

# 山西霍山森林群落林下物种多样性研究\*

茹文明<sup>1,2</sup> 张金屯<sup>1,4\*\*</sup> 毕润成<sup>3</sup> 张峰<sup>1</sup> 张桂萍<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 山西大学黄土高原研究所, 太原 030006; <sup>2</sup> 长治学院生化系, 长治 046011; <sup>3</sup> 山西师范大学生命科学院, 临汾 041004;

<sup>4</sup> 北京师范大学生命科学院, 北京 100875)

**摘要** 在野外获得样方的基础上, 采用多样性指数、丰富度指数、均匀度指数等对山西霍山森林群落林下灌木层和草本层的物种多样性进行了研究, 结果表明, 多数森林群落林下灌木层多样性指数和均匀度指数均高于草本层, 而丰富度指数则相反。灌木层和草本层物种多样性指数的顺序为: 针阔叶混交林 > 针叶林 > 落叶阔叶林, 主要是由于针阔叶混交林兼有针叶林和落叶阔叶林的共同特征, 因而具有较高的多样性。灌木层和草本层多样性指数、丰富度指数和均匀度指数在海拔梯度上呈单峰曲线变化趋势, 即中海拔 (1500 m) 高度上物种多样性最大, 这主要是由于在这一海拔范围内水热条件组合较好, 人类活动干扰较少所致。

**关键词** 物种多样性, 灌木层, 草本层, 森林群落, 霍山

**中图分类号** S718 **文献标识码** A **文章编号** 1000 - 4890(2005)10 - 1139 - 04

**Species diversity of undergrowths in Huoshan Mountains of Shanxi Province.** RU Wenming<sup>1,2</sup>, ZHANG Jintun<sup>1,4</sup>, BI Runcheng<sup>3</sup>, ZHANG Feng<sup>1</sup>, ZHANG Guiping<sup>1,2</sup> (<sup>1</sup> Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; <sup>2</sup> Department of Biology and Chemistry, Changzhi College, Changzhi 046011, China; <sup>3</sup> College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China; <sup>4</sup> College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(10): 1139 ~ 1142.

Based on the field investigation and by using the indices of diversity, richness and evenness, this paper studied the species diversity of shrub and herb layers under forest communities in Huoshan Mountains of Shanxi Province. The results showed that under most forest communities, the diversity and evenness indices of shrub layer were higher than those of herb layer, while the richness index of shrub layer was lower than that of herb layer. The species richness index was decreased in order of coniferous and broadleaf mixed forest > coniferous forest > deciduous broadleaf forest. Coniferous and broadleaf mixed forest had higher species diversity than the others because it possessed the common features of both coniferous and deciduous broadleaf forests. The peak values of these three indices of both shrub and herb layers were at the intermediate elevations about 1500 m above sea level, where the combination of moisture and heat energy were favorable to the plant growth and development and with fewer human intervention.

**Key words** species diversity, shrub layer, herb layer, forest community, Huoshan Mountains.

## 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<sup>[1]</sup>, 反映了生物群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性。运用多样性指数、丰富度指数、均匀度指数研究了山西霍山森林群落林下灌木层和草本层及其灌丛草本群落的物种多样性, 旨在探索灌木草本群落物种多样性、群落均匀度和物种丰富度等指数在暖温带森林群落研究中的适应性, 提供本区森林群落的物种多样性背景, 为霍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

霍山地处太岳山脉南端, 位于洪洞、霍县、古县、

沁源交界处, 111°40' ~ 112°20' E, 36°21' ~ 36°45' N, 主峰老爷顶海拔 2354 m。整个山体基本上为南北走向, 由于地质的构造原因, 形成一紧密皱褶的不对称背斜断块山体。西翼陡峭, 东翼平缓, 多为石灰岩覆盖。霍山属暖温带大陆性气候, 水热条件较好。年平均气温 9.3 ~ 12.3, 7 月平均气温 25.1 ~ 26.1。1 月平均气温 - 3.5 ~ - 4.5, 10 的积温 3000 ~ 4000。无霜期 160 ~ 180 d, 年降水量为 450 ~ 550 mm。

霍山植被垂直分布明显, 从山麓到山顶可分为 5 个植被垂直带: 灌丛及农田带 (800 ~ 1000 m), 主要为野皂荚 (*Gleditsia japonica*)、荆条 (*Vitex ne-*

