

山东石灰岩山地植被结构与演变

房用¹, 杜宁², 王淑军², 王月海¹

(1 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250014; 2 山东大学生命科学院, 山东 济南 250010)

摘要: 在群落调查的基础上, 对山东省淄博市沂源县和博山区两处代表性的石灰岩山地植被于 2001 年和 2005 年进行 2 次调查, 从群落物种的重要值、物种多样性、生态位等方面对山东石灰岩山地植被的现状进行了生态学分析, 并将 2001 年作为有人为干扰情况下的植被现状, 人工封育 5 a 后的 2005 年作为经过人工封育的自然恢复现状, 对石灰岩山地植被的演变进行了分析。结果表明: 山东石灰岩山地植被的现状相对较差, 群落的层次性不明显, 灌草层的优势种为黄荆和结缕草, 经过人工封育, 灌草层的优势种并没有明显的变化, 两地的植被还处于演变过程中, 但没有达到演替的程度, 沂源样地的情况和演变程度均要强于博山; 灌草层物种多样性的变化并不一致, 经过对物种多样性指数的计算, 可以得出两地的 Shannon-Wiener 多样性指数都有所上升; 物种优势度、生态位宽度和生态位重叠三者之间 2001 年相关关系不显著, 但 2005 年相关关系显著, 并且有从无直线相关到有直线相关, 从直线相关到对数相关的变化趋势。

关键词: 石灰岩山地; 植被演变; 群落结构; 优势度; 重要值; 生态位宽度; 生态位重叠

中图分类号: S758.5

文献标识码: A

Research on Vegetation Structure and Evolution of Limestone Mountain in Shandong Province

FANG Yong¹, DUN Ning², WANG Shu-jun², WANG Yuehai¹

(1 Shandong Institute of Forest Science, Jinan 250014, Shandong, China)

2 College of Life Sciences, Shandong University, Jinan 250010, Shandong, China)

Abstract The area suitable for planting forests in Shandong Province are mostly in limestone mountain. Because of its bad environmental condition, it is difficult to plant trees in limestone mountain. We did researches in 2001 and 2005 respectively in order to apply theory to vegetation resume in limestone mountain. Based on community investigation, two representative limestone mountain forests were selected in Yiyuan and Boshan which were investigated twice at 2001 and 2005. The land was divided into 4 types in both places, and 2~6 quadrats were placed in every kinds of area types. Then arbor layer (20 m × 20 m), shrub layer (3 m × 3 m) and herbage layer (3 m × 3 m) were investigated separately. By means of species importance value, species diversity, niche *et al*, the ecological characteristics of vegetation in limestone mountain were studied actually. According to comparison of the data in 2001 and 2005, which stand for the vegetation actuality under jamming and natural restoration actuality under forest enclosing and tending, the vegetation evolution was studied of limestone mountain in Shandong Province. The results showed that the actuality of limestone mountain in Shandong Province was comparatively bad; the community levels were not distinct. The dominant species in shrub and herbage layers were *Vitex negundo* and *Zoysia japonica*, according to forest enclosing and tending, the dominant species in shrub and herbage layers did not change obvious.

收稿日期: 2006-12-26

基金项目: 山东省重点科技攻关项目“荒山生态林快速营造及植被恢复技术研究”(SDSP2005-0410-06)

作者简介: 房用(1963—),男,山东荣城人,研究员,主要从事林业生态工程研究。

ly. The vegetation in two spots was in the process of evolution but it did not come to the extent of succession. The condition was better and the evolution extent was deeper in Yiyuan than in Boshan. The variety of species diversity in shrub and herbage layers were not identical and it rose of shrub layer in both spots. As for herbage layer, it declined in Boshan (from 1.54 to 1.09) and rose in Yiyuan (from 1.22 to 1.24). There was no rule of species diversity along with altitude. Relationships among importance value (*IV*), niche breadth (*BL*) and niche overlap (*Op*) in 2001 were not prominent but it was prominent in 2005, it had the change trend from no linear correlation to linear correlation, from linear correlation to logarithmic correlation.

Key words Limestone Mountain; vegetation evolution; community structure; dominance; importance value (*IV*); niche breadth (*BL*); niche overlap (*Op*)

恢复生态学被定义为研究生态系统退化的原因、退化生态恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理的科学。近年来,石灰岩山地由于其裸岩多、难恢复等特性,已成为恢复生态学研究关注的热点,全国的许多地区均已开展了石灰岩山地植被的基础研究^[1-3]和造林技术^[4-5]的研究。

山东省的宜林荒山主要集中在石灰岩山地。石灰岩山地面积约为 150 万 hm^2 , 占全省山地面积的 26%。根据 2000 年全省森林资源二类调查结果,全省有裸岩荒山 26.7 万 hm^2 以上,这些地段大多集中在石灰岩山地,其立地因子特点是裸岩较多、土层薄、水分供应状况差等。造林成活率低,是山东省造林绿化的难点和重点,而以往的研究大多倾向于造林技术的应用^[6-7]以及植被的静态研究方面^[8],对石灰岩山区森林植被的动态演变缺乏基础资料和理论研究。本文对淄博市沂源县和博山区石灰岩山地植被资源和结构特点进行了初步探讨,并通过对两地 5a 以来植被演变的分析,提出山东石灰岩山地恢复过程中物种的搭配模式,为该地区生态恢复提供理论依据,同时对宜林荒山植被恢复、选择适生的植物种类、提高造林的成活率提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

调查在淄博市沂源县和博山区两地进行。沂源县的调查地点设在南麻镇中儒林村南 3 km 处山地上,地处 $35^{\circ}55'20'' \sim 36^{\circ}23'34'' \text{N}$, $117^{\circ}42'20'' \sim 118^{\circ}38'00'' \text{E}$, 海拔 340~416 m, 土层厚度 10~15 cm, 坡度 $12^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。年平均气温 11.9°C , 年日照时数 2 660.6 h, 年平均降水量 718.1 mm, 年最大降水量 1 616.7 mm, 年最小降水量为 442.5 mm, 7—8 月降水最为集中, 占全年的 51.

