

历山森林群落物种多样性与群落结构研究*

茹文明^{1,2} 张金屯^{1,3**} 张峰¹ 张桂萍^{1,2} 刘瑞祥^{1,2}

(¹ 山西大学黄土高原研究所, 太原 030006; ² 长治学院生物化学系, 长治 046011; ³ 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875)

【摘要】 采用多样性指数、丰富度指数和均匀度指数对山西历山森林群落物种多样性进行了研究。结果表明, 各群落类型的物种多样性指数的顺序为: 青榨槭+五角枫林>青榨槭+鹅耳枥林>辽东栎林>栓皮栎林>华山松+红桦林>油松+栎林>白桦林>侧柏+栓皮栎林>红桦林>华山松林>侧柏林>油松林>红桦+山杨林; 森林群落灌木层多样性指数和丰富度指数大于草本层和乔木层, 而均匀度指数在乔木层、灌木层和草本层则表现出多样化的趋势; 海拔1 000~1 920 m之间, Shannon-Wiener 指数、Hill 多样性指数及物种丰富度与海拔梯度均呈正相关($P<0.05$), 海拔大于1 920 m则呈现负相关; 这些指数沿海拔梯度的变化呈现出“中间高度膨胀”的规律, 即中等海拔高度上物种多样性高而低海拔和高海拔物种多样性低。这主要是由于在中海拔(约1 900 m)地段水热条件组合较好, 人类活动干扰较少所致。

关键词 物种多样性 丰富度 均匀度 森林群落 历山

文章编号 1001-9332(2006)04-0561-06 **中图分类号** S718 **文献标识码** A

Species diversity and community structure of forest communities in Lishan Mountain. RU Wenming^{1,2}, ZHANG Jintun^{1,3}, ZHANG Feng¹, ZHANG Guiping^{1,2}, LIU Ruixiang^{1,2} (¹Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; ²Department of Biology and Chemistry, Changzhi College, Changzhi 046011, China; ³College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(4): 561~566.

Lishan Mountain is belonged to the Zhongtiao Ranges in Southeast Shanxi, and situated between 35°16'30" ~ 35°27'20" N and 111°51'~112°5'35" E. The climate is cool and arid in winter, but warm and rainy in summer. This paper studied the species diversity and community structure of forest communities there, based on field investigation data and by using diversity, richness and evenness indices. The results showed that the species diversity and evenness of the communities were in the order of *Acer davidii* + *Acer mono* > *Acer davidii* + *Carpinus turczaninowii* > *Quercus liaolugensis* > *Quercus variabilis* > *Pinus armandii* + *Betula albo-sinensis* > *Pinus tabulaeformis* + *Quercus glandulifera* > *Betula platyphylla* > *Platycladus orientalis* + *Quercus variabilis* > *Betula albo-sinensis* > *Pinus armandii* > *Platycladus orientalis* > *Pinus tabulaeformis* > *Populus davidiana* + *Betula albo-sinensis*. The diversity and richness of shrub layer were higher than those of herb layer and arbor layer, but the evenness of arbor, shrub and herb layers had no significant difference. There were positive correlations ($P<0.05$) between Shannon-Wiener index, Hill index, and species richness from 1 000 m to 1 920 m above sea level, but negative correlations ($P<0.05$) from 1 920 m to the top of the Mountain. The species diversity showed a "mid-altitude bulge" pattern with the change of altitude, and the reason was that the combination of temperature and moisture conditions from 1 000 m to 1 920 m above sea level was improved, and human disturbance was decreased gradually.

Key words Species diversity, Richness index, Evenness index, Forest community, Lishan Mountain.

1 引言

物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映, 体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[1]. 它不仅可以反映群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性, 也可反映不同自然地理条件与群落的相互关系. 山西历山是华北地区生物多样性最丰富的地区, 保存有较为完整的自然植被. 华北地区仅有的一片原始森林和著名的国家级自然保护区——历山自然保护区就位于此地. 本文运用多样性指数、丰富度指数和均匀度指数

对历山森林群落的物种多样性进行研究, 旨在探索其物种多样性随环境因子的变化规律, 为历山的生物多样性保护和可持续利用提供理论依据.