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

\*\* 通讯作者

收稿日期: 2004 - 12 - 04 改回日期: 2005 - 03 - 14

*gundo* var. *heterophylla*)、酸枣 (*Zizyphus jujuba* var. *spinosa*)、黄刺玫 (*Rosa xanthina*)、虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*)、三裂绣线菊 (*Spiraea trilobata*) 等为建群种组成的灌丛群落。低中山针叶林带 (1 000 ~ 1 300 m), 主要为侧柏 (*Platycladus orientalis*)、白皮松 (*Pinus bungeana*) 等为建群种组成的温性针叶林。针叶阔叶混交林带 (1 300 ~ 2 000 m), 在 1 300 ~ 1 500 m 为白皮松、侧柏、辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)、槲栎 (*Q. aliena*) 等为建群种组成的森林群落。1 500 ~ 2 000 m, 为油松 (*P. tabulaeformis*)、辽东栎、槲栎、栓皮栎 (*Q. variabilis*) 等为建群种组成的针叶阔叶混交林。落叶阔叶林带 (1 400 ~ 2 150 m), 主要有五角枫 (*Acer mono*)、榆 (*Ulmus* sp.)、青皮槭 (*A. davidii*)、山杨 (*Populus davidiana*) 等为建群种组成的森林群落。1 900 m 以上有少量青杆 (*Picea wilsoii*) 林、华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*) 林。山地矮林和草甸带 (2 000 ~ 2 354 m), 主要有白桦 (*Betula platyphylla*)、红桦 (*Betula albosinensis*)、山杨、辽东栎 (矮化成灌木状) 为建群种组成的山地矮林, 以及苔草 (*Carex* spp.) 草甸和五花草甸等<sup>[1]</sup>。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 野外调查

研究范围为霍山海拔 1 000 ~ 2 000 m 的区域, 依据主要植物群落类型及建群种可划分为 3 个林带, 即低中山针叶林、针阔叶混交林和落叶阔叶林<sup>[1]</sup>。在不同的森林群落林下各设立 3 块样地, 面积积极据不同地带及植被类型, 划成每片 800 ~ 1 000 m<sup>2</sup>, 在每块样地中分别取 5 m × 5 m 灌木稀方和 1 m × 1 m 草本样方数个。记录每个样方中物种的名称、株数、盖度。共调查 9 块样地, 记录灌木样方和草本样方各 50 个。共记录到灌木 42 种, 草本植物 107 种。

灌木数量指标用重要值度量:

重要值  $IV = \text{相对多度}(RA) + \text{相对盖度}(RD)$

草本用相对盖度表达。

### 2.2.2 数据分析

多样性指数、丰富度指数和均匀度指数等测定的公式分别如下<sup>[1-3,5,8]</sup>:

多样性指数:

$$D = 1 - \prod_{i=1}^s [N_i / (N_i - 1)] / [N(N - 1)] \quad (1)$$

$$D1 = 1 - \prod_{i=1}^s P_i^2 \quad (2)$$

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log P_i \quad (3)$$

$$H_M = (N - U) / (N - N^{1/2}) \quad (4)$$

均匀度指数:

$$J_{sw} = H / \lg S \quad (5)$$

$$E_s = e^H \quad (6)$$

$$J_{gi} = (1 - \prod_{i=1}^s P_i^2) / (1 - 1/S) \quad (7)$$

$$E_h = (e^h - 1) / (S - 1) \quad (8)$$

丰富度指数:

$$R_1 = (S - 1) / \lg N \quad (9)$$

$$R_2 = S / \lg N \quad (10)$$

$$R_3 = S / N \quad (11)$$

式中,  $S$  和  $N$  分别为总种数和总个体数,  $N_i$  为第  $i$  种的个体数。  $P_i = N_i / N$ ;  $U = (\sum_{i=1}^s N_i^2)^{1/2}$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同森林类型林下灌木层和草本层物种多样性比较

对同一群落类型内灌木层和草本层的多样性、均匀度、丰富度进行比较(表 1)。研究表明, 针叶林下的灌木层多样性指数、均匀度指数均高于草本层, 但丰富度指数则明显低于草本层, 这可能是因为针叶林中灌木层的种数低于草本层, 但各物种的个体数分布比较均匀, 优势种、伴生种与稀有种的数量差异较小<sup>[4]</sup>, 而草本层则是物种数量多, 各物种个体数分布不均匀, 优势种明显, 比如苔草。针阔叶混交林和落叶阔叶林下的灌木层和草本层多样性指数差异不明显, 均匀度指数明显低于草本层, 而丰富度指数则明显高于草本层, 而且三个指数表现基本一致。这可能是因为针阔叶混交林和阔叶林中乔木层和灌木层的郁闭度较大, 从而使林下草本层一般较稀疏, 植物种类也较少。

