

晋西黄土高原天然次生林木本植物垂直分布格局

周金星¹, 董林水¹, 陈浩², 张旭东¹, 许炯心²

(1 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 对晋西黄土高原土石山区天然次生林乔灌层优势种组成及其多样性进行了研究, 结果表明: 木本植物优势种组成受海拔梯度影响明显, 丰富度沿海拔梯度升高而呈下降趋势, 总体上灌木的丰富度比乔木高, 且乔木树种与灌木树种丰富度的变化规律存在明显差异, 乔木树种在海拔较高地段丰富度较大, 而灌木树种则是在海拔较低地段丰富度较大; 乔木层 α 多样性指数随海拔升高而递增, 而灌木层 α 多样性指数则随海拔升高呈缓慢下降趋势。采用 Cody 指数和 Whittaker 指数计算了各海拔群落的 β 多样性指数, 得出各海拔群落的 β 多样性指数多以相邻海拔群落的指数值最小, 群落间海拔差异越大指数值越大, 其中在海拔高度 1650 m 左右 β 多样性指数变化最为显著。

关键词: 黄土高原; 土石山区; 优势种; 树种结构组成; 分布格局

中图分类号: S725.7

文献标识码: A

Patterns of Tree Species Composition of Secondary Natural Vegetation along an Altitudinal Gradient on Earthy-rocky Mountainous Area in Western Shanxi Province

ZHOU Jin-xing¹, DONG Lin-shui¹, CHEN Hao², ZHANG XU-dong¹, XU Jiong-xin²

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract The patterns of dominant species and ligneous plant community diversity was analyzed at different altitudinal gradients in the earthy-rocky mountainous area in western Shanxi Province. The results are as follows: the dominant species had regular change in different altitudinal gradients; the species richness of all the ligneous plants decreased with the increment of altitude. The tree species richness was high in the community of high altitude, but the shrub species richness was high in the community of low altitude. In most altitude the richness of shrub species was greater than that of arbor species. The α diversity of arbor layers was big in high altitude, however the α diversity of shrub layer decreased with the increment of altitude. In the β diversity research, the Cody index and Whittaker index were studied in the communities of this region. The result indicated that the β diversity index was low among the communities of neighboring altitude, but the index increased when the distance was high between the communities. The result showed the value of β diversity indices as maximal in the region of about 1650 m altitude.

Key words loess plateau; earthy-rocky mountainous area; dominant species; tree species composition; patterns

收稿日期: 2006-01-08

基金项目: 国家自然科学基金重大基金(50239080-1-3); 国家自然科学基金(30671721); 国家自然科学基金(30440034)

作者简介: 周金星(1972-), 男, 湖南常德人, 副研究员。

黄土高原植被恢复的理论与技术一直是学术界研究的热点问题, 虽经过 50 多年的研究, 但仍然存在较多的分歧和争议^[1-3]。实践表明, 盲目的大面积发展人工植被, 而忽视保护和恢复天然次生植被, 难以达到较好的植被恢复效果^[2,3]。黄土高原植被的恢复和建设, 需要更多的保护和应用乡土植物材料。目前, 厚层黄土塬区天然森林植被资源破坏殆尽, 这给黄土高原地带性植物群落特征和演变规律的研究带来了困难^[4-6]。树种选择不当是黄土高原地区人工造林中的主要问题之一, 盲目引进树种, 导致成活率和保存率偏低, 成为困扰人工造林的一个难题^[6]。如何选择适宜的乡土树种, 成为该地区林业建设的重要研究方向。对厚层黄土区边缘土石山区的天然次生林特征进行研究, 可以为黄土高原地区植被恢复的树种选择提供重要的理论依据; 因此, 加强对黄土高原土石山区天然次生林的生态学研究非常重要^[4,5]。研究群落优势种及物种多样性的空间分布特征可为植被建设中植物材料及立地条件的选择提供相应的依据^[4,7]。本文以晋西黄土丘陵沟壑区边缘的中阳县木狐台土石山区天然次生林为研究对象, 重点对天然次生林木本植物优势种和物种多样性沿海拔梯度分布格局进行研究, 拟为该区林业建设中植物材料的选择提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于山西省吕梁地区中阳县的木狐台地区, 属于典型黄土丘陵区与土石山区的交界地带, 地理中心位置为 111°58'E, 37°15'N。该区属暖温带大陆季风气候, 气候干燥, 根据近 10 a 的统计资料, 年降水量欠水年只有 400 mm 左右, 丰水年则达到 500 mm 以上。根据《中国植被》区划的分区结果^[8], 本地区属于暖温带落叶阔叶林区中的北部落叶栎林亚地带, 晋陕黄土高原油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr.)、辽东栎 (*Quercus liaotungensis* Koilz.) 林区。调查区域主要以经过长期封育形成的土石山区天然次生植物群落为主。乔木树种主要有油松、白皮松 (*Pinus bungeana* Zucc. ex Endl.)、辽东栎、白桦 (*Betula platyphylla* Suk.) 等, 土壤类型以森林褐土为主, 土层浅薄。