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

历山是国家级自然保护区, 位于山西省南部中条山(111°51'~112°5'35"E, 35°16'30"~35°27'20"N), 行政区划包

* 国家自然科学基金项目(30070140)、山西省自然科学基金项目(20021098)和山西省留学基金资助项目(200213).

** 通讯联系人. E-mail: zhangjt@bnu.edu.cn

2005-04-27 收稿, 2005-11-11 接受.

括垣曲县、沁水县、阳城县和翼城县等县。主峰(舜王坪)海拔2 358 m,相对高差2 058 m。该地属于暖温带大陆性季风气候,年均温8~12℃,7月均温26.1℃,1月均温-0.8℃,≥10℃的积温4 160.4℃,无霜期150~180 d。年降水量600~800 mm。地带性土壤为褐土,土壤类型随海拔高度、地形、坡度、水文和植被类型的变化,由山顶到山基依次为山地草甸土、棕色森林土、山地淋溶褐土和山地褐土^[11,19,22]。

植被区划上,历山处于暖温带落叶阔叶林地带^[9]。历山地形复杂,水资源丰富,植被覆盖完好,主要植被类型有侧柏(*Platycladus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、华山松(*Pinus armandii*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、白桦(*Betula platyphylla*)林、荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)灌丛、酸枣(*Zizyphus jujuba* var. *spinosa*)灌丛、连翘(*Forsythia suspensa*)、六道木(*Abelia biflora*)灌丛、三裂绣线菊(*Spiraea trilobata*)灌丛、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)草丛、苔草(*Carex* spp.)草甸和五花草甸等^[9,10]。

2.2 研究方法

2.2.1 样地调查 样地设置采用梯度格局法,在海拔1 000~2 100 m对森林植被进行取样调查。采用系统取样法进行取样。海拔每上升100 m设置1个样地,每个样地内根据植物群落类型分别取样5~10个。乔木层共取86个样方,每个样方面积10 m×10 m,分别记录乔木层层盖度、高度、盖度、胸径和频度等;灌木层分别设置2个5 m×5 m小样方,共172个样方,记录层盖度、高度、盖度、基径和频度等;草本层分别设置2个1 m×1 m的小样方,共172个样方,记录草本层盖度和种盖度等。

乔木层重要值 $IV_1 = (\text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度})/300$

灌木层重要值 $IV_2 = (\text{相对盖度} + \text{相对高度})/200$

表1 群落的结构特征和环境特征

Table 1 Characteristics of structure and environment of the forest communities in Lishan Mts., Shanxi Province

群落类型 Community Type	样方数 No. of plot	海拔高度 Elevation (m)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect	群落 Community		乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
					盖度 Cove- rage (%)	种数 No. of Spe- cies	盖度 Cove- rage (%)	种数 No. of Spe- cies	盖度 Cove- rage (%)	种数 No. of Spe- cies	盖度 Cove- rage (%)	种数 No. of Spe- cies
I	5	800~1000	10~25	阳坡 SS	55	10	25	2	20	4	40	4
II	5	1000~1400	10~25	阳坡 SS	75	14	30	3	60	6	45	5
III	10	1000~1500	15~25	阳坡、半阳坡 SSSS	50	14	50	3	50	6	30	5
IV	5	1400~1700	15~30	阴坡、半阴坡 ShSSS	75	15	45	4	70	6	55	5
V	8	1200~1750	15~25	阳坡、半阳坡 SSSS	70	15	50	4	60	7	50	4
VI	10	1400~1860	25~45	阳坡、半阳坡 SSSS	75	17	45	4	30	8	20	5
VII	10	1620~1800	15~30	阳坡 SS	65	20	40	5	50	9	47	6
VIII	7	162~1900	15~25	阴坡 ShS	85	21	75	7	50	10	40	4
IX	5	170~1920	15~25	阴坡 ShS	85	26	75	7	40	11	30	8
X	6	170~2000	25	阴坡 ShS	80	15	70	3	40	8	38	4
XI	5	1800~2020	15~25	阴坡、半阴坡 ShSSS	80	13	60	4	50	6	60	3
XII	5	1800~2080	30~40	阴坡、半阴坡 ShSSS	85	11	65	3	60	5	50	3
XIII	5	190~2100	15	阴坡、半阴坡 ShSSS	90	10	80	2	30	4	20	4