7%。博山区的调查地点设 在山头镇水峪村南 2 km 处山地上, 地处 $117^{\circ}43' \sim 118^{\circ}12' \text{E}$, $36^{\circ}30' \text{N}$, 海拔 290~325 m, 土层厚度 10~15 cm, 坡度 $7^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 。两处地点同为石灰岩山地, 土壤为山地粗骨薄层淋溶褐土, 属暖温带大陆性季风气候, 全年无霜期 189~201 d, 年均气温 $11.9 \sim 12.8^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 682.4~718.1 mm, 降水多集中在 7—8 月, 自 2001 年起均封山育林 5 a。

1.2 样地设置及调查方法

依立地条件的不同, 2001 年 6—7 月将沂源县和博山区石灰岩山地灌草丛分别划分为 4 个类型进行植被调查, 两地试验地的背景资料如表 1 所示。沂源县的每个类型设 2~3 个样方, 共设 10 个样方; 博山区的每个类型同样设 2~3 个样方, 共设 9 个样方。2005 年 6 月在划分的 4 个类型区内进行第 2 次调查, 沂源县的每个类型设 2~5 个样方, 共设 15 个样方; 博山区的每个类型设 2~6 个样方, 共设 14 个样方。根据植被的类型、性质和结构分布的均匀性, 采用随机和典型调查相结合的方法, 选择其外貌、季相、种类、结构等有代表性的小面积地形作为样方调查。乔木的调查样地面积为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, 采用常规测树方法进行调 查^[9]。在乔木的调查样方内, 灌木和草本样方面积设为 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 同一样方内分别调查灌木和草本, 记载其个体数或多度、覆盖度、高度、生活型、样方总盖度等。

1.3 计算方法

1.3.1 物种的优势度 物种的优势度由其重要值表示, 重要值是反映植物种类在群落中地位重要程度的一个重要指标。根据所选样地的实际情况, 灌草丛植物的重要值定义为^[10]: $IV = \text{相对密度} + \text{相对显著度} + \text{相对频度}$ 。

表 1 样地群落特征及环境因子

地点	分区	面积 /m ²	坡向	坡度 / (°)	海拔高度 /m	土壤厚度 /cm	植被总盖度 /%	主要物种
沂源	I	2 70×10 ⁴	东	18	355	15	80	刺槐 - 黄荆 - 结缕草
	II	3 00×10 ⁴	东	18	360	15	60	刺槐 - 黄荆 - 中华卷柏
	III	1 70×10 ⁴	西	12	345	10	60	侧柏 - 黄荆 - 中华卷柏
	IV	1 50×10 ⁴	西	12	360	10	65	侧柏 - 黄荆 - 中华卷柏
博山	I	2 60×10 ⁴	西北	10	300	10~15	60	黄荆 - 白草
	II	1 30×10 ⁴	北	13	320	10~15	40	黄荆 - 菵草
	III	0 73×10 ⁴	西北	11	325	10	50	黄荆 - 结缕草
	IV	0 73×10 ⁴	东	20	300	15	75	黄荆 - 结缕草

注: 刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.), 黄荆 (*Vitex negundo* L.), 结缕草 (*Zoysia japonica* Steud.), 中华卷柏 (*Selaginella sinensis* Desv.), 侧柏 (*Bioria orientalis* (L.) Endl.), 白草 (*Pennisetum flaccidum* Griseb.), 菵草 (*Arthraxon hispidus* Thunb.).

1.3.2 物种多样性 本文采用以下几个多样性指标:

(1) 物种丰富度指数: 以一定大小的样方中的物种数 (S) 表示。

(2) 生态优势度指数^[11]: $C = \sum P_i^2$

(3) Shannon-Wiener 多样性指数^[12]:

$$H = - \sum P_i \ln P_i = \ln N - \sum n_i \ln \frac{n_i}{N}$$

(4) Simpson 多样性指数^[12]: $D = 1 - \sum P_i^2$

(5) 物种均匀度指数^[13]:

$$J_w = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$$

式中: S 为样方中的物种数, $P_i = \frac{n_i}{N}$, n_i 为物种 i

在样方中的数量, N 为样方中所有物种的个体总数。

1.3.3 生态位宽度 采用 Levins 生态位宽度计算

$$\text{公式}^{[14]}: B_L = 1 / (r \sum_{j=1}^r P_{ij}^2)$$

式中: B_L 为物种的生态位宽度; P_{ij} 是物种 i 在第 j 资源位上的重要值占它所在全部资源位上重要值的比例; r 为样方数, 本文中将要调查的每一个区域作为一个样方处理。

1.3.4 生态位重叠 采用 Pianka 生态位重叠指

$$\text{数}^{[14]}: O_p = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 (\sum_{j=1}^r P_{kj}^2)}}$$

式中: O_p 为物种 i 与物种 k 的重叠值, 其它符号含义同上。

1.3.5 群落系数与相似度系数^[15] 群落系数与相似度系数均用以测定不同群落间植物种类组成上的相似程度, 群落系数是一个定性的数据, 而相似度系数则是一个定量的数据。

