

山东蒙山植物多样性及其海拔梯度格局

高 远^{1,*}, 慈海鑫², 邱振鲁³, 陈玉峰⁴

(1. 临沂市科学探索实验室, 临沂 276037; 2 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001;

3 山东师范大学生命科学院, 济南 250014; 4. 曲阜师范大学生命科学院, 曲阜 273165)

摘要: 2007 年 7 月和 2008 年 7 月, 采用典型取样法, 沿海拔梯度对蒙山自然植被进行调查, 发现区域地带性植被为麻栎 (*Quercus acutissima*) 林, 主要植被类型为麻栎群落、赤松 (*Pinus densiflora*) 群落、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 群落、日本落叶松 (*Larix kaempferi*) 群落、黑松 (*Pinus thunbergii*) 群落和刺槐-麻栎 (*Robinia pseudoacacia*-*Q. acutissima*) 群落, 麻栎群落略占优势, 已具备继续向温带落叶阔叶林演替的条件基础。蒙山各层次植物物种丰富度呈现出草本层 > 灌木层 > 乔木层特征, Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数整体规律为灌木层 > 草本层 > 乔木层。以蒙山森林群落不同层次的各种物种多样性指数和森林群落总体重要值为测度指标, 均判断蒙山植被演替正处于亚顶极群落阶段。蒙山植物多样性沿海拔梯度呈现出近似中海拔高的单峰格局, 这除受温度、湿度、人为干扰与面积外, 蒙山植被亚顶极群落演替现状与所调查区域仅有 800 m 的海拔梯度也是重要影响因素。

关键词: 蒙山; 植物多样性; 海拔梯度; 重要值; Shannon-Wiener 多样性; Simpson 多样性; Pielou 多样性

文章编号: 100020933 (2009) 1226377208 中图分类号: Q145 文献标识码: A

Plant diversity and its elevational gradient patterns in Mengshan Mountain, Shandong, China

GAO Yuan^{1,*}, CI HaiXin², QIU ZhenLu³, CHEN YuFeng⁴

1 Linyi Scientific Exploration Laboratory, Shandong Linyi 276037, China

2 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China

3 College of Life Science, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

4 College of Life Science, Qufu Normal University, Qufu 273165, China

Acta Ecologica Sinica 2009, 29(12): 6377~6384

Abstract Samplings were gathered and examined in forests along topographical gradients of Mengshan Mountain, China in July of 2007 and 2008. The major communities in the forests can be classified as *Quercus acutissima*, *Pinus densiflora*, *Pinus tabulaeformis*, *Larix kaempferi*, *Pinus thunbergii* and *Robinia pseudoacacia*-*Q. acutissima* community. Our research suggests that the *Quercus acutissima* community appears to be a dominant community in a successional stage toward temperate deciduous broad-leaved forests. The species richness in different layers of these communities can be distinguished as herb layer > shrub layer > tree layer. Both the Shannon-Wiener diversity index and Simpson diversity index were found as shrub layer > herb layer > tree layer. The species diversity indices of different layers and overall importance value of the forest communities indicate that the forests appear to be successional and subclimax communities in Mengshan Mountain. Our research also suggests that there is a peak with higher species diversity index in the communities of middle elevation. We found that the pattern could be affected by temperature, moisture, and human disturbance. The pattern could also be influenced by the nature of successional stages and subclimax communities, or it could simply be due to the limitation in our sampling area and extent of gradients (800 m).

基金项目: 中国科学院知识创新工程领域前沿资助项目 (CXLY2200323); 山东省科协 2007 年度学术重点资助项目 (2007A242)

收稿日期: 2008209203 **修订日期:** 2009208218

* 通讯作者 Corresponding author E-mail: gaoyuan1182@tom.com

Key Words Mengshan Mountain plant diversity elevational gradient importance value Shannon-Wiener index Simpson index Pielou index