I. 侧柏林 *Platycladus orientalis* forest; II. 侧柏 + 栓皮栎林 *Platycladus orientalis* + *Quercus variabilis* forest; III. 油松林 *Pinus tabulaeformis* forest; IV. 华山松林 *Pinus armandii* forest; V. 油松 + 栓皮栎林 *Pinus tabulaeformis* + *Quercus variabilis* forest; VI. 辽东栎林 *Quercus liaotungensis* forest; VII. 栓皮栎林 *Quercus variabilis* forest; VIII. 青榨槭 + 鹅耳枥林 *Acer davidii* + *Carpinus turczaninowii* forest; IX. 青榨槭 + 五角枫林 *Acer davidii* + *Acer mono* forest; X. 华山松 + 红桦林 *Pinus armandii* + *Betula albo-sinensis* forest; XI. 白桦林 *Betula platyphylla* forest; XII. 红桦林 *Betula albo-sinensis* forest; XIII. 山杨林 + 红桦 *Populus davidiana* + *Betula albo-sinensis* forest. 下同 The same below. SS: Sun slope; SSSS: Sun slope and semi-sun slope; ShS: Shade slope; ShSSS: Shade slope and semi-shade slope.

草本层用盖度作为数量指标^[16,20]。

2.2.2 物种多样性的测度 依文献^[8,12,15,18,21]的方法,乔木层和灌木层用重要值、草本层用盖度作为数量指标,进行群落多样性分析。

1) Patrick 丰富度指数: $R = S$

2) Simpson 指数: $\lambda = \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$

3) Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log P_i$

4) Hill 多样性指数: $N_1 = e^{H'}$, $N_2 = 1/\lambda$

5) Alatalo 均匀度指数: $E = (1/\lambda - 1)/(e^{H'} - 1)$

6) Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = H'/\ln S$

式中, S 为每一样方中的物种总数; N 为 S 个种的重要值之和; N_i 为第 i 个种的重要值。为了比较各群系多样性指数间的关系,采用方差分析和多重比较来检验其间的差异显著性。

2.2.3 群落多样性的测度 群落总体多样性采取乔、灌、草各层物种直接参与多样性的计算;群落分层多样性测度法是将群落中的乔、灌、草各层的多样性指数分别计算后直接相加产生。

3 结果与分析

3.1 植被群落类型与多样性的关系

历山的地带性植被为暖温带落叶阔叶林,植物群落的结构特征见表1(其中结构特征值为群落内各样方的平均值),各植物群落在结构和功能上都存在很大的差异。这种差异主要受制于组成种不同的生态生物学特性,因而作为反映群落组织水平的物种多样性研究,在一定程度上可表现出各群落的一些生态习性^[3,6]。

由表 1 和表 2 可见, 历山不同植物群落类型的结构特征和环境特征与物种组成或群落组成水平上存在差异。首先, 各项指数与群落类型有关, 结构复杂的森林群落较其它群落的多样性指数要高。如群落Ⅵ和群落Ⅷ分别为青榨槭+五角枫林和青榨槭+鹅耳枥林, 分布于地势较为平缓的沟谷, 土层较厚, 水热条件都比较好, 且受人为干扰较少, 林型结构复杂, 发育良好, 因而物种丰富度、物种多样性指数和均匀度指数都较高。而群落Ⅰ和群落Ⅲ分别为侧柏林和油松林, 分布于海拔 800~1 500 m、坡度为 10°~25°的阳坡, 生境较为干燥, 群落盖度 50%~70%, 群落结构简单, 且受人为干扰较大, 因而物种丰富度、物种多样性指数均较低; 群落ⅩⅢ为山杨+红桦林, 是辽东栎林破坏后形成的次生类型, 乔木层盖度较大(80%), 不利于其它植物的生长, 因而各多样性指数也较低; 群落Ⅺ和群落Ⅻ分别为白桦林和红桦林, 分布于 1 800~2 080 m 的高海拔地段, 气温相对较低, 生境条件较差, 致使群落的多样性指数较低。由此可见, 林型结构、海拔高度、人为干扰、演替阶段和生境条件差异等均对群落物种多样性有一定的影响, 而海拔高度是决定本区多样性差异的主导因子^[17]。

表 2 历山植物群落多样性指数

Table 2 Diversity indices of the forest communities in Lishan Mts., Shanxi Province