群落系数: $CC = 2a / (2a + b + c)$

式中: a 为第 1 次调查的群落 (A) 和第 2 次调查的群落 (B) 所共有的种类数, b 为群落 A 所有而群落 B 没有的种类数, c 为群落 B 所有而群落 A 没有的种类数。

相似度系数: $CS = 2c / (a + b)$

式中: c 是 2 个群落中共有种的某一定量值的总和, a 是群落 A 的某一定量值的总和, b 是群落 B 的某一定量值的总和。本文中某一定量值为物种的重要值。

1.4 数据处理

用 Bio~DAP 软件进行物种多样性的计算; 用 STATISTICA 6.0 进行数据分析并作图。

2 结果与分析

2.1 山东石灰岩山地植被结构

利用 2001 年的数据分析了在人为干扰条件下 (大多数石灰岩山地的现存状态) 山东石灰岩山地灌草层的组成, 包括重要值的计算以及生态位的分析。

2.1.1 物种重要值 植物种类在构成生物群落的过程中的作用一般用重要值来表示。博山和沂源两地 2001 年植物群落主要物种的重要值见表 2。

构成博山植被的灌木有 7 种, 草本 16 种。由于本地区缺乏乔木层, 灌木层的优势种黄荆为本地区的建群种, 草本层的优势种为结缕草、菵草和丛生隐子草 (*Cleistogenes caespitosa* Keng)。沂源样地中共有乔木 4 种, 灌木 6 种, 草本 26 种。乔木层以刺槐、黄榆 (*Ulmus macrocarpa* Hance) 为主, 但数量不多, 灌木层以黄荆、胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz.) 为主, 草本层物种较丰富, 以结缕草、中华卷柏、百里香 (*Thymus vulgaris* L.) 为优势种。

表 2 山东石灰岩山地 2001 年植物群落主要物种优势度

层次	博山		沂源	
	种名	重要值	种名	重要值
灌木	黄荆	185	黄荆	183
	酸枣	44	胡枝子	51
	胡枝子	22	酸枣	32
	杠柳	21	杠柳	8
草本	结缕草	50	结缕草	79
	荩草	47	中华卷柏	62
	丛生隐子草	39	百里香	20
	白羊草	38	牛鞭草	18
	桃叶鸦葱	34	荩草	16
	狗尾草	25	萎陵菜	14
	羊胡子草	24	地梢瓜	13
	萎陵菜	13	桃叶鸦葱	13
乔木			刺槐	95
			黄榆	35
			臭椿	30
			侧柏	25

注: 酸枣 (*Ziziphus jujube* Mill), 杠柳 (*Periploca sepium* L.), 白羊草 (*Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng), 桃叶鸦葱 (*Scorzonera sinensis* Lipsch.), 狗尾草 (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), 羊胡子草 (*Eriophorum gracile* Koch), 萎陵菜 (*Potentilla chinensis* Ser.), 牛鞭草 (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf et C. E. Hubb.), 地梢瓜 (*Cynanchum thesioides* (Freyen) K. Schum.), 臭椿 (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle).

2.1.2 生态位宽度 生态位宽度反映了物种占有空间的能力。经计算, 2001 年博山植被的生态位宽度较大的几个物种为黄荆、酸枣、胡枝子、丛生隐子草和桃叶鸦葱, 生态位宽度均达到 0.9 以上, 在 4 个大样方内均有分布。生态位宽度最小的几个物种为变色白前 (*Cynanchum versicolor* Bunge), 扁担杆子 (*Gravia bilobe* G. Don), 远志 (*Polygala tenuifolia* Willd.), 蓝刺头 (*Echinops phaeocephalus* Linn.), 山莴苣 (*Lactuca indica* L.), 白头翁 (*Pulsatilla chinensis* (Bge.) Reg.) 和地梢瓜, 均只出现在一个大样方内。

2001 年沂源植被的生态位宽度较大的几个物种为黄荆、胡枝子和桃叶鸦葱, 生态位宽度也都达到 0.9 以上。生态位最窄的物种为本氏木蓝 (*Indigofera bungeana* Walp.), 扁担杆子、炮仗草 (*Pyrostegia venusta* (Ker) Miers), 雀麦 (*Bromus japonicus* Thunb.), 远志、羊胡子草、小花鬼针草 (*Bidens paeiflora* Willd.), 白头翁、桔梗 (*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC.), 黄精 (*Polygonatum sibiricum* Red.), 米口袋 (*Guelenstaedia verna* (Georgi) Boriss. subsp. *multiflora* (Bge.) Tsui), 早熟禾 (*Poa annua* L.) 和糙叶黄芪 (*Astragalus scaberinus* Bunge), 分布和生长有很大的局限性, 作为伴生种而存在于群落中。

无论是博山还是沂源, 生态位宽度较大的几个

种基本相同, 同时黄荆、酸枣、胡枝子、桃叶鸦葱等都是群落中优势度较大的几个种, 对物种的优势度和生态位宽度进行相关性分析发现, 两者有很强的相关性, 存在线性相关关系 (图 1a b)。

2.1.3 生态位重叠 生态位重叠反映了物种之间对资源利用的相似程度和竞争程度。经计算博山植被 2001 年生态位重叠最大的发生在变色白前和远志之间, 以及扁担杆子、蓝刺头、山莴苣、白头翁两两之间, 生态位重叠值均为 1, 当然只是说无限接近 1, 并不完全相同, 相互之间为争夺生存空间和资源存在着激烈的竞争。最小的生态位重叠往往发生在那些只在一个样方中出现的物种之间, 生态位重叠值为 0, 也就是说它们对资源的利用完全没有竞争, 从较大尺度上来说, 可以稳定地共同存在。