2 研究方法

2.1 外业调查方法

采用植物群落学特征的调查方法^[9-11], 于

2004 年 7 月、2005 年 10 月在海拔 1 300~1 900 m 范围内进行植物群落特征调查。研究区处于黄土区与土石山区的交错带, 天然次生林主要分布在土石山坡, 其分布特点以北向、东向坡地为主, 一般在中、上坡, 研究样地的选择尽量保持环境的一致性, 并通过 GPS 定位, 每隔 100 m 设置 1 个标准样地 (表 1), 在每个标准样地 (400 m²) 内设置 4 个 10 m × 10 m 样方, 每个样方内设置 4 个 5 m × 5 m 小样方。在每个小样方, 测定乔木树种的树高 (*H*)、胸径 (*DBH*)、株数并按高度及径阶进行分层调查, 测定灌木树种的多度、盖度、频度。由于调查样地多为小乔木和高大灌木, 根据群落实际特点, 制定分层标准, 乔木起测标准为 $H > 3$ m, $DBH > 2.5$ cm; 灌木层为 $H > 1.3$ m。

表 1 山西中阳县土石山区研究样地的基本信息

样地号	海拔 /m	坡向	坡位
1	1 300	北	中坡
2	1 400	北	中坡
3	1 500	西	下坡
4	1 600	东北	上坡
5	1 650	西北	上坡
6	1 750	东	中坡
7	1 800	东	中坡
8	1 850	东北	上坡
9	1 900	东北	上坡

2.2 数据处理方法

多样性指数计算按每个标准样地内 4 个 10 m × 10 m 样方和 16 个 5 m × 5 m 小样方的调查结果取其均值进行统计分析^[9,10]。物种重要值参照邵彬的计算方法^[7], 其计算公式为: 重要值 = (相对盖度 (%) + 相对频度 (%) + 相对密度 (%)) / 3; 多样性指数采用 α 多样性指数和 β 多样性指数进行分析。本研究中应用的 β 多样性测定为二元属性数据的测度方法^[10]。采用 Cody 指数和 Whittaker 指数进行计算。

(1) α 多样性指数

选用丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数 3 类, 其计算公式如下^[9,10]:

$$\text{Margalef 指数 } d_{Ma} = \frac{S-1}{\ln N}; \quad (1)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } (H'): H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$\text{Simpson 多样性指数 } (D): D = 1 - \sum P_i^2 \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数 } J_{sw} = \frac{-\sum P_i \ln P_i}{\ln S}; \quad (4)$$

$$J_i = \frac{1 - \sum P_i^2}{1 - 1/S} \quad (5)$$

A latab 均匀度指数: $Ea = \frac{(\sum P_i^2)^{-1} - 1}{\exp(-\sum P_i \ln P_i) - 1}$ (6)