群落类型 Community type	海拔高度 Elevation (m)	群落多样性指数 Diversity indices of communities						
		S	N ₁	N ₂	H'	λ	E	J _{me}
I	800~1000	10	6.870	6.027	1.927	0.166	0.856	0.837
II	1000~1400	14	7.832	7.323	2.058	0.137	0.926	0.780
III	1000~1500	14	7.161	4.872	1.969	0.205	0.629	0.746
IV	1400~1700	15	7.219	5.088	1.977	0.197	0.657	0.730
V	1200~1750	15	8.277	6.308	2.113	0.159	0.796	0.780
VI	1400~1800	17	10.517	6.559	2.353	0.152	0.588	0.831
VII	1620~1860	20	12.707	7.923	2.542	0.126	0.591	0.849
VIII	1620~1900	21	17.153	15.264	2.842	0.066	0.883	0.934
IX	1700~1920	26	20.147	18.961	3.003	0.053	0.938	0.922
X	1700~2000	15	9.078	6.538	2.206	0.153	0.686	0.815
XI	1800~2020	13	8.277	6.308	2.113	0.159	0.796	0.824
XII	1800~2080	11	8.032	6.023	2.083	0.166	0.926	0.869
XIII	1900~2100	10	6.107	5.627	1.809	0.178	0.887	0.786

S: 种数 Species; N₁, N₂: Hill 多样性指数 Hill diversity index; H': Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index; λ: Simpson 指数 Simpson index; E: Alatalo 均匀度指数 Alatalo evenness index; J_{me}: Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index.

方差分析结果表明, 5 个指数都反映出基本一致的趋势, 即 13 个群系的各多样性指数之间差异显著($F > F_{0.05}$)或极显著($F > F_{0.01}$)。多重比较结果表明, 13 个群系多样性顺序为: 青榨槭+五角枫林 > 青榨槭+鹅耳枥林 > 辽东栎林 > 栓皮栎林 > 华山松+红桦林 > 油松+栓皮栎林 > 白桦林 > 侧柏+栓皮栎林 > 红桦林 > 华山松林 > 侧柏林 > 油松林 > 红

桦+山杨林。

根据表 2 和多重比较结果, 可以将 13 个群系大致分为两类: 1) 地带性植被类型——落叶阔叶林群系的多样性指数最高, 包括青榨槭+五角枫林、青榨槭+鹅耳枥林、辽东栎林和栓皮栎林; 2) 其余群落的多样性指数较低, 这说明多样性指数可以作为判断地带性植被的数量指标之一。

3.2 植物群落结构与多样性的关系

植物群落结构是群落中植物与植物之间、植物与环境之间相互关系的可见标志, 也是群落其它特征的基础^[13]。由图 1 可以看出, 在各群落中灌木层的丰富度指数和 Shannon-Wiener 多样性指数均大于草本层和乔木层, 而 Simpson 指数则小于草本层和乔木层。这与北京东灵山^[8]及北京九龙山^[5]的趋势明显不同, 而与秦岭主峰太白山和亚热带地区常绿阔叶林的物种多样性特点比较一致^[6]。这基本上反映了过渡区暖温带植被的特点, 也从另一个侧面反映了该地区植被具有暖温带的特征; 在各群落间乔、灌、草 3 层物种丰富度和多样性变异也有差别。乔木层多样性指数波动不大, 但灌木层和草本层的多样性指数在各群落间表现出明显的差异, 其原因在于多样性指数除受均匀度指数的影响外, 还受到物种丰富度的制约。历山森林群落的乔木层、灌木层和草本层的 Shannon-Wiener 指数和 N₂ 指数明显受到 S 的影响, 历山森林群落乔木层的物种数目相差较小, 故使群落间乔木层的多样性指数较为接近, 而灌木层和草本层的物种数悬殊较大, 导致多样性指数有明显差异。如青榨槭、五角枫林、青榨槭、鹅耳枥林和辽东栎林的灌木层丰富度指数明显高于其它类型, 相应的灌木层多样性指数也高于其它类型; 青榨槭、鹅耳枥林草本层的多样性指数也明显高于其它类型。