沂源样地中出现了乔木, 但由于乔木层与灌木层的生态位关系不大, 故没有将乔木计算在内; 由于炮仗草、雀麦、远志等 10 种草本植物在样方中出现的位置以及生态位宽度都相同, 故取炮仗草作为代表, 而它们两两之间的生态位重叠值均为 1, 也即它们存在的空间极为相似。与博山相比, 沂源的生态位重叠最大值和最小值发生在更多的物种之间, 样方之间环境资源的异质性表现得更为突出。

对各个物种与其它物种的生态位重叠值进行作图, 可更直观地看到每一物种与其它物种的关系。由图 2 看到, 博山 2001 年与其它物种生态位重叠值最大的物种是黄荆、酸枣和桃叶鸦葱。从图 3 看到, 沂源 2001 年与其它物种生态位重叠值最大的物种是结缕草、艾蒿 (*Artemisia lavandulaefolia* DC.), 苦苣菜 (*Ikeris denticulata* (Houtt.) Stebb.) 和火绒草 (*Leontopodium leontopodioides* (Willd.) Beauv.), 这些物种都是对山东石灰岩山地资源利用能力很强的物种。

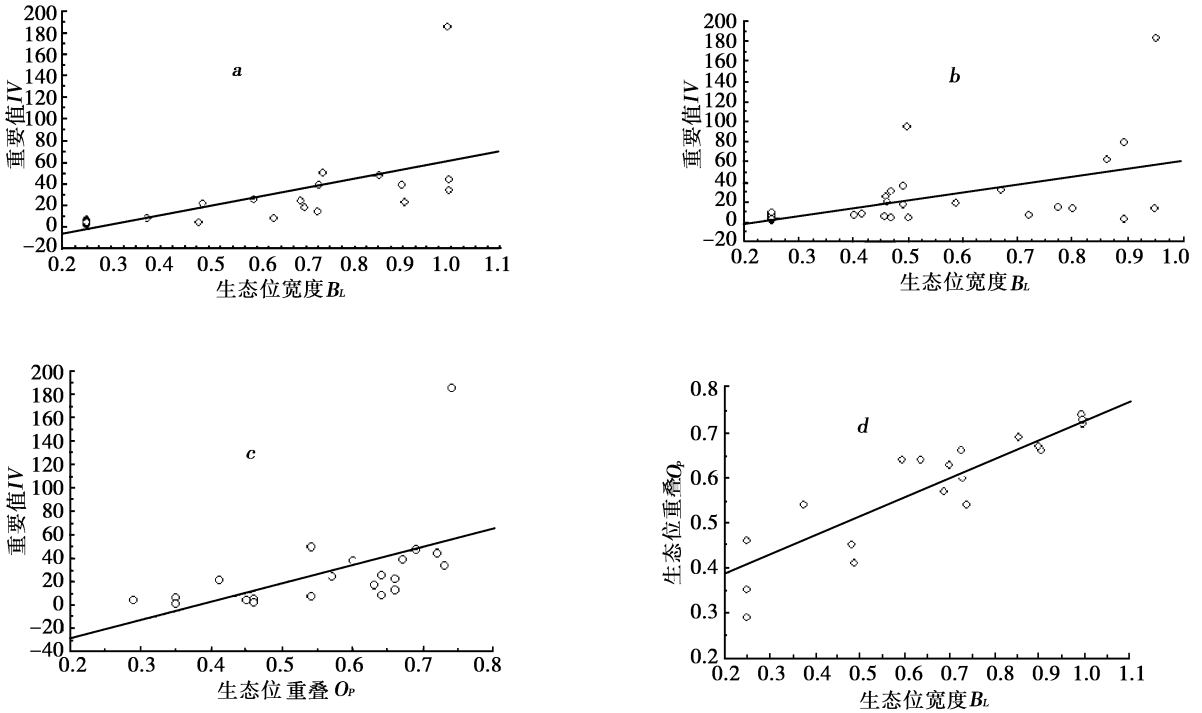
对物种的重要值、生态位宽度和生态位重叠之间进行相关性分析, 发现博山植被物种重要值、生态位宽度和生态位重叠平均值之间都有极显著的相关关系, 而沂源仅重要值和生态位宽度有极显著的相关关系, 其它两者之间均没有相关关系。它们之间的相关关系如图 1(a~c) 所示, 回归方程分别为:

$$a IV = -23.4038 + 84.2279 \times B_L,$$

$$b IV = -17.1744 + 78.7842 \times B_L,$$

$$c IV = -60.3088 + 156.4546 \times O_p,$$

$$d O_p = 0.3005 + 0.4286 \times B_L.$$



a 博山物种重要值和生态位宽度的相关性; b 沂源物种重要值和生态位宽度的相关性;
c 博山物种重要值和生态位重叠的相关性; d 博山物种生态位宽度和生态位重叠的相关性

