₂₇	石流坡	124°53'03"E	41°19'27"N	1 279	11	15	山地暗棕壤	10—20	北坡上部	森林
C ₂₈	石流坡	124°53'05"E	41°19'24"N	1 301	21	8	山地暗棕壤	90—100	北坡上部	灌丛
C ₂₉	石流坡	124°53'21"E	41°19'29"N	1 224	19	44	山地暗棕壤	60—70	东坡场子沟	森林
C ₃₀	石流坡	124°53'27"E	41°19'33"N	1 172	25	71	山地暗棕壤	5—20	东坡场子沟	森林
C ₃₁	石河	124°53'35"E	41°19'31"N	1 122	12	57	山地暗棕壤	5—20	东坡场子沟	森林
C ₃₂	石河	124°53'40"E	41°19'31"N	1 102	23	34	山地暗棕壤	5—30	东坡场子沟	森林
C ₃₃	石海	124°52'39"E	41°19'25"N	1 276	2	128	山地暗棕壤	30—50	山顶	灌丛
C ₃₄	石海	124°52'40"E	41°19'26"N	1 276	2	238	山地暗棕壤	5—10	山顶	森林
C ₃₅	石流坡	124°52'39"E	41°19'29"N	1 268	12	15	山地暗棕壤	10—30	北坡小冰壶沟上部	森林
C ₃₆	石流坡	124°52'39"E	41°19'34"N	1 211	35	1	山地暗棕壤	10—30	北坡小冰壶沟上部	森林
C ₃₇	石流坡	124°52'39"E	41°19'45"N	1 115	23	353	山地暗棕壤	40—50	北坡小冰壶沟上部	森林
C ₃₈	石流坡	124°53'18"E	41°19'23"N	1 278	12	117	山地暗棕壤	90—100	东坡场子沟上部	灌丛
C ₃₉	石流坡	124°53'22"E	41°19'24"N	1 260	3	113	山地暗棕壤	90—100	东坡场子沟上部	灌丛
C ₄₀	石河	124°53'44"E	41°19'31"N	1 091	34	4	山地暗棕壤	10—30	东坡场子沟	森林
C ₄₁	石河	124°54'01"E	41°19'37"N	934	24	353	山地暗棕壤	5—15	东坡场子沟	森林
C ₄₂	石河	124°54'05"E	41°19'39"N	899	14	37	山地暗棕壤	5—15	东坡场子沟	森林
C ₄₃	石流坡	124°53'15"E	41°19'04"N	1 215	15	138	山地暗棕壤	40—50	南坡三道沟	灌丛
C ₄₄	石流坡	124°53'12"E	41°19'01"N	1 220	1	305	山地暗棕壤	40—50	南坡三道沟	森林
C ₄₅	石流坡	124°53'01"E	41°18'59"N	1 142	15	237	山地暗棕壤	40—50	南坡三道沟	森林
C ₄₆	石河	124°52'51"E	41°18'57"N	1 080	4	223	山地暗棕壤	5—30	南坡三道沟	森林
C ₄₇	石河	124°52'49"E	41°18'46"N	1 000	14	241	山地暗棕壤	5—15	南坡三道沟	森林
C ₄₈	石河	124°52'37"E	41°18'27"N	827	18	193	棕壤	5—30	南坡三道沟	森林

2.2 数据统计分析

2.2.1 物种重要值计算 区分乔木层、灌木层和草

$$\text{乔木层物种重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对优势度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度}) / 4 \quad (1)$$

$$\text{灌木层物种重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对基盖度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 5 \quad (2)$$

$$\text{草本层物种重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 4 \quad (3)$$

2.2.2 物种多样性测度

(1) 物种丰富度 S :

不同层次物种丰富度 =

$$\text{出现在样地不同层次内的物种数} \quad (4)$$

植物群落总体物种丰富度 =

$$\text{乔、灌、草各层物种丰富度之和} \quad (5)$$

(2) α 多样性:

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (6)$$

$$\text{Simpson 指数(优势度指数) } D' = 1 - \sum P_i^2 \quad (7)$$

式中: P_i ——乔木层、灌木层、草本层各物种的重要值。

(3) 群落总体 α 多样性。

$$X = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 \quad (8)$$

式中: X ——群落总体多样性指数; X_1, X_2, X_3 ——乔木层、灌木层、草本层的多样性指数; W_1, W_2, W_3 ——给定乔木层、灌木层、草本层的权重系数, 这里采用 0.5, 0.25, 0.25^[14]。