由图 1 还可以看出, 各群落乔木层、灌木层和草本层的均匀度指数表现出多样化的趋势; 各群落间乔木层、灌木层和草本层的均匀度指数的差异不相同。相对而言, 乔木层的均匀度指数差异较大, 而灌木层和草本层均匀度在各群落间差异较小。这主要是由于各群落乔木层物种间的个体数量差异程度不同。如群落 I、群落 II 和群落 X 乔木层优势成分较为突出(如侧柏、华山松等), 其重要值占乔木层的 60% 以上, 优势种与稀有种间的个体数量差异较大, 使得乔木层的均匀度较低, 而在群落 VII、群落 VIII、群落 IX 和群落 XIII, 乔木层的优势成分不明显, 即乔木层中优势种与稀有种间的个体数量差异较小, 因而

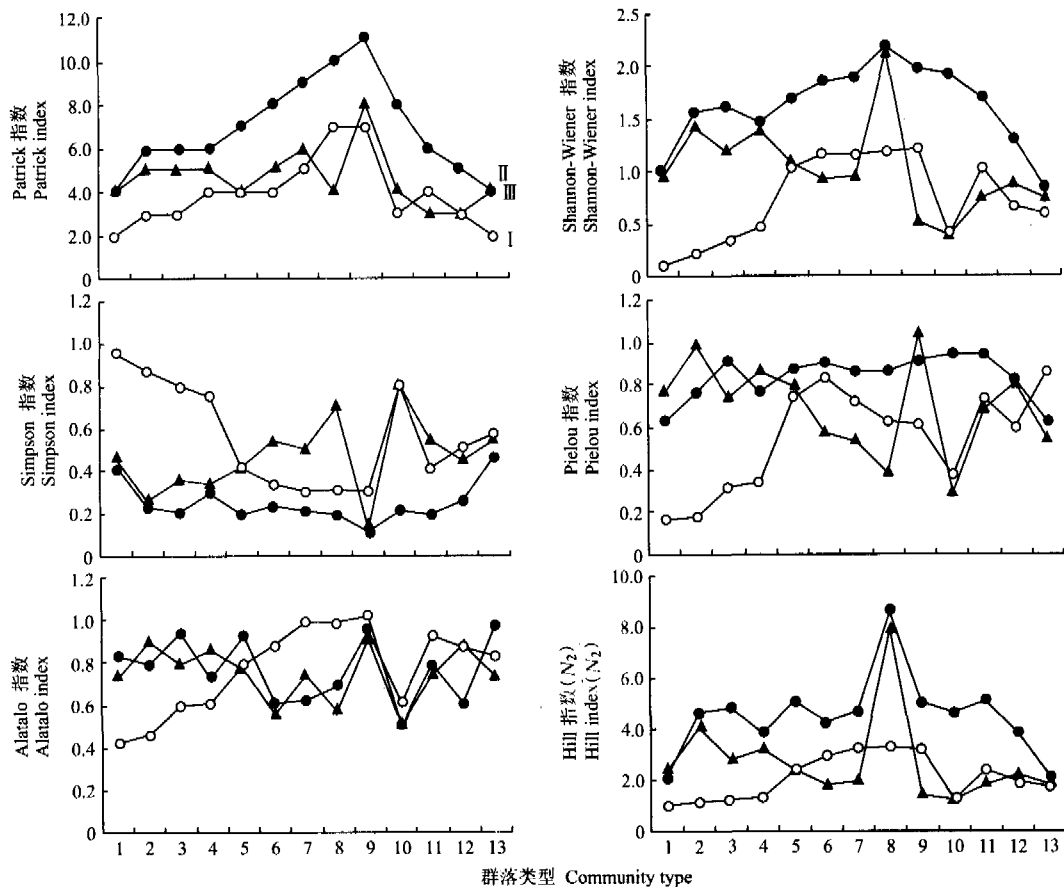


图1 历山森林群落物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数的变化

Fig.1 Variation of richness index, diversity index and evenness index of forest communities in Lishan Mountain, Shanxi Province.

I. 乔木层 Tree; II. 灌木层 Shrub; III. 草本层 Herb.

这些群落的均匀度较大.由此说明均匀度仅反映了不同物种间的数量对比关系.