图 1 2001 年物种重要值、生态位宽度、生态位重叠之间的相关性

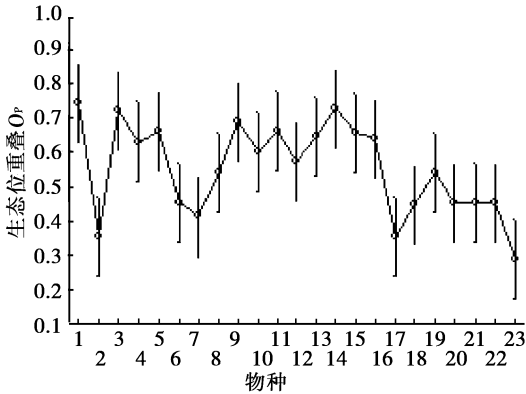


图 2 2001 年博山物种生态位重叠

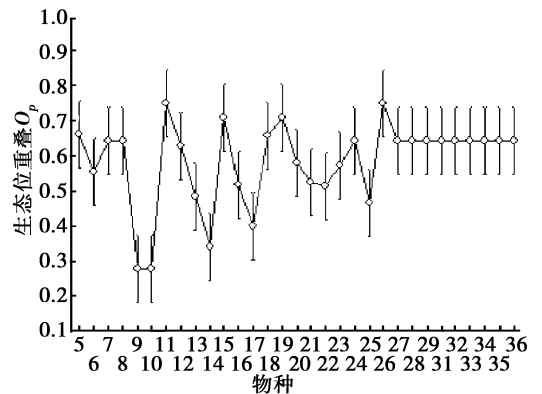


图 3 2001 年沂源物种生态位重叠

图 2、3 中横坐标数字代表的物种 (下同) 分别为: 1 黄荆, 2 变色白前, 3 酸枣, 4 锦鸡儿, 5 胡枝子, 6 扁担杆子, 7 杠柳, 8 结缕草, 9 荻草, 10 白羊草, 11 丛生隐子草, 12 羊胡子草, 13 黄背草, 14 桃叶鸦葱, 15 萎陵菜, 16 狗尾草, 17 远志, 18 东风菜, 19 金挖耳, 20 蓝刺头, 21 山萸苣, 22 白头翁, 23 地梢瓜, 24 炮仗草, 25 长冬草, 26 火绒草, 27 雀麦, 28 牛鞭草, 29 细柄羊胡子草, 30 小花鬼针草, 31 猪殃殃, 32 桔梗, 33 黄精, 34 米口袋, 35 早熟禾, 36 糙叶黄芪。

2.2 山东石灰岩山地植被的演变

2001 年以后对位于博山和沂源的试验地进行了封山育林, 两地的植被处于自然的恢复和演变过程中, 通过 2001 年和 2005 年数据的对比分析, 可以得到山东石灰岩山地植被演变的大致规律, 为封山育林和植被恢复工作提供一些借鉴。

2.2.1 山东石灰岩山地灌草丛物种组成的演变 5 a

以后博山试验地中有 6 种灌木、28 种草本, 并出现侧柏、刺槐等小乔木, 但是占优势的植被层仍为灌木层, 建群种为黄荆、酸枣, 草本层的优势种有白羊草、荻草和鸭跖草 (*Cammelinia communis* L.)。博山灌草丛群落主要物种的重要值及变化见表 3。由表 3 可见, 灌木层比较稳定, 而草本层变化相对较大, 优势种结缕草和丛生隐子草丧失, 而出现新的优势种鸭跖草。

2005年沂源样地中有乔木 5种, 灌木 5种, 草本 28种。乔木主要是一些散生的火炬树 (*Rhus typhina* L.)、臭椿、侧柏, 数量不多; 灌木层黄荆优势最明显, 胡枝子和酸枣数量较多, 侧柏苗和杠柳仅为伴生; 草本层物种相对丰富, 以中华卷柏、荇草、结缕草、桃叶鸦葱为优势种。沂源灌草丛群落主要物种的重要值及变化见表 4。

表 3 博山 2001年和 2005年灌草丛群落主要物种的重要值及变化

层次	种名	重要值	
		2001年	2005年
灌木	黄荆	185	141
	酸枣	44	72
	胡枝子	22	45
	杠柳	21	25
	中华卷柏		18
草本	白羊草	38	70
	鸭跖草		42
	荇草	47	65
	桃叶鸦葱	34	17
	羊胡子草	24	7
	结缕草	50	
	丛生隐子草	39	
	狗尾草	25	

2005年山东石灰岩山地物种总量上比 2001年有了提高, 具体来说乔木层由侧柏等取代了刺槐成为沂源样地的建群种, 这是人工造林的结果; 灌木层占优势的物种没有变化, 说明人工造林很少涉及到灌木林, 而乔木林的变化还不足以影响灌木层, 但是, 2005年的灌木种类较 2001年有所减少, 可能是物种之间激烈的竞争导致生长能力弱的物种被最终排挤; 中华卷柏在博山样地草本层中出现, 并且在沂源的样地中占据更大的优势, 说明石灰岩山地保持水分的能力有所加强, 使林下保持湿润的环境。

通过前述计算方法得出 2005年 2块样地的群

表 5 不同地点 2001年与 2005年物种多样性指数比较

地点	年份	S			C			H			D			J_{sw}		
		灌木	草本	平均	灌木	草本	平均	灌木	草本	平均	灌木	草本	平均	灌木	草本	平均
博山	2001	4.75	10.25	7.50	0.64	0.25	0.45	0.65	1.54	1.10	0.36	0.75	0.56	0.49	0.82	0.66
	2005	4.50	14.25	9.38	0.55	0.37	0.46	0.74	1.22	0.98	0.45	0.64	0.55	0.72	0.62	0.67
沂源	2001	3.50	13.75	8.63	0.63	0.47	0.55	0.60	1.09	0.85	0.37	0.53	0.45	0.58	0.6	0.59
	2005	3.50	15.50	9.5	0.54	0.35	0.45	0.71	1.24	0.98	0.46	0.68	0.57	0.76	0.66	0.71

由表 5 看出, 博山和沂源两地灌木层的物种多样性均有较大提高, 说明灌木层恢复较好, 由于灌木层是植被恢复中最重要和关键的一个层次, 可知植被恢复工作产生了较好的效果。