2.2.3 数据处理 所有的数据处理与分析以及图表的制作均采用 Excel 及 SPASS 19.0 软件进行。

3 结果与分析

3.1 不同冰缘地貌类型植被分布格局

本次调查共记录到维管束植物 68 科 138 属 193 种。其中, 石海地貌分布有 40 科 78 属 104 种植物, 石河地貌分布有 62 科 108 属 145 种植物, 石流坡地貌分布有 56 科 104 属 137 种植物。依据 TWINS-PAN 分类结果, 结合植物群落学和其它生态学原则以及特征种对群落分类的意义, 同时依据《中国植被》^[15] 的分类原则和系统, 老秃顶子冰缘地貌植被可划分为 16 个森林群系 (F_1 — F_{16}) 和 6 个灌丛群系 (S_1 — S_6), 归并为 6 种植被类型, 即落叶阔叶林、针阔混交林、暗针叶林、矮曲林、灌丛和灌草丛。各群系命名、对应的植被型、所含样地编号、样地分布区平均海拔高度等信息如表 2 所示。

本研究中包括的植物有: 臭松冷杉 (*Abies nephrolepi*), 岳桦 (*Betula ermanii*), 簇毛槭 (*Acer barbinerve*), 长白鱼鳞云杉 (*Picea jezoensis* var. *komarovii*), 大青杨 (*Populus ussuriensis*), 紫椴 (*Tilia amurensis*), 枫桦 (*Betula costata*), 红松 (*Pinus koraiensis*), 色木槭 (*Acer pictum*), 裂叶榆 (*Ulmus laciniata*), 黄榆 (*Ulmus macrocarpa*), 蒙古栎 (*Quercus*

本层计算物种重要值^[13]。其中:

mongolica), 紫花槭 (*Acer pseudo-sieboldianum*), 水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*), 核桃楸 (*Juglans mandshurica*), 千斤榆 (*Carpinus cordata*), 毛榛子 (*Corylus mandshurica*), 锦带花 (*Weigela florida*), 细叶苔草 (*Carex rigescens*), 小叶章 (*Calamagrostis menhoferi*), 太平洋蓼 (*Polygonum pacificum*), 小楷槭 (*Acer komarovii*), 鸡树条荚蒾 (*Viburnum opulus*), 长果刺玫蔷薇 (*Rosadavurica* var.), 东北羊角芹 (*Aegopodium alpestre*), 糙苏 (*Phlomis umbrosa*), 大翅卫矛 (*Euonymus macropterus*), 山楂叶悬钩子 (*Rubus crataegifolius*)。

3.2 不同冰缘地貌类型植物群落物种多样性指数分析

从表 2 可以看出, 石河地貌上分布 3 种植被类型, 即落叶阔叶林 (42%)、针阔混交林 (50%)、暗针叶林 (8%); 石海地貌上分布 4 种植被类型, 即灌丛 (43%)、灌草丛 (29%)、矮曲林 (14%)、针阔混交林 (14%); 石流坡地貌上分布 4 种植被类型, 即针阔混交林 (47%)、落叶阔叶林 (23.5%)、灌丛 (23.5%)、矮曲林 (6%)。老秃顶子冰缘地貌 22 个植物群系对应分布于 3 种冰缘地貌, 有些群系类型只见于特定的冰缘地貌, 例如, 群系 $F_6, F_9, F_{10}, F_{13}, F_{14}, F_{15}, F_{16}$ 只见于石河地貌; 群系 S_2, S_3, S_5 只见于石海地貌; 群系 $F_1, F_3, F_7, F_8, S_1, S_6$ 只见于石流坡地貌。有些群系为两种地貌所共有, 群系 S_4, F_2, F_4 为石海与石流坡共有, 群系 F_5, F_{11}, F_{12} 为石河与石流坡共有。由此可见, 有些群系具有共有性, 有些群系具有专有性。

根据本次调查的 48 个样方数据, 计算不同地貌上每个样方植物群落总体以及乔木层、灌木层和草本层多样性指数, 再以样方多样性指数的平均值代表不同冰缘地貌类型上植物群落总体以及乔木层、灌木层和草本层的综合多样性指数 (表 3)。