3.3 海拔梯度与物种多样性的关系

海拔高度的变化是决定本区生境差异的主导因子,海拔导致水热条件及其组合的空间分布,进而影响着本区植物群落的分布及结构^[14].由图2可以看出,物种丰富度、 N_1 和 N_2 指数、Simpson指数和Shannon-Wiener指数几乎呈相同的变化趋势,即在海拔1000~1920m之间,随着海拔的升高,物种多样性指数和丰富度指数也随之增加;海拔与物种多样性指数和丰富度指数之间呈现正相关($P < 0.05$);海拔超过1920m后,这些指数都随之下落,其间呈现负相关($P < 0.05$).而Simpson指数呈相反的变化趋势.这种规律与长白山北坡^[4]群落物种丰富度及多样性随海拔的上升均呈明显的近似于线性的下降趋势明显不同,而与北京地区^[7,8]、秦岭主峰太白山北坡^[13]及祁连山区^[2]群落物种多样性所表现的中间高度膨胀现象相同.这主要是由于在海拔1500m以下地带,植物生长季节热量充足,但水分条件较差;而在海拔1920m以上地带水分条件较

好,但热量略显不足.显然,在环境梯度两极,对植物生长发育至关重要的水分和热量因子变化趋势不尽一致.相反,在海拔1600~1920m之间,尽管水分和热量指标不是最高,但水热组合最佳,资源的可利用性可能最高.因此,物种多样性指数和丰富度指数较高.

从干扰的角度来看,在海拔较低的地带,人类活动的干扰强度相对较大(包括砍樵、刨药材等).这也是低海拔物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数较低的原因之一.此外,群落所处的不同的发育阶段或生境如坡位、坡度、坡向的差异,以及由此引起的土壤厚度和有机质含量、水分条件等一系列生境的变化,也是导致物种多样性波动的因素.

均匀度指数与海拔梯度的关系表现出多元化趋势,是因为均匀度仅反映了不同物种之间的数量对比关系,只与个体数目或生物量等指标在各个物种中分布的均匀程度有关,即若种间的个体数量差异程度越小,群落内的均匀性就越高,而与物种数目无关.

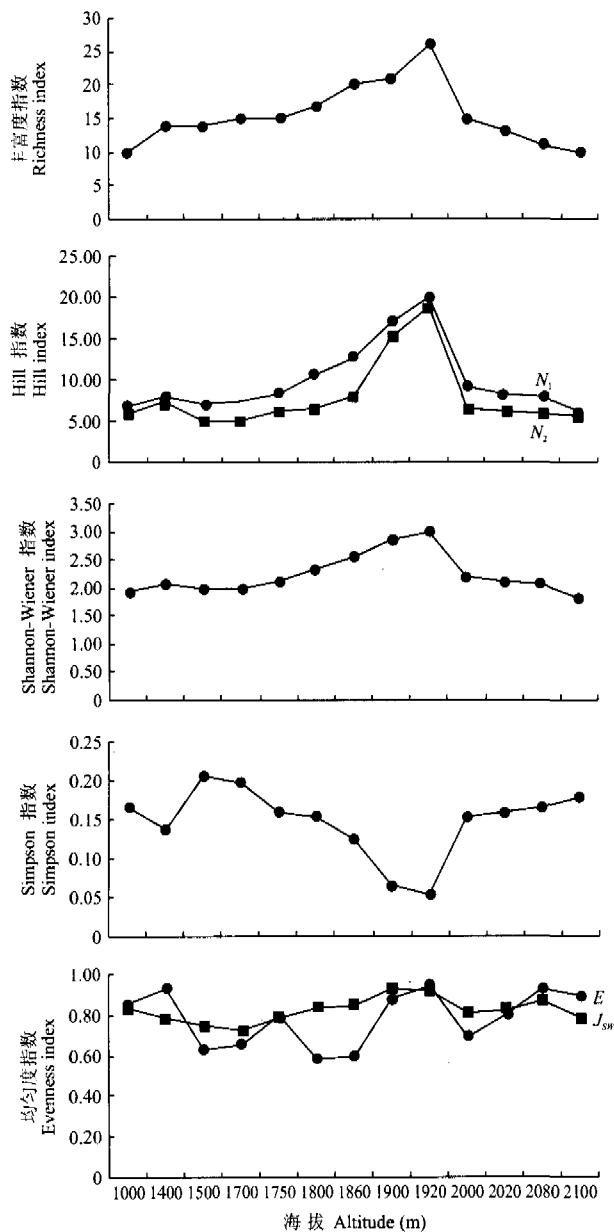


图2 历山植物群落物种丰富度、多样性和均匀度指数随海拔的变化

Fig.2 Species richness diversity and evenness indices of community at different altitude in Lishan Mountain, Shanxi Province.