山地生物多样性的研究历来为生态学家所关注^[1,2]。根据物种特有程度和受威胁程度,划分出 25 个全球生物多样性热点地区^[3],确定了 10 个中国生物多样性热点地区^[4],国内外对这些热点地区森林植物多样性的研究方兴未艾^[5-7],逐渐规范化^[8],并重点探讨了植物多样性随着环境梯度的分布格局^[9-11]。暖温带落叶阔叶林作为我国重要的植被类型,近年来已被重视并加强了对该领域的研究力度^[12-14]。屹立于华北平原上的蒙山,为典型的暖温带落叶阔叶林区,以其丰富的野生植物资源,跻身山东植物种类和特有植物最丰富行列^[15,16]。已有蒙山种子植物区系研究^[16],但尚未见关于蒙山植物群落结构和物种多样性的研究报道。本文以研究蒙山植物群落结构和物种多样性为基础,对其植物物种多样性的海拔垂直格局、森林演替及植被保护现状进行评估。

1 材料和方法

1.1 蒙山自然环境概况

蒙山位于山东南部,地处 35°10'~36°00'N, 117°35'~118°20'E 之间,面积 1125 km²,主峰 1156 m,为山东省第二高峰,境内多数山头都在海拔 600~1000 m 之间。山体表面主要为片麻岩和花岗片麻岩,山脚有石灰岩覆盖。土壤类型以棕壤为主,中性至微酸^[16]。气候属暖温带大陆性季风气候,四季分明,光照充足。森林覆盖率 85% 以上,属国家森林公园、国家地质公园和 AAAA 级旅游区。

1.2 样方设置与野外调查

根据群落类型分布,采用典型取样法进行常规调查,沿海拔梯度 350~1050 m,每垂直上升 100 m 设置 4 个样方,共设置样方 32 个,乔木层样方大小为 20 m @ 20 m,在其中设置 1 个 10 m @ 10 m 的灌木层样方,随机设置 2 个 1 m @ 1 m 的草本层样方,共得到乔木样方 32 个、灌木样方 32 个和草本样方 64 个。选择的样方林相整齐,能够代表群落的基本特征。调查时记录样方环境信息,包括样方经度、纬度、海拔、坡向、坡度、林冠盖度、病虫害和人为干扰状况等。

群落层次按乔木层、灌木层和草本层划分,进行分层统计。参照 / PKU PSD 计划 0 标准^[8],乔木层测定所有 DBH > 5 cm 木本植物种类、每木胸径、高度及数量;灌木层测定所有 DBH < 5 cm 木本植物种类、每木胸径、高度及数量,包括乔木幼苗和幼树;草本层测定植物种类、高度、盖度及数量。物种鉴定主要在野外进行,并采集标本送交植物分类学家鉴定确认。

1.3 数据分析与计算

采用多种通用多样性指数^[8,17-19]进行计算分析。本文选用以下 4 个指数:丰富度指数 S, Shannon-Wiener 多样性指数 (Hc)、Simpson 多样性指数 (D)、Pielou 均匀度指数 (E)。计算公式分别为: $Hc = - \sum P_i \ln P_i$; $D = 1 / \sum P_i^2$; $E = Hc / \ln S$ 。其中, P_i = 物种重要值, S 为样方中的物种数, 乔、灌木重要值 = (相对显著度 + 相对频度 + 相对密度) / 3, 草本重要值 = (相对高度 + 相对频度 + 相对密度) / 3。

2 结果与分析

2.1 蒙山森林植物物种组成

蒙山 12800 m² 标准样方内共记录维管植物 216 种,隶属于 60 科 150 属,其中物种数目最多的十大科为菊科 (16 属 28 种)、蔷薇科 (13 属 17 种)、禾本科 (13 属 13 种)、百合科 (7 属 13 种)、豆科 (8 属 9 种)、唇形科 (4 属 7 种)、伞形科 (4 属 6 种)、毛茛科 (4 属 6 种)、壳斗科 (3 属 6 种) 和榆科 (3 属 6 种),共 70 属 111 种,占样方内所有物种属种的 50.0% 和 51.4%。其中壳斗科和松科植物为蒙山森林植被建群种,榆科和蔷薇科植物为乔木层常见种 (见附表 1); 蔷薇科和豆科植物多为灌木层群落优势种 (见附表 2); 禾本科植物多为草本层群落优势种,菊科和百合科植物为常见种 (见附表 3)。