由表 3 可以看出老秃顶子冰缘地貌植物群落总体的综合多样性指数大小依次为: 石河 > 石流坡 > 石海, 石海地貌上群落总体的平均物种丰富度高于石流坡地貌, 但平均物种多样性指数却低于石流坡, 这说明与石流坡地貌相比, 石海地貌中植物群落的植物分布比较均匀, 优势种的优势度不高。乔木层、灌木层的综合多样性指数变化均依次为: 石河 > 石流坡 > 石海, 草本层综合多样性指数在 3 种冰缘地貌上表现出于其相反状态, 即石海 > 石流坡 > 石河。但 3 种冰缘

地貌中均表现草本层的物种丰富度指数最大,乔木层的样方面积为 600 m²,灌木层的样方面积为 25 m²,而草本层的样方面积仅为 1 m²,所以群落总体的物种丰富度受草本层的影响最大。

表 2 辽东山地老秃顶子冰缘地貌植物群落类型

地貌类型	平均海拔/m	群系编号	样地编号	群系名称	植被类型
石河	1 060	F ₅	C ₃₂ , C ₃₁ , C ₄₀ , C ₄₁ , C ₄₆	臭松冷杉+岳桦+簇毛槭+长白鱼鳞云杉	针阔混交林
	950	F ₆	C ₄₂ , C ₄₇	臭松冷杉+长白鱼鳞云杉	暗针叶林
	780	F ₉	C ₈	大青杨+紫椴	落叶阔叶林
	860	F ₁₀	C ₉ , C ₁₀	枫桦+紫椴+臭松冷杉+大青杨	针阔混交林
	820	F ₁₁	C ₅ , C ₆ , C ₂₂ , C ₄₈	臭松冷杉+紫椴	针阔混交林
	830	F ₁₂	C ₄ , C ₂₁	臭松冷杉+红松+紫椴	针阔混交林
	720	F ₁₃	C ₁₅	紫椴+色木槭+裂叶榆+黄榆	落叶阔叶林
	720	F ₁₄	C ₁₄ , C ₁₆	蒙古栎+紫花槭	落叶阔叶林
	730	F ₁₅	C ₂ , C ₁₉ , C ₂₀ , C ₃	紫椴+水曲柳	落叶阔叶林
	690	F ₁₆	C ₇	核桃楸+裂叶榆+千斤榆	落叶阔叶林
石海	1 317	F ₂	C ₁₂	岳桦+槭树	矮曲林
	1 310	S ₂	C ₁₁ , C ₂₃	毛榛子	灌丛
	1 316	S ₃	C ₁₃	毛榛子+矮灌化岳桦+锦带花-细叶苔草+小叶章+太平洋蓼	灌草丛
	1 276	S ₁	C ₃₃	矮灌化小楷槭	灌丛
	1 290	S ₅	C ₂₄	鸡树条荚蒾+长果刺玫蔷薇-东北羊角芹+小叶章+糙苏	灌草丛
	1 276	F ₄	C ₃₄	岳桦+簇毛槭+臭松冷杉	针阔混交林
石流坡	1 250	F ₁	C ₂₇ , C ₂₉	岳桦+槭树	落叶阔叶林
	1 294	F ₂	C ₂₅	岳桦+槭树	矮曲林
	1 115	F ₃	C ₃₇	岳桦+裂叶榆	落叶阔叶林
	1 226	F ₄	C ₂₆ , C ₃₀ , C ₃₆	岳桦+簇毛槭+臭松冷杉	针阔混交林
	1 240	F ₅	C ₃₅ , C ₄₄	臭松冷杉+岳桦+簇毛槭+长白鱼鳞云杉	针阔混交林
	1 140	F ₇	C ₄₅	岳桦+臭松冷杉+色木槭+紫花槭	针阔混交林
	840	F ₈	C ₁	枫桦+紫椴	落叶阔叶林
	820	F ₁₁	C ₁₇	臭松冷杉+紫椴	针阔混交林
	840	F ₁₂	C ₁₈	臭松冷杉+红松+紫椴	针阔混交林
	1 220	S ₁	C ₄₃	大翅卫矛+毛榛子+锦带花	灌丛
	1 301	S ₁	C ₂₈	矮灌化小楷槭	灌丛
1 270	S ₅	C ₃₈ , C ₃₉	毛榛子+山楂叶悬钩子+鸡树条荚蒾	灌丛	