式 (1) ~ (6) 中 S 为植被群落中物种的总数, P_i 为种 i 相对重要值; N 为种 i 所在样方的个体总数。

(2) β 多样性指数^[9, 10]

W hittaker 多样性指数: $\beta_w = \frac{S}{ma} - 1$ (7)

式 (7) 中: S 为所研究系统中记录的物种总数, ma 为各样方或样本的平均物种数。

Cody β 多样性指数: $\beta_C = \frac{[g(H) + l(H)]}{2}$ (8)

式 (8) 中, $g(H)$ 是沿生境梯度 H 增加的物种数目; $l(H)$ 是沿生境梯度 H 失去的物种数目, 即在上一个梯度中存在的而在下一个梯度中没有的物种数目。

3 结果与分析

3.1 天然次生林优势种沿海拔梯度分布特征

3.1.1 乔木层优势种分布格局 晋西中阳县木狐台土石山区海拔 1 300 ~ 1 900 m 范围内, 乔木层中辽东栎、茶条槭 (*Acer ginnala* Maxim.)、白皮松、白桦、油松、山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bge) 等重要值较高 (图 1)。辽东栎在各个海拔梯度均有分布, 且重要值都较高, 为各海拔梯度乔木层的优势种, 也是本地区分布最为普遍的落叶阔叶林建群树种, 与吴征镒在《中国植被》的描述一致^[8]。在海拔 1 600 m 以下地区山西槭 (*A. shanxinensis* Cui)、蒙栎 (*Tillia mongolica* Maxim.) 等分布较多, 而在较高海拔地区分布较多的树种主要有白桦、青蛙皮槭 (*A. grosserini* Pax)。白皮松是一个重要绿化造林树种, 在海拔 1 400 m 以下地区形成次生纯林, 且在海拔 1 600 m 处仍然生长良好, 人工造林时, 可考虑适当向海拔较高地段扩展。油松在海拔 1 800 m 处的生长比较好, 是本地区适应性很强的重要针叶造林树种。

本地区有较为丰富的天然次生乔木树种资源, 其中, 经济价值较高的如白皮松、茶条槭、青蛙皮槭、山西槭等, 均可在一定的环境条件下成为群落的优势种, 因此在人工植被恢复中可以适当推广。