2.2 蒙山不同植物群落物种组成

根据蒙山植被外貌特征, 结合实地调查和数据处理, 分为麻栎 (*Quercus acutissima*) 群落、赤松 (*Pinus densiflora*) 群落、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 群落、日本落叶松 (*Larix kaempferi*) 群落、黑松 (*Pinus thunbergii*) 群落和刺槐-麻栎 (*Robinia pseudoacacia*-*Q. acutissima*) 群落 6 种主要森林植被类型 (表 1)。

表 1 蒙山不同森林植被类型主要物种

Table 1 Main species of different forest types in Mengshan Mountain

群落类型 Community type	主要物种 Main species		
	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer
1 赤松群落 <i>Pinus densiflora</i>	赤松 0.61* <i>Pinus densiflora</i>	荆条 <i>Vitex chinensis</i>	羊胡子苔草 <i>Carex callitrichos</i>
2 麻栎群落 <i>Quercus acutissima</i>	油松 0.15 <i>Pinus tabulaeformis</i>	扁担木 <i>Grewia biloba</i> var. <i>parviflora</i>	雀麦 <i>Bromus japonicus</i>
	刺槐 0.10 <i>Robinia pseudoacacia</i>	连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>
3 日本落叶松群落 <i>Larix kaempferi</i>	麻栎 0.52 <i>Quercus acutissima</i>	水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>
	赤松 0.13 <i>Pinus densiflora</i>	三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	羊胡子苔草 <i>Carex callitrichos</i>
4 油松群落 <i>Pinus tabulaeformis</i>	刺槐 0.08 <i>Robinia pseudoacacia</i>	二色胡枝子 <i>Lepadea bicolor</i>	雀麦 <i>Bromus japonicus</i>
	日本落叶松 0.76 <i>Larix kaempferi</i>	水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	燕麦 <i>Avena fatua</i>
5 刺槐-麻栎群落 <i>Robinia pseudoacacia</i> - <i>Q. acutissima</i>	麻栎 0.13 <i>Quercus acutissima</i>	照山白 <i>Rhododendron micranthum</i>	防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i>
	油松 0.03 <i>Pinus tabulaeformis</i>	土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	五月艾 <i>Artemisia indica</i>
6 黑松群落 <i>Pinus thunbergii</i>	油松 0.70 <i>Pinus tabulaeformis</i>	槲栎 <i>Quercus aliena</i>	早熟禾 <i>Poa annua</i>
	赤松 0.15 <i>Pinus densiflora</i>	水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	野古草 <i>Arundinella anomala</i>
7 麻栎群落 <i>Quercus acutissima</i>	麻栎 0.07 <i>Quercus acutissima</i>	二色胡枝子 <i>Lepadea bicolor</i>	臭草 <i>Melica scabrosa</i>
	刺槐 0.48 <i>Robinia pseudoacacia</i>	二色胡枝子 <i>Lepadea bicolor</i>	求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>
8 黑松群落 <i>Pinus thunbergii</i>	麻栎 0.28 <i>Quercus acutissima</i>	荆条 <i>Vitex chinensis</i>	臭草 <i>Melica scabrosa</i>
	君迁子 0.09 <i>Diospyros lotus</i>		漆姑草 <i>Sagina japonica</i>
9 刺槐-麻栎群落 <i>Robinia pseudoacacia</i> - <i>Q. acutissima</i>	黑松 0.83 <i>Pinus thunbergii</i>	二色胡枝子 <i>Lepadea bicolor</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>
	赤松 0.07 <i>Pinus densiflora</i>	荆条 <i>Vitex chinensis</i>	萹草 <i>Arthraxon hispidus</i>
10 麻栎群落 <i>Quercus acutissima</i>	麻栎 0.04 <i>Quercus acutissima</i>	连翘 <i>Forsythia suspensa</i>	求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>

* 乔木层数字为该物种在群落中的重要值 The figures in the tree layer is species important value in community