博山草本层的物种多样性有所下降, 而沂源有

表 4 沂源 2001年和 2005年植物群落主要物种的重要值比较

层次	种名	重要值	
		2001年	2005年
乔木	火炬树		45
	臭椿	30	51
	刺槐	95	29
	侧柏	25	66
	黄榆	35	20
灌木	黄荆	183	171
	胡枝子	51	81
	酸枣	32	38
	杠柳	8	8
草本	中华卷柏	62	103
	荇草	16	68
	结缕草	79	27
	桃叶鸦葱	13	19
	黄背草		10
	百里香	20	
	牛鞭草	18	
	萎陵菜	14	
	地梢瓜	13	

落系数和相似度系数分别为 0.59 和 1.73, 均比有人为干扰的 2001年的数值 (分别为 0.43 和 1.30) 高, 说明 2 块样地经过自然的恢复和演变, 二者在群落的组成上进一步趋于一致, 这不仅进一步说明 2 块样地可作为山东石灰岩山地的代表进行研究, 而且说明在没有人为破坏的条件下, 经过自然的演变和人工恢复, 山东石灰岩山地将演替到一个共同的稳定状态。

2.2.2 物种多样性的变化 物种多样性能直接的反映出群落中物种的丰富度以及分布的情况, 博山和沂源两地 5 a 来物种多样性的变化情况见表 5。

所上升, 可能是由于植被恢复正处于不同的阶段造成的, 沂源的植被已经恢复到一个较稳定的状态, 而博山的植被正处于演变过程中; 另外一个原因可能是 2001年 2 个样地草本层所处的状态不同造成的, 博山的草本层处于“中度干扰”^[16] 状态, 而沂源的草

本层处于过度干扰的状态。

经对比分析,博山、沂源两地灌草层的物种数分别增加 25.1% 和 10.1%,博山灌草层的 Shannon-Wiener 指数下降 10.9%,沂源灌草层的 Shannon-Wiener 指数上升 15.3%,而均匀度指数两地均有上升,分别上升 1.5% 和 20.3%。

2.2.3 生态位的演变 生态位表示的是每一个物种在群落中的地位以及与其它物种的关系,主要物种生态位宽度的变化见图 4.5。

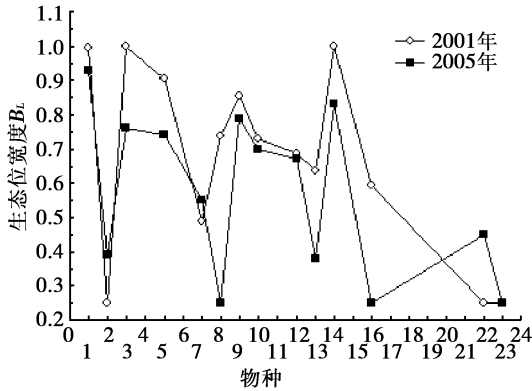


图 4 博山主要物种生态位宽度的变化

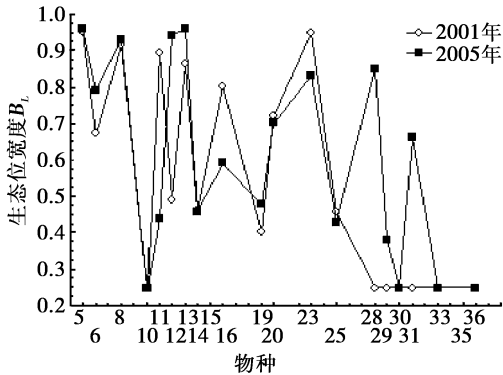


图 5 沂源主要物种生态位宽度的变化

由图 4 可见, 2001 到 2005 年间, 博山的主要物种中, 生态位宽度在 0.56 以上的物种 (黄荆、酸枣等) 的生态位宽度都有所下降, 而 0.56 以下的物种 (变色白前、杠柳等) 的生态位宽度则有不同程度的上升, 说明经过封山育林博山主要物种的生态位宽度差距变小, 每个物种都占据一定的生态位、生存空间, 这对整个群落的稳定有着积极的意义; 而沂源主要物种的生态位宽度则没有此规律 (图 5)。

图 6、7 显示的是 2005 年博山和沂源物种的生态位重叠值。从图 6 可看到, 2005 年博山物种中与其它物种生态位重叠最大的是黄荆、荩草和翻白草 (*Potentilla discolor* Bge.), 与图 2 相比较, 灌木层物