E : Alatalo 均匀度指数 Alatalo evenness index; J_{sw} : Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index.

4 结 论

4.1 历山森林群落的物种多样性无论是用物种丰富度(S)还是用物种多样性指数(Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Hill 指数)和均匀度指数(J_{sw} 、 J_{si})来测度,其结果比较一致。13 个森林群落类型物种多样性指数的顺序为:青榨槭五角枫林 > 青榨槭-鹅耳枥林 > 辽东栎林 > 栓皮栎林 > 华山松、红桦林 > 油松、栎林 > 白桦林 > 侧柏、栓皮栎林 > 红桦林 > 华山松林 > 侧柏林 > 油松林 > 红桦、山杨林。

4.2 多样性在植物群落垂直结构上的分布特点是各群落中灌木层丰富度指数和多样性指数均大于草本层和乔木层,而均匀度指数在乔木层、灌木层和草本层则表现出多样化的趋势。

4.3 历山森林群落物种多样性沿海拔梯度和水热梯度呈规律性变化,中山带水热配合较好,具有较高的物种多样性。低海拔区与高海拔区分别受降水和温度制约,多样性程度较低。另外,人为因素及群落生境对物种多样性也有影响。

参考文献

- 1 Bi R-C(毕润成). 1992. Quantitative studies on vegetation ecology in Huoshan Mountain, Shanxi Province. *J Shanxi Teach Univ* (Nat Sci) (山西师范大学学报·自然科学版), 12(1): 56~59 (in Chinese)
- 2 Chang X-X(常学向), Zhao W-Z(赵文智), Zhao A-F(赵爱芬). 2004. Species diversity of pasture community at different altitude levels in Qilian Mountains. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(9): 1599~1603 (in Chinese)
- 3 Cheng R-W(程瑞梅), Xiao W-F(肖文发), Li J-W(李建文). 2002. Analysis on forest plant diversity in the Three Gorges Reservoir Area. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(1): 35~40 (in Chinese)
- 4 Hao Z-Q(郝占庆), Yu D-Y(于德永), Yang X-M(杨晓明), et al. 2000. A diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(7): 785~789 (in Chinese)
- 5 Huang J-H(黄建辉), Gao X-M(高贤明), Ma K-P(马克平), et al. 1997. A comparative study on species diversity in zonal forest communities. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 17(6): 611~618 (in Chinese)
- 6 Huang Z-L(黄忠良), Kong G-H(孔国辉), He D-Q(何道泉). 2000. Plant community diversity in Dinghushan Nature Reserve. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 20(2): 193~198 (in Chinese)
- 7 Li Q-H(李清河), Yang L-W(杨立文), Zhou J-X(周金星). 2002. Comparative analysis on species diversity of hillclosed afforested plant community in Beijing Jiulong Mountain. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(9): 1065~1068 (in Chinese)
- 8 Ma K-P(马克平), Huang J-H(黄建辉), Yu S-L(于顺利), et al. 1995. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China II. Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 15(3): 268~277 (in Chinese)
- 9 Ru W-M(茹文明), Zhang F(张峰). 2000. Analysis on the flora of eastern Zhongtiao Mountains, Shanxi. *J Shanxi Univ* (Nat Sci) (山西大学学报·自然科学版), 23(1): 82~87 (in Chinese)
- 10 Ru W-M(茹文明), Zhang F(张峰). 2000. Study on vertical zonation of vegetation in the eastern part of the Zhongtiao Mountains, Shanxi Province. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 6(3): 201~205 (in Chinese)
- 11 Shanguan T-L(上官铁梁), Zhang F(张峰), Fan L-S(樊龙锁). 2000. Analysis on the flora of xylophyta in Zhongtiao Mountains, Shanxi. *Bull Bot Res* (植物研究), 20(2): 143~155 (in Chinese)
- 12 Xi W-M(奚为民). 1997. Study on species diversity of forest in Wuling Mountain Natural Reserve. *Chin Biodiver* (生物多样性), 5(2): 121~125 (in Chinese)
- 13 Xie J-Y(谢晋阳), Chen L-Z(陈灵芝). 1997. The studies of some aspects of biodiversity on scrubs in the warm temperate zone in China. *Acta Phytocol Sin* (植物生态学报), 21(3): 197~207 (in Chinese)
- 14 Yue M(岳明), Zhou H-X(周红霞). 1997. Diversity of higher plants in deciduous broad leaved forests on the northern slopes of Taibai Mountain. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 19