### 3.2 不同森林类型林下综合多样性比较

不同森林类型林下灌草从多样性指数、丰富度指数、均匀度指数总体上表现出基本一致的变化趋势。按物种多样性指数从大到小排序, 依次为针阔叶混交林 > 针叶林 > 落叶阔叶林, 其中针阔叶混交林下共有植物 67 种, 而针叶林共有植物 50 种, 落叶阔叶林下有植物 27 种。这主要是由于在针阔叶混交林乔木层的盖度相对较低, 有利于林下灌木和草本植物的发育和生长, 因而物种数量较多, 且各物种数量差异不大; 另外, 针叶阔叶混交林兼有针叶林和落叶阔叶林的某些特征, 这种群落类型的多样化, 导

表1 霍山中段植物群落多样性指数

Tab.1 Species diversity indices in the middle of Huoshan Mountains, Shanxi

| 多样性指数 | 针叶林   |        |        | 针阔叶混交林 |       |        | 针叶林   |       |       |
|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
|       | 灌木层   | 草本层    | 综合     | 灌木层    | 草本层   | 综合     | 灌木层   | 草本层   | 综合    |
| D     | 0.885 | 0.776  | 0.927  | 0.805  | 0.901 | 0.938  | 0.599 | 0.683 | 0.821 |
| D1    | 0.876 | 0.768  | 0.922  | 0.797  | 0.892 | 0.933  | 0.593 | 0.676 | 0.817 |
| HP    | 1.013 | 0.905  | 1.324  | 0.953  | 1.058 | 1.370  | 0.690 | 0.656 | 0.974 |
| DM    | 0.722 | 0.582  | 0.781  | 0.620  | 0.749 | 0.804  | 0.402 | 0.479 | 0.616 |
| Gsw   | 0.918 | 0.682  | 0.827  | 0.734  | 0.933 | 0.865  | 0.586 | 0.726 | 0.715 |
| Jgi   | 0.952 | 0.810  | 0.947  | 0.84   | 0.964 | 0.960  | 0.635 | 0.772 | 0.854 |
| Es    | 0.218 | 0.123  | 0.097  | 0.138  | 0.213 | 0.105  | 0.133 | 0.241 | 0.115 |
| Eh    | 0.800 | 0.354  | 0.523  | 0.439  | 0.832 | 0.608  | 0.278 | 0.504 | 0.383 |
| R1    | 5.875 | 11.125 | 17.818 | 10.750 | 6.375 | 17.384 | 7.000 | 3.500 | 9.561 |
| R2    | 5.875 | 11.625 | 18.253 | 11.250 | 6.875 | 17.818 | 7.500 | 4.000 | 9.996 |
| R3    | 6.375 | 2.325  | 2.970  | 2.250  | 1.375 | 2.899  | 1.500 | 0.800 | 1.626 |

注:D:Simpson多样性指数;D1:Gini多样性指数;HP:Shannon-Wiener多样性指数;DM:McIntosh多样性指数;Gsw:Pielou均匀度指数;Jgi:基于Gini指数的均匀度指数;Es:Sheldon均匀度指数;Eh:Heip均匀度指数;R1、R2、R3:丰富度。(下同)

表2 霍山中段物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数

Tab.2 Species diversity, evenness and richness indices in Huoshan Mountains from 1 000 m to 1 900 m above sea level

| 海拔(m) | 草本层 |       |       |      | 灌木层 |       |       |     | 综合值 |       |       |      |
|-------|-----|-------|-------|------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-------|------|
|       | S   | HP    | Eh    | R1   | S   | HP    | Eh    | R1  | S   | HP    | Eh    | R1   |
| 1000  | 18  | 0.827 | 0.336 | 9.0  | 13  | 0.999 | 0.748 | 6.5 | 31  | 1.214 | 0.439 | 15.5 |
| 1100  | 18  | 0.831 | 0.336 | 9.0  | 11  | 0.970 | 0.834 | 5.5 | 29  | 1.454 | 0.638 | 14.5 |
| 1250  | 38  | 1.223 | 0.365 | 22.0 | 15  | 1.129 | 0.889 | 7.5 | 53  | 1.477 | 0.467 | 29.5 |
| 1300  | 13  | 0.743 | 0.377 | 6.5  | 12  | 0.956 | 0.730 | 6.0 | 25  | 1.150 | 0.547 | 12.5 |
| 1350  | 15  | 1.022 | 0.679 | 7.5  | 17  | 1.177 | 0.877 | 8.5 | 32  | 1.400 | 0.778 | 16.0 |
| 1400  | 35  | 1.355 | 0.637 | 17.5 | 17  | 1.105 | 0.733 | 8.5 | 52  | 1.531 | 0.634 | 26.0 |
| 1500  | 44  | 1.246 | 0.386 | 22.0 | 19  | 1.158 | 0.743 | 9.5 | 63  | 1.503 | 0.489 | 31.0 |
| 1600  | 48  | 1.333 | 0.436 | 24.0 | 16  | 1.143 | 0.861 | 8.0 | 64  | 1.539 | 0.494 | 32.0 |
| 1900  | 15  | 0.690 | 0.270 | 7.5  | 8   | 0.656 | 0.504 | 4.0 | 23  | 0.974 | 0.382 | 11.5 |