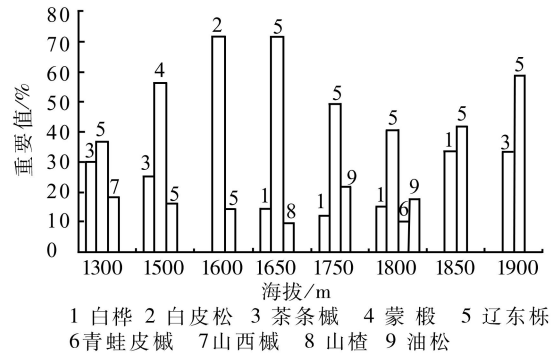


图 1 植物群落乔木层树种重要值随海拔梯度的变化

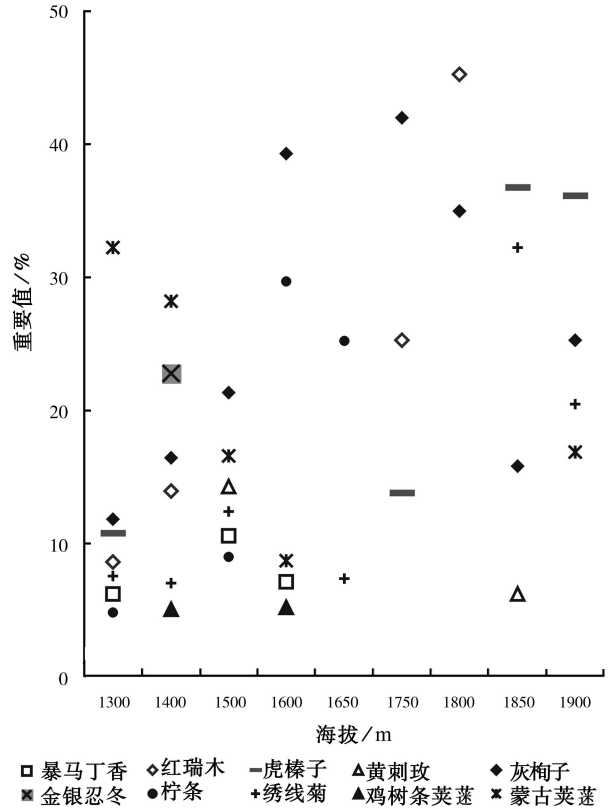


图 2 植物群落灌木层树种重要值随海拔梯度的变化

3.1.2 灌木层优势种分布格局 灰栒子 (*Cotoneaster acutifolius* Turcz) 在各个海拔梯度的重要值都很高, 是灌木层主要的优势种, 而绣线菊 (*Spiraea* spp)、鸡树条荚蒾 (*Viburnum* spp)、蒙古荚蒾 (*Viburnum mongolicum* Rehd)、红瑞木 (*Cornus alba* L)、暴马丁香 (*Syringa amurensis* Rupr)、虎榛子 (*Ostryopsis dariliana* Decne)、金银忍冬 (*Lonicera maackii* Maxim) 等在多个海拔梯度均有分布。蒙古荚蒾主要是较低海拔地段的群落优势种。绣线菊、虎榛子在较低海拔地段则为群落的伴生种, 而在山顶开阔地段便成为群落优势种之一。黄刺玫 (*Rosa xanthina* Lindl) 为典型阳性树种, 只有在个别地段

才可以成为群落的优势种。由于本研究区域多为长期封育的天然次生林, 因而象黄刺玫等先锋树种, 多零星出现在不同海拔地段的群落中。由图 2 可知, 暴马丁香是较低海拔地段群落优势种, 红瑞木在本区域海拔 1 500~1 800 m 为优势种, 柠条 (*Caragana korshinskii* Kam) 在海拔中段地区可以占据灌木上层, 也是重要的优势种。

3.2 群落 α 多样性沿海拔梯度的变化

3.2.1 物种丰富度的变化 由于研究区是经封育形成的天然次生林, 多数地段还处于正向演替初级阶段, 有一部分乔灌木只是在更新层中出现, 因而本文以样方中调查到的各个层次的木本植物种类进行

丰富度的计算, 以便能全面的反映环境梯度对木本植物分布的影响。

在 9 个标准样地中, 共记录到乔木树种 16 种、灌木树种 28 种。由图 3 可知, 随着海拔的升高, 木本植物物种丰富度总体呈下降的趋势, 海拔 1 500、1 600、1 650 m 处的物种丰富度出现略低于较高海拔的现象; 灌木树种则几乎呈一直下降的趋势; 乔木树种 (10 种) 则呈现较高海拔地段 (1 700~1 800 m) 丰富度较高的分布特征, 而低海拔与山顶地段则只有 6 种, 这是由于随着海拔升高, 湿度增加, 水分生态环境条件较优越, 如在海拔 1 750、1 800 m 出现了红瑞木、槭树属等低海拔样地很少或者没有的物种。

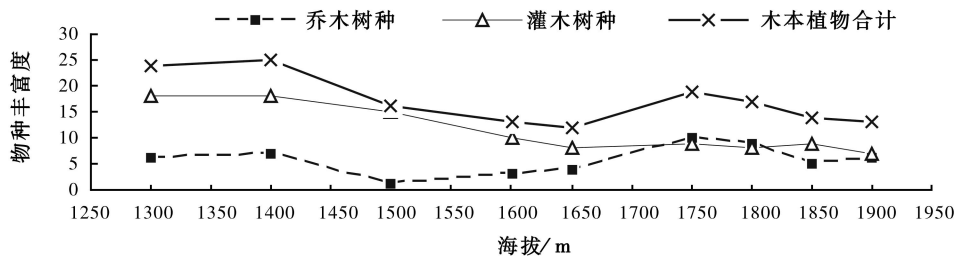


图 3 群落物种丰富度沿海拔梯度的分布规律

3.2.2 群落多样性及均匀度指数的变化 乔灌木树种作为森林生态系统的主体, 而居于群落的上层, 其多样性及结构特征决定了林下草本植物的种类和盖度^[12-14]。