表 3 辽东山地老秃顶子不同冰缘地貌类型植物群落平均(综合)物种多样性指数

地貌类型	群落总体			乔木层			灌木层			草本层		
	S	H'	D'	S	H'	D'	S	H'	D'	S	H'	D'
石河	38	1.56	0.72	9	1.65	0.72	13	1.54	0.75	16	1.40	0.70
石海	37	1.04	0.47	2	0.43	0.22	10	1.36	0.66	25	2.08	0.84
石流坡	36	1.35	0.63	7	1.15	0.71	10	1.37	0.70	19	1.74	0.75

注:S指丰富度指数;H'指 Shannon-Wiener 指数;D'指 Simpson 指数。

石河地貌的群落总体、乔木层以及灌木层的 S 指数、H' 指数、D' 指数均最高。从石河的形成上来看,石河是由于高山高原冰缘环境下碎石在冷生作用和重力的影响下沿斜坡移动而形成的,主要出现在山麓和两山的沟谷里,集中分布在海拔 800 m 左右,分布海拔较低,坡度较低平均坡度为 16°,土层厚度最厚可达 100 cm,土壤肥沃湿润,为植物的生长提供了良好的环境,物种比较丰富,因此石河上植物群落、乔木层和灌木层的物种多样性指数均最高,但受乔木层和灌木层的影响草本层的物种多样性在石河地貌上最低,

如石河地貌上紫椴+色木槭群落中优势种紫椴高大与草本层相差非常大,群落的郁闭度为 0.9,草本层得不到充足的阳光,种子的萌发,繁衍能力差,从而导致物种多样性指数低。

石流坡地貌上植物群落总体以及 3 个层次的 H' 指数、D' 指数均处于居中位置。是由于石流坡地貌集中分布海拔范围较广,自海拔 800~1 300 m 均有分布,但集中分布在海拔 1 100 m 左右,水热条件较好,其生境条件如坡度、土层厚度等与石河相比较差,所以各层次的综合多样性指数比石河偏低。

石海地貌上群落总体、乔木层和灌木层的 H' 指数、 D' 指数都是最低,但草本层的 S 指数、 H' 指数、 D' 指数均最高,是由于老秃顶子石海地貌集中分布在 1 300 m 左右的老秃顶子山山顶,风力大,不适宜高位芽植物生长,乔木层主要以比较抗寒的岳桦为主,其他乔木树种如蒙古栎,平均树高都在 2 m 左右。而又因石海地貌坡度小,平均坡度为 7° ,砾石间混乱无序接触,砾石间隙土层深厚,平均土层厚度为 60 cm,最大厚度可达到 100 cm,降水丰富,能够适应低温的多年生草本和 1~2 年生草本生长良好,多发育灌丛,灌草丛群落,覆盖度极高,几乎覆盖整个石海。

3.3 植被类型与植物群系类型物种多样性分析

3.3.1 植被类型与物种多样性 表 4 为老秃顶子冰缘地貌 6 种植被类型的物种多样性指数。调查样地内不同植被类型的物种丰富度依次为:灌草丛>矮曲林>针阔混交林>落叶阔叶林>灌丛>暗针叶林, H' , D' 基本表现出相似的趋势即针阔混交林>落叶阔叶林>矮曲林>暗针叶林>灌草丛>灌丛。

表 4 辽东山地老秃顶子冰缘地貌不同植被类型物种多样性指数

植被类型	丰富度指数	Simpson 指数 D'	Shannon-Wiener 指数 H'
落叶阔叶林	37	1.5	0.69
针阔混交林	38	1.58	0.73
暗针叶林	30	1.18	0.61
矮曲林	44	1.5	0.71
灌丛	32	0.89	0.38
灌草丛	45	0.89	0.37
标准差	5.56	0.29	0.15