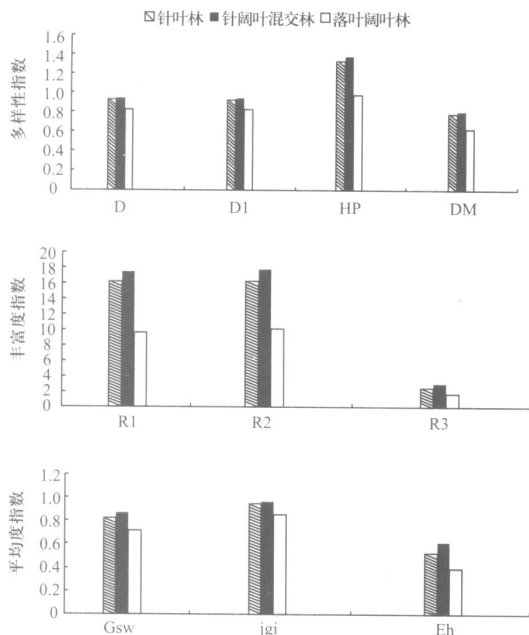


图1 不同森林类型林下灌木丛各多样性比较

Fig.1 Species diversity of shrub and herb layers in the coniferous forest, broad-leaf and coniferous mixed forest and broad-leaf deciduous forest in Huoshan Mountains

致生境的异质性增加,从而具有较高的物种多样性。这是针阔叶混交林物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数较高的主要原因。

### 3.3 物种多样性在垂直环境梯度上的变化规律

从表2,图2~4可以看出,物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数在海拔梯度上的分布趋势基本一致,大约在海拔1 000~1 500 m,随着海拔的升高,物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数也随之增加;但当海拔超过1 500 m后,物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数就随之下降。这主要是由于在海拔1 200 m以下地带,植物生长季节热量充足,水分不足;而在高海拔1 800 m以上地带水分充足而热量不足。显然,在环境梯度两极,对植物生长发育起至关重要的水分和热量因子是相互抑制的。相反,在海拔1 200~1 800 m地带,尽管水分和热量的绝对量不是最高,但水热组合最佳,资源的可利用性可能是最高的。因此,物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数较高。

从干扰的角度看,在海拔较低的地带,人类活动的干扰强度要相对大一些,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。

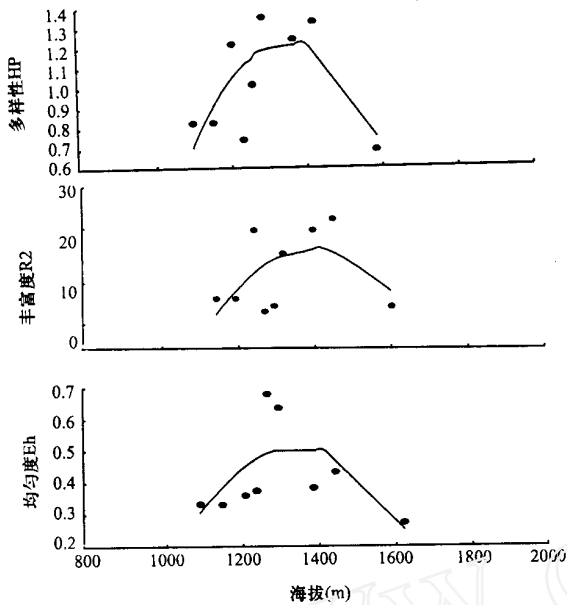


图2 霍山中段林下草本层多样性、丰富度和均匀度随海拔的变化趋势

Fig. 2 Change tendency of the species diversity, evenness and richness indices in herb layer under the forest with elevation in the middle of Huoshan Mountains