从图 4 中可知, 乔木层 Shannon-Wiener 指数与 Simpson 多样性指数的变化规律相同, 与乔木层丰富度的变化规律基本一致, 在海拔梯度 1 800 m 左右出现最大值, 而并未出现沿海拔梯度下降的趋势。这是因为本地区属于干旱半干旱区, 低海拔地段小气候环境比高海拔地段更为干旱、湿度低, 海拔较高地

段水热条件更适合植物生长。不同海拔群落的 3 个均匀度指数变化规律基本相同。海拔 1 650 m 的乔木层均匀度指数较低。因研究区植被群落乔木层物种数量较少, 灌木树种在多数样地中还占绝对优势, 这也可说明, 乔木层植被一旦受到人为长期过度干扰, 再恢复乔木层的多样性和均匀度极为困难^[4]。

灌木群落多样性指数随海拔梯度的升高在波动中呈下降趋势, 灌木层群落均匀度在各海拔梯度间差异不明显。

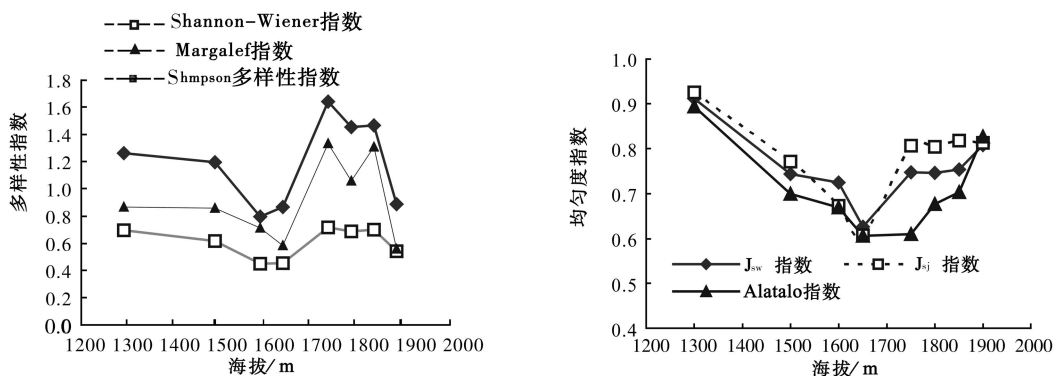


图 4 乔木层植物群落多样性及均匀度沿海拔梯度的变化

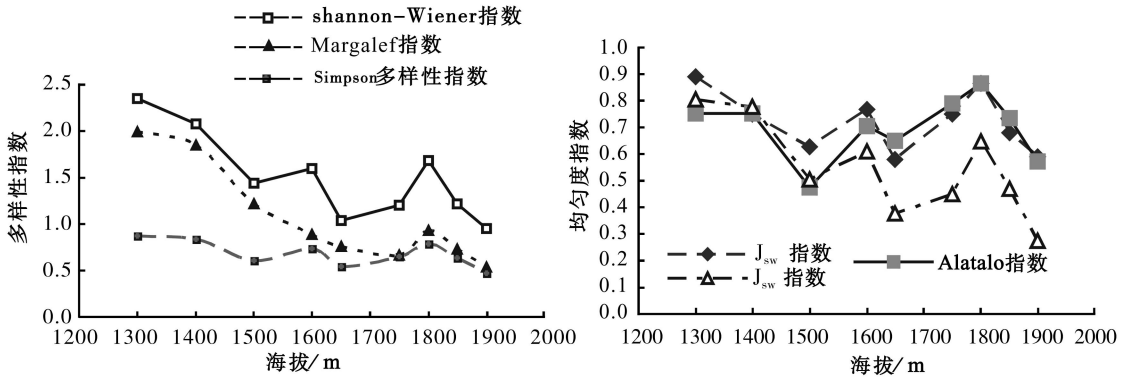


图 5 灌木层多样性及均匀度沿海拔梯度的变化

3.3 群落 β多样性指数沿海拔梯度的变化

从表 2 中可以看出, 各海拔段群落物种的 Whittaker 多样性指数, 大多数以与其最相邻的指数最小, 即矩阵中主轴上的数据一般为最小, 可见 Whittaker 多样性指数较清晰地反映了群落间的相异性。2 个群落间的 Whittaker 多样性指数随着其海拔差距的增大呈缓慢增大的趋势, 如 1 300 m 与 1 400 m 的指数只相差 0.31, 而 1 300 m 与 1 900 m 的指数值相差 0.57。这是因为随着海拔差的增大, 环境因素的差距逐渐增大^[5, 11]。随海拔高差增大, 物种类别差异也增大, 使得指数值变大。

Cody^[11, 15]认为 β多样性指数应为物种在生境梯度的每个点上被替代的速率。作为现存生境范围的测度以及总体多样性的一个有用组分, β多样性