3.3.2 植物群系与物种多样性 图 1 为老秃顶子冰缘地貌 22 个植物群系区物种多样性指数,由图 1 可以看出,区内 22 个群系类型丰富度指数与物种多样性指数表现出基本一致的趋势即丰富度指数越高物种多样性就越高,受群落生境差异影响都有较大波动。群系 F_7 与群系 F_{10} 分布在海拔 800~1 000 m,水热条件、土壤条件均较好,植被类型为针阔混交林,所以丰富度指数与物种多样性指数较高。灌丛群落大多处于高海拔地段、生境比较残酷乔木层缺失,物种多样性指数均偏低。群落 S_3 所处地段坡度 (19°)、坡向 (297°) 导致水热条件较其他灌丛群系较好,从而导致丰富度指数和物种多样性指数较高。群落 S_5 较群落 S_4 , S_6 丰富度指数高,而多样性指数却比二者低,这是由于群落 S_5 的植物分布比较不均匀,优势种鸡树条荚蒾的物种重要值为 64.7%,从而导致物种多样性指数低,所以物种多样性指数除了受丰富度影响外还受替他因素影响比如物种的均匀度这与某些学者研究结果相一致^[16]。

石河、石流坡两种冰缘地貌都包括群系 F_5 , F_{11} , F_{12} , 群系 F_5 , F_{11} , F_{12} 的 S 指数、 H' 指数及 D' 指数分别为 32, 40, 30; 1.425, 1.639, 1.695; 0.702, 0.714, 0.760, 在 22 个群系中 F_5 , F_{11} , F_{12} 的 S , H' 以及 D' 指数均处于居中的位置(图 1), 植被类型多数为针阔混交林。分析其原因是由于这些群系分布于海拔 850~1 250 m, 该海拔地段两种地貌上土壤性质, 坡度大小较为相似, 导致这 2 种地貌上生长的植被也相似, 两种地貌上乔木层的优势种均为臭冷杉、紫椴等, 此外伴生种有岳桦、枫桦、簇毛槭等。

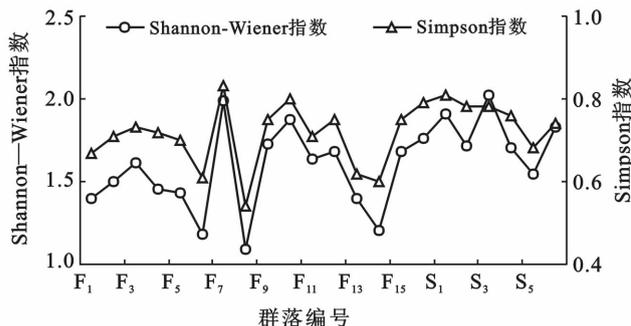


图 1 辽东山地老秃顶子冰缘地貌各群落总体的丰富度指数和多样性指数变化

石海与石流坡的共有群系类型有群系 F_2 , F_4 , S_2 , 群系 F_2 , F_4 , S_4 的 S 指数、 H' 指数及 D' 指数分别为 44, 31, 34; 1.500, 1.455, 1.719; 0.712, 0.718, 0.778, 多样性指数乎在 22 个群系当中也处于居中水平。由于其分布于海拔 1 150~1 300 m, 该海拔地段的主要地貌类型即石海与石流坡, 由于水热条件相似, 所以该地段的两种地貌上出现相同群系类型, 群

落乔木层组成以岳桦、臭冷杉为优势种, 小楷槭、蒙古栎、鱼鳞云杉等伴生其中。

3.4 地形因子与物种多样性

地形因子中, 海拔、坡度、坡向的不同都在不同程度上会造成水热等条件的差异, 从而对植物群落物种多样性产生影响。以本次调查的 48 个样地为实体, 将 48 个样地群落的物种多样指数与海拔高度、坡度、

坡向进行相关分析,相关系数见表 5。

由表 5 可以看出,乔木层、灌木层的丰富度指数,群落总体、乔木层的 Shannon-Wiener 指数与 Simpson 指数均与海拔呈极显著负相关关系;草本层的物种多样性指数均与海拔呈极显著正相关关系;灌木层的 α 多样指数与海拔呈显著负相关关系;群落总体、乔木层的 Simpson 指数与坡度存在显著正相关关系;坡向对多样性指数无显著影响。由此可以看出,地形因子中,海拔高度是影响老秃顶子冰缘地貌植物群落多样性的关键因子。从相关系数的大小上来看,乔、灌、草 3 个层次当中,灌木层的多样性指数与海拔的相关系数最小,表明层的多样性指数对海拔高度的敏感程度最低。