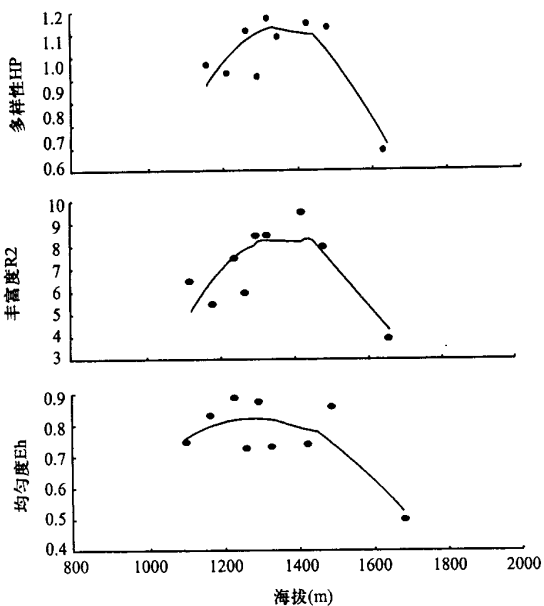


图3 霍山中段林下灌木层多样性、丰富度和均匀度随海拔的变化趋势

Fig. 3 Change tendency of the species diversity, evenness and richness indices in shrub layer under the forest with elevation in the middle of Huoshan Mountains

物种多样性指数、均匀度指数和丰富度指数呈现出较为一致的变化趋势,这与一般的研究结论:多样性指数、丰富度指数和均匀度指数呈正相关是相

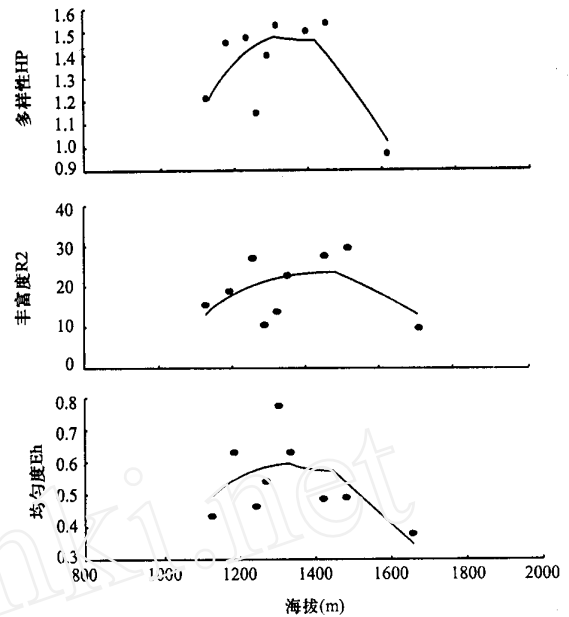


图4 霍山中段林下灌草丛多样性、丰富度和均匀度随海拔的变化趋势

Fig. 4 Change tendency of the species diversity, evenness and richness indices in shrub layer under the forest with elevation in the middle of Huoshan Mountains

符合的<sup>[6]</sup>。根据本区灌草丛的物种多样性与海拔的拟合曲线,可以认为 HP、Eh、R2 这三个指标运用到暖温带是有效的。

#### 参考文献

- [1] 毕润成. 1992. 山西霍山植被生态定量研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 12: 56 ~ 59.
- [2] 马克平, 刘灿然, 于顺利, 等. 1997. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——几种类型森林群落的种-多度关系研究[J]. 生态学报, 17(6): 573 ~ 583.
- [3] 奚为民. 1997. 雾灵山自然保护区森林群落物种多样性研究[J]. 生物多样性, 5(2): 121 ~ 125.
- [4] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 1995. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 15(3): 268 ~ 277.
- [5] 王庆锁, 王襄平, 罗菊春, 等. 1997. 生态交错带与生物多样性[J]. 生物多样性, 5(2): 126 ~ 131.
- [6] 张光富. 2000. 浙江天童山区灌丛群落的物种多样性及其与演替的关系[J]. 生物多样性, 8(3): 271 ~ 276.
- [7] 李博, 杨持, 等. 2000. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 338 ~ 351.
- [8] 王国宏. 2002. 祁连山北坡中段植物群落多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性, 10(1): 7 ~ 14.
- [9] 张丽霞, 张峰, 上官铁梁. 2000. 芦芽山植物群落的多样性研究[J]. 生物多样性, 8(4): 361 ~ 369.

作者简介 茹文明, 男, 1961年生, 教授。主要从事植物生态和植物资源的教学和研究工作。  
责任编辑 王伟