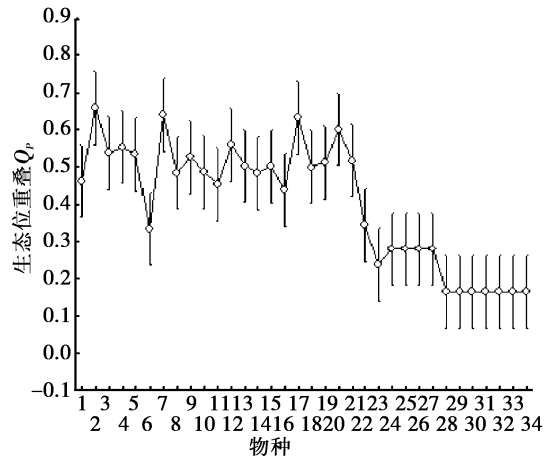


图 6 2005 年博山物种的生态位重叠

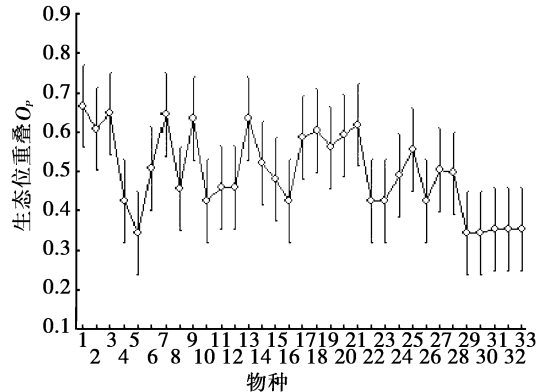


图 7 2005 年沂源物种的生态位重叠

种的生态位重叠值的差距缩小, 这是自然演替的结果。作为灌木层优势种的黄荆在自然演变过程中的优势地位更加明显, 这对植被恢复和灌木层物种组成的稳定有着重要的意义。草本层几个主要物种的生态位重叠值有所下降, 同时出现许多生态位重叠较小的物种, 这说明经过封山育林, 草本层正处于恢复当中, 有大量新物种出现, 但这些物种均只占有很小的生态位, 与其它物种的生态位重叠也很小, 相互之间的竞争却很激烈, 物种数量受到限制, 这也从另一个角度解释了为什么物种种类增加, 多样性反而降低。

2005 年沂源灌木层物种中与其它物种生态位重叠较大的是黄荆、酸枣和胡枝子, 与 2001 年相比变化不大。草本层物种生态位重叠之间数值有更加接近的趋势, 2001 年雀麦、远志等 10 种与其它物种生态位重叠很大的物种由于相互之间激烈的竞争, 最终雀麦、米口袋、桔梗和早熟禾消失, 而远志和白头翁则由于生命力强而存活下来, 并占据较大的生

态位。

经过 5 a 的演变, 山东石灰岩山地灌草丛的重要值、生态位宽度和生态位重叠之间的关系已经发生变化。两地的 3 个参数之间均有显著的相关关系, 物种重要值、生态位宽度和生态位重叠两两之间为对数关系, 而生态位宽度和生态重叠之间为线性关系, 如图 8 所示, 它们之间的回归方程依次为:

$$a O_p = 0.4148 + 0.1174 \times \lg(IV),$$

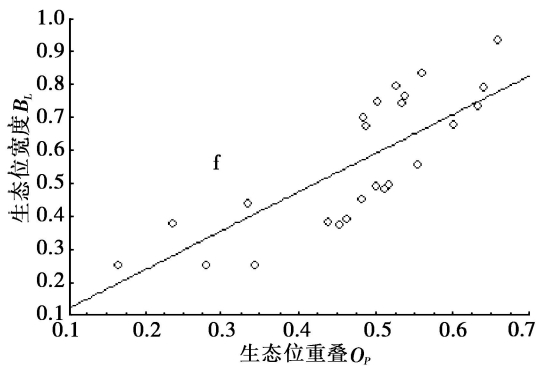
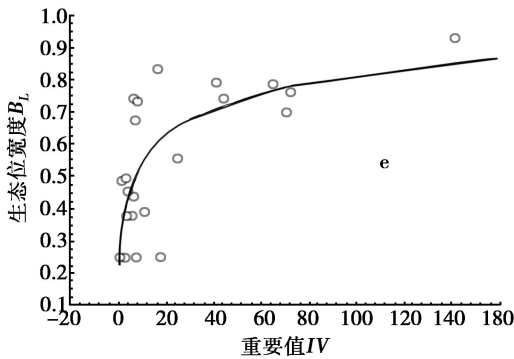
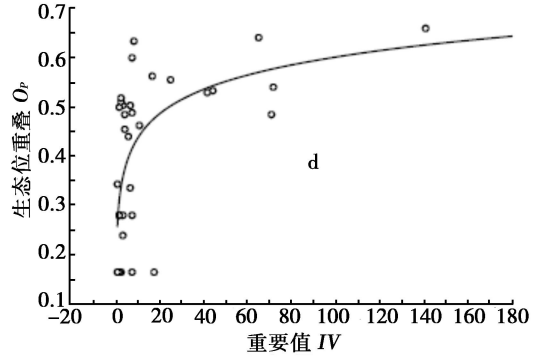
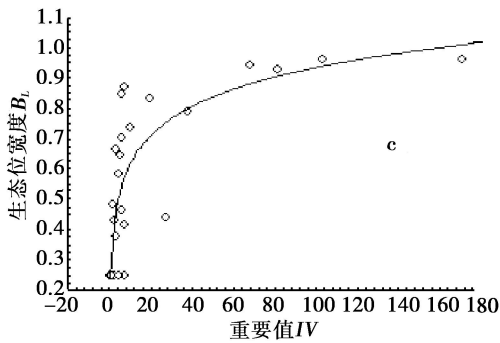
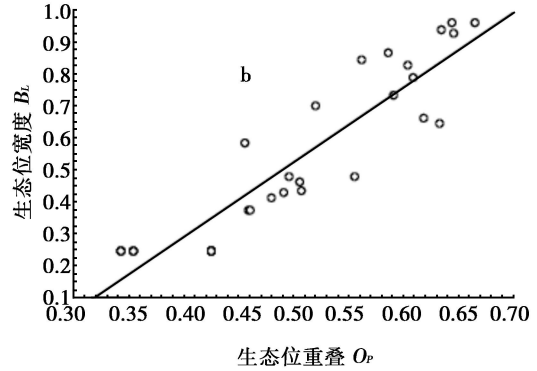
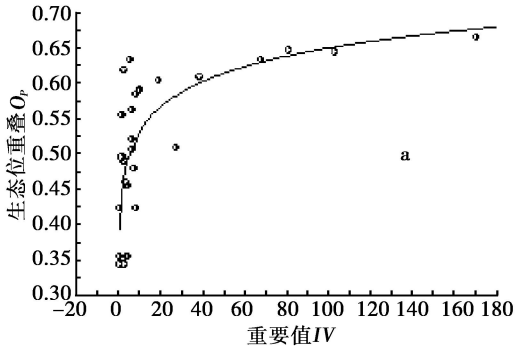
$$b B_L = -0.6409 + 2.3299 \times O_p,$$