指数应视为分化的总和而不是变化的速率。因此, 将 Cody 的速率测度对生境梯度的积分定义为 Cody 指数。这个指数通过对新增加和失去的物种数目进行比较, 使人们能获得十分直观的物种更替概念, 对于沿生境梯度变化排列的样地, 它清楚地表明了 β多样性指数的含义^[6, 13, 16]。从表 2 中可以看出, 随着两个群落海拔梯度差距的增大, 不同的物种数量逐渐增大, 即新增加和新失去的物种数量和逐渐增大, 因而 Cody 指数也逐渐增大。由于随着海拔差的增大, 群落间生境梯度差距也增大, 物种更替也更为明显, 其中海拔 1 650 m 地段与海拔 1 600-1 750 m 地段的 Cody 指数变化最为显著, 这是因为这个地段的乔木物种数量较大, 与其它海拔地段的植物群落间物种组成差异性较大。

表 2 群落 β多样性指数沿海拔梯度的变化

多样性指数类型	海拔高度 /m	1 300	1 400	1 500	1 600	1 650	1 750	1 800	1 850
Cody 指数	1 400	7.50							
	1 500	7.00	6.50						
	1 600	9.50	7.00	7.50					
	1 650	9.00	9.50	8.00	5.50				
	1 750	11.50	11.00	10.50	11.00	7.50			
	1 800	12.50	11.00	10.50	11.00	5.50	4.00		
	1 850	10.00	10.50	9.00	7.50	6.00	9.50	7.50	
	1 900	10.50	12.00	11.50	8.00	5.50	8.00	6.00	5.50
Whittaker 指数	1 400	0.31							
	1 500	0.35	0.32						
	1 600	0.51	0.37	0.52					
	1 650	0.50	0.51	0.57	0.44				
	1 750	0.53	0.50	0.60	0.69	0.48			
	1 800	0.61	0.52	0.64	0.73	0.38	0.22		
	1 850	0.53	0.54	0.60	0.56	0.46	0.58	0.48	
1 900	0.57	0.63	0.79	0.62	0.44	0.50	0.40	0.41	

4 结论

(1) 在晋西黄土高原土石山区共记录到木本植物 44 种, 其中乔木树种 16 种, 灌木树种 28 种。随着海拔升高, 木本植物的总体丰富度呈下降趋势, 与灌木树种丰富度相同, 而与乔木树种则相反。白皮松、茶条槭、青蛙皮槭、山西槭等在各海拔梯度天然次生林中的重要值均较高, 是主要的优势树种, 建议在人工促进植被恢复时进行应用推广。