- (2):171~176(in Chinese)
- 15 Zhang F(张峰), Shangguan T-L(上官铁梁). 1998. Analysis on the community diversity of forest vegetation in Mian Mountains Shanxi. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 22(5):461~465(in Chinese)
- 16 Zhang F(张峰), Zhang J-T(张金屯), Han G-Y(韩广业). 2002. Interspecific relationships and environmental interpretation of the main tree species in the forest communities of Zhuweigou, Lishan Mountain Nature Reserve. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 26(supp.):52~56(in Chinese)
- 17 Zhang F(张峰), Zhang J-T(张金屯), Shangguan T-L(上官铁梁). 2002. Plant diversity of forest community in Zhuweigou of Lishan Mountain Nature Reserve. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 26(supp.):197~207(in Chinese)
- 18 Zhang G-F(张光富). 2000. Species diversity of a shrub community in Tiantong region Zhejiang Province and its implication for succession. *Chin Biodiver*(生物多样性), 8(3):271~276(in Chinese)
- 19 Zhang J-M(张建民), Zhang F(张峰), Fan L-S(樊龙锁). 2002. On the flora of seed plants in Lishan Mountains, Shanxi Province. *Bull Bot Res*(植物研究), 22(4):444~452(in Chinese)
- 20 Zhang J-T(张金屯). 1995. The Methods in Plant Quantitative Ecology. Beijing: China Science and Technology Press. 10~25(in Chinese)
- 21 Zhang L-X(张丽霞), Zhang F(张峰), Shangguan T-L(上官铁梁). 2000. Plant diversity of community in Luya Mountains. *Chin Biodiver*(生物多样性), 8(4):361~369(in Chinese)
- 22 Zhong H-X(钟海秀), Yang Y-X(杨宇霞), Shi Y(石瑛), et al. 2003. A preliminary study on bryophytes from Lishan Nature Reserve, Shanxi. *J Shanxi Univ*(Nat Sci)(山西大学学报·自然科学版), 26(1):55~58(in Chinese)

作者简介 茹文明,男,1961年出生,在读博士,教授.主要从事植物学和植物生态学的教学和研究工作,发表论文40余篇. Tel: 13935539098, 13934659098; E-mail: rwm9098@sohu.com.

责任编辑 李凤琴

欢迎订阅 2006 年《应用生态学报》

《应用生态学报》(1990年创刊)是经国家科委批准、科学出版社出版的国内外发行的综合性学术刊物,本刊宗旨是坚持理论联系实际的办刊方向,结合科研、教学、生产实际,报道生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果,交流基础研究和应用研究的最新信息,促进生态学研究为国民经济建设服务。

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地生态学、渔业生态学、自然资源生态学、景观生态学、全球变化生态学、城市生态学、产业生态学、生态规划与生态设计、污染生态学、化学生态学、生态工程学、恢复生态学、生物入侵与生物多样性保护生态学、流行病生态学、旅游生态学和生态系统管理等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报等。

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者,有关专业的研究生及经济管理和决策部门的工作者。

本刊与数十家相关学报级期刊建立了长期交换关系,《中国科学引文索引》、《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、美国《化学文摘》(CA)、英国《生态学文摘》(EA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)和俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)等十几种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文),并被认定为《中国核心期刊(遴选)数据库》和《中国科学引文数据库》来源期刊. 本刊的整体质量与水平已达到新的高度,1992年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖,1996年荣获中国科学院优秀期刊三等奖,2000年荣获中国科学院优秀期刊二等奖,2001年入选中国期刊方阵双效期刊,2004年荣获百种中国杰出学术期刊。

本刊为月刊, A4开本, 192页, 每月18日出版, 期定价45.00元, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 邮发代号8-98. 错过订期也可直接向本刊编辑部邮购, 个人订阅优惠30%. 地址: 110016 辽宁省沈阳市文化路72号《应用生态学报》编辑部. 电话: (024)83970393, E-mail: cjae@iae.ac.cn