$$c B_L = 0.2933 + 0.3206 \times \lg(IV),$$

$$d O_p = 0.2705 + 0.1653 \times \lg(IV),$$

$$e B_L = 0.2490 + 0.2823 \times \lg(IV),$$

$$f B_L = 0.0043 + 1.1717 \times O_p.$$



a 沂源物种重要值和生态位重叠的相关性; b 沂源物种生态位重叠和生态位宽度的相关性;

c 沂源物种重要值和生态位宽度的相关性; d 博山物种重要值和生态位重叠的相关性;

e 博山物种重要值和生态位宽度的相关性; f 博山物种生态位重叠和生态位宽度的相关性

图 8 2005 年物种重要值、生态位宽度、生态位重叠之间的相关性

3 结论

本文选取淄博市博山和沂源两地具有代表性的

石灰岩山地植被作为研究对象, 利用物种的优势度、物种多样性、生态位宽度、生态位重叠和群落系数与相似度系数的计算方法, 得出在人为干扰的情况下

两地的群落系数与相似度系数分别为 0.43 和 1.30。经过封育后群落系数和相似度系数分别为 0.59 和 1.73。两地较强的相似性是研究山东石灰岩山地植被的基础,也说明了山东石灰岩山地演变方向的一致性;但两地又有不同,在沂源的群落中有乔木出现,在群落的层次性上要优于博山。

2001—2005 年博山和沂源两地的优势种基本相同,灌木层的优势种为黄荆,而草本层变化相对较大,以前的优势种结缕草和丛生隐子草被新出现的优势种鸭跖草所替代。

博山和沂源两地生态位宽度较大的物种均有黄荆、胡枝子、桃叶鸦葱,但是两地主要物种生态位宽度的变化不同,博山生态位宽度在 0.56 以上的物种(黄荆、酸枣等)的生态位宽度都有所下降,而 0.56 以下的物种(变色白前、杠柳等)的生态位宽度则有不同程度的上升,沂源则没有此规律。生态位宽的物种适应性强,对环境资源的利用能力强,是改造山东石灰岩山地,恢复山地植被应首先考虑的物种,而生态位窄的物种对环境的适应性差,具有很强的不稳定性。

2005 年与 2001 年比较,博山、沂源两地灌木层的 Shannon-Wiener 多样性指数分别由 0.65 和 0.6 变为 0.74 和 0.71,分别增加 13.8% 和 18.3%;博山草本层的 Shannon-Wiener 指数下降 20.8% (由 2001 年的 1.54 降为 2005 年的 1.22),沂源草本层的 Shannon-Wiener 指数上升 13.8% (由 2001 年的 1.09 上升为 2005 年的 1.24)。

2001 年博山的物种重要值、生态位宽度和生态位重叠之间有直线相关关系,沂源仅重要值和生态位宽度有直线相关关系;2005 年两地 3 个参数之间的关系基本相同,即生态位宽度和生态位重叠呈直线相关,而重要值和生态位宽度、生态位重叠呈对数相关。

参考文献:

- [1] 王方芳,傅松玲,黄成林. 皖南歙县石灰岩山地天然次生林群落的调查研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2006, 33(1): 113~116
- [2] 崔建武,刘文耀,李玉辉,等. 云南石林地区石灰岩山地种子植物区系成分的研究 [J]. 广西植物, 2005, 25(6): 517~525
- [3] 王晋,周仕顺,陶志章,等. 云南思茅翠云石灰岩山区森林植物区系研究 [J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(4): 327~331
- [4] 王大等,钱桂芝. 徐州地区石灰岩山地造林技术 [J]. 林业科技开发, 2000, 14(1): 55
- [5] 王方芳,傅松玲. 石灰岩山地容器育苗及造林技术 [J]. 安徽农学通报, 2005, 11(6): 110~111
- [6] 陈志敏,张德全,王爱东,等. 浅谈山东省石灰岩山地的封山育林问题 [J]. 山东林业科技, 2005(3): 88~89
- [7] 张金坤,贾美玲,梁之生,等. 石灰岩山地侧柏造林技术总结 [J]. 山东林业科技, 2004(6): 54
- [8] 王月海,房用,孟振农,等. 山东省石灰岩山地植被资源结构特点的初步研究 [J]. 山东林业科技, 2004(6): 21~23
- [9] 张建辉. 金沙江干热河谷典型区土壤特性与植被恢复技术 [D]. 成都理工大学, 2002
- [10] 云南大学生物系. 植物生态学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1980, 192~195
- [11] 胡正华,于明坚,丁炳扬,等. 古田山国家级自然保护区黄山松群落特征及物种多样性研究 [J]. 生态环境, 2003, 12(4): 436~439
- [12] 黄金桃,林照授,田有圳,等. 凹叶厚朴成熟林下植物物种多样性研究 [J]. 北华大学学报, 2002, 3(3): 246~251
- [13] 庄树宏,王克明,陈礼学. 崑崙山老杨坨阳坡与阴坡半天然植被植物群落生态学特性的初步研究 [J]. 植物生态学报, 1999, 23(3): 238~249
- [14] 胡相明,程积民,万惠娥,等. 黄土丘陵区不同立地条件下植物种群生态位研究 [J]. 草业学报, 2006, 15(1): 29~35
- [15] 张远彬,王开运,胡庭兴,等. 扁刺栲-华木荷群系次生林下物种多样性分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5): 465~470
- [16] 刘艳红,赵惠勋. 干扰与物种多样性维持理论研究进展 [J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(4): 101~105