(2) 乔木层的 Shannon-Wiener 指数与 Simpson 多样性指数变化规律相同, 且与丰富度变化规律基本一致, 均在海拔梯度 1 800 m 左右出现峰值。植被群落的 Pielou 和 Alatalo 均匀度指数在多样地间差异不明显。灌木层物种多样性随海拔梯度的升高在波动中呈下降趋势, 灌木层群落均匀度在各海拔梯度并没有明显的变化规律, 差异不明显。

(3) β 多样性指数较清晰地反映了群落的相异性, 随着海拔差的增大, 群落间 β 多样性指数均呈逐渐增大的趋势^[6, 17-19]。黄土高原土石山区海拔 1 650 m 地段与海拔 1 600-1 750 m 地段的 Cody 指数、Whittaker 指数的变化最为显著, 这是因为这个地段范围内, 乔木物种数量较高, 与其它海拔范围植物群落间物种组成差异性较大, 造成其生境与相邻海拔高度差异显著。

(4) 群落优势种及物种多样性沿海拔梯度的空间分布特征对于该地区植被恢复和重建具有重要的理论指导意义, 可为植被建设中植物材料及立地条件的选择提供相应的依据。

参考文献:

[1] 彭镇华, 董林水, 张旭东, 等. 黄土高原水土流失严重地区植被恢复前景与对策 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(4): 471~479

- [2] 梁一民. 从植物群落学原理谈黄土高原植被建造的几个问题 [J]. 西北植物学报, 1999, 19(5): 26~31
- [3] 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展 [M]. 北京: 科学出版社, 1998, 66~92
- [4] 张峰, 上官铁梁. 山西绵山森林植被的多样性分析 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(5): 461~465
- [5] 陈浩, 梁广林, 周金星, 等. 黄河中游植被恢复对流域侵蚀产沙的影响与治理前景分析 [J]. 中国科学 D, 2005, 35(5): 452~460
- [6] 李德生, 周树军, 侯信勇, 等. 泰山侧柏、麻栎林森林群落的 β 多样性研究 [J]. 山东农业大学学报, 1997, 28(3): 331~336
- [7] 邵彬, 邓坤枚. 长白山北坡亚高山云冷杉林的植物种类组成及重要值 [J]. 自然资源学报, 2000, 15(1): 66~73
- [8] 吴征镒. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980, 36, 66~89
- [9] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法 (上) [J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162~168
- [10] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II β 多样性的测度方法 [J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38~43
- [11] 陈灵芝. 暖温带森林生态系统结构与功能的研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1997, 2, 16~66
- [12] 郝占庆, 邓红兵, 姜萍, 等. 长白山北坡植物群落间物种共有度的海拔梯度变化 [J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1421~1426
- [13] 王贵霞, 李传荣, 齐清, 等. 泰山油松群落 β 多样性研究 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2004, 35(3): 347~351
- [14] 张金屯, 陈廷贵. 关帝山植物群落物种多样性研究 II 统一多样性和 β 多样性 [J]. 山西大学学报 (自然科学版), 2002, 25(2): 173~175
- [15] 郝占庆, 于德永, 吴钢, 等. 长白山北坡植物群落 β 多样性分析 [J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2018~2022
- [16] 冯纛, 许鹏, 安沙舟, 等. 天山北坡中段山地草地类型多样性研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 59~62
- [17] 高贤明, 马克平, 黄建辉, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 [J]. 生态学报, 1998, 18(1): 24~32
- [18] 赵一之, 朱宗元, 刘钟龄, 等. 新疆北部绿洲-荒漠过渡带植物种类多样性分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(1): 100~109
- [19] 焦树英, 韩国栋, 赵萌莉, 等. 荒漠草原地区不同载畜率对功能群特征及其多样性的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(1): 161~165