表 5 老秃顶子冰缘地貌植物群落物种多样性与海拔高度、坡度、坡向的相关系数

物种多样性指数	群落层次	海拔高度/m	坡度/°	坡向/°
丰富度指数	群落总体	-0.138	0.095	0.134
	乔木层	-0.718**	0.22	0.038
	灌木层	-0.384**	0.181	0.049
	草本层	0.431**	-0.092	0.122
Shannon-Wiener 指数	群落总体	-0.496**	0.274	0.098
	乔木层	-0.643**	0.279	0.068
	灌木层	-0.296*	0.092	-0.047
	草本层	0.584**	-0.08	0.094
Simpson 指数	群落总体	-0.471**	0.307*	0.081
	乔木层	-0.575**	0.291*	0.062
	灌木层	-0.285*	0.09	-0.066
	草本层	0.536**	0.005	0.104

注: * 表示 $p \leq 0.05$ 显著水平; ** 表示 $p \leq 0.01$ 极显著水平。

4 结论

(1) 老秃顶子冰缘地貌分布有 22 个群系,6 种植被类型,其中石河地貌上植被类型以落叶阔叶林、针阔混交林为主,偶见暗针叶林;石海地貌上植被类型以灌丛、灌草丛为主并伴有矮曲林和针阔混交林;石流坡地貌上植被类型以针阔混交林为主,伴有落叶阔叶林、灌丛和矮曲林。有些群系具有共有性,有些群系具有专有性。

(2) 采用物种丰富指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数对 3 种冰缘地貌的多样性指数变化进行了分析,结果表明,3 种冰缘地貌群落总体综合性指数大小依次为:石河 > 石流坡 > 石海,乔木层、灌木层综合多样性指数变化均次为:石河 > 石流坡 > 石海;草本层的综合多样性指数变化依次为:石海 > 石流坡 > 石河,且草本层物种丰富度指数对群落总体物种丰富度指数贡献最大。

(3) 由于海拔高度、土层厚度、水热等条件的差异,不同植被类型以及不同群系类型的多样性指数存在差异,同时导致了不同冰缘地貌类型上出现相同植物群落,这些植物群落物种组成相似,但多样性存在差异。

(4) 地形因子中的坡度、坡向及海拔高度对物种多样性指数均有不同程度的影响,其中海拔高度对其影响最大,群落结构中灌木层的物种多样性指数对海拔的敏感程度最低。

[参 考 文 献]

- [1] 崔之久. 青藏高原冰缘地貌的基本特征[J]. 中国科学, 1981(6):724-733.
- [2] 贺金生, 马克平. 物种多样性[C]//蒋志刚. 保护生物学. 杭州:杭州科学技术出版社,1997:20-33.
- [3] Cannone N, Guglielmin M, Gerdol R. Relationships between vegetation patterns and periglacial landforms in Northwestern Svalbard[J]. Polar Biology, 2004,27(9):562-571.
- [4] 梁四海, 万力, 李志明, 等. 黄河源区冻土对植被的影响[J]. 冰川冻土, 2007,29(1):45-51.
- [5] 吕秀枝, 郭东罡, 上官铁梁. 五台山冰缘地貌植物群落多样性分析[J]. 冰川冻土, 2010,32(3):626-633.
- [6] 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.
- [7] 董厚德, 唐焯炎. 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.
- [8] 朱安祥, 余云, 孙志家, 等. 辽东山区特殊立地跳石塘天然更新的调查[J]. 辽宁林业科技, 2003(1):23-24.
- [9] 张华, 马延新, 武晶, 等. 辽东山地老秃顶子北坡植被类型及垂直带谱[J]. 地理研究, 2008,27(6):1261-1270.
- [10] 张华, 郑楠, 武晶, 等. 辽东山地老秃顶子北坡植物物种多样性的垂直分布格局[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版, 2009,32(4):484-489.
- [11] 赵军, 陈建伟, 吕刚. 老秃顶子自然保护区森林植被类型的植物多样性[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版, 2009,28(5):849-852.
- [12] Vazquez J A, Givnish T J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan[J]. Journal of Ecology, 1998(86):999-1020.
- [13] 郝占庆, 于德勇, 杨晓明, 等. 长白山北坡植物群落 α 多样性及其随海拔梯度的变化[J]. 应用生态学报, 2002,13(7):785-789.
- [14] 张峰, 张金屯, 上官铁梁. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植物多样性研究[J]. 植物生态学报, 2002,26(S):46-51.
- [15] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京:科学出版社, 1995:514-519.
- [16] 马晓勇, 上官铁梁. 太岳山森林群落物种多样性[J]. 山地学报, 2004,22(5):606-612.