麻栎群落乔木层中日本落叶松、油松、白蜡 (*Fraxinus chinensis*)、水榆花楸 (*Sorbus alnifolia*)、君迁子 (*Diospyros lotus*) 和三桠乌药 (*Lindera obtusiloba*) 较为常见。灌木层中刺槐、连翘 (*Forsythia suspensa*)、照山白 (*Rhododendron micranthum*) 和土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*) 为局部优势种, 扁担木 (*Grewia biloba* var. *parviflora*)、小花溲疏 (*Deutzia parviflora*)、君迁子、山荆子 (*Malus baccata*)、刺楸 (*Kalopanax septemlobus*)、鸡桑 (*Morus australis*)、野山楂 (*Crataegus cuneata*)、小蜡 (*Ligustrum sinense*)、白蜡、南蛇藤 (*Celastrus orbiculatus*) 和锦带花 (*Weigela florida*) 较为常见, 偶见糯米条 (*Abelia chinensis*)、槲树 (*Quercus denlata*)、枫杨 (*Pterocarya stanoptera*)、山合欢 (*Albizia kalkora*)、郁李 (*Cerasus japonica*) 和盐肤木 (*Rhus chinensis*)。草本层中山韭 (*Allium omeiense*)、山麦冬 (*Liriope spicata*)、臭草 (*Melica scabrosa*) 和芦竹 (*Arundo donax*) 为局部优势种, 薯蓣 (*Dioscorea opposita*)、费菜 (*Sedum aizoon*)、地构叶 (*Speranskia tuberculata*)、山绿豆 (*Desmodium intortum*)、宽蕊地榆 (*Sanguisorba appplanata*)、毛茛 (*Ranunculus japonicus*)、羊耳蒜 (*Liparis japonica*) 和深山堇菜 (*Viola selkirkii*) 较为常见。

赤松群落乔木层中黑松、君迁子、白蜡、盐肤木和榆较为常见, 偶见山皂荚 (*Gleditsia japonica*) 和卫矛 (*Euonymus alatus*)。灌木层中二色胡枝子、白蜡、三桠乌药、鸡桑和君迁子较为常见, 偶见南蛇藤、映山红 (*Rhododendron simsii*) 和小叶女贞 (*Ligustrum quihoui*)。草本层中野古草 (*Arundinella anomala*)、青绿苔草 (*Carex leucochlora*)、宽蕊地榆和薯蓣较为常见。

油松群落乔木层中槲栎 (*Quercus aliena*)、豆梨 (*Pyrus calleryana*)、水榆花楸、槲树和黄檀 (*Dalbergia hupeana*) 较为常见, 偶见臭椿 (*Ailanthus altissima*)、小蜡和野山楂。灌木层中连翘和黄檀为局部优势种, 槲树、

苦树 (*Picrasma quassioides*)、小花溲疏、土庄绣线菊、锦带花、刺楸和山葡萄 (*Ampelopsis brevipedunculata*) 较为常见, 偶见短柄枹栎 (*Quercus serrata* var. *brevipetiolata*)、朴树 (*Celtis sinensis*)、紫椴 (*Tilia amurensis*)、鹅耳枥 (*Capinus turczaninowii*) 和栎树 (*Koelreuteria paniculata*)。草本层中芦竹和燕麦 (*Avena sativa*) 为局部优势种, 珍珠菜 (*Lysimachia clethroides*)、歪头菜 (*Vicia unijuga*)、宽叶山蒿 (*Artemisia stolonifera*)、穿龙薯蓣 (*Dioscorea nipponica*) 和鹅观草 (*Roegneria kamoji*) 较为常见。

日本落叶松群落乔木层中水榆花楸和白蜡较为常见, 偶见白檀 (*Symplocos paniculata*) 和白桦 (*Betula platyphylla*)。灌木层中麻栎和连翘为局部优势种, 山荆子、刺楸、三桠乌药、山葡萄、和山樱花 (*Cerasus serrulata*) 较为常见, 偶见木半夏 (*Elaeagnus multiflora*)、小蜡、金银木 (*Lonicera maackii*)、紫椴和苦树。草本层中朝鲜老鹳草 (*Geranium koreanum*) 为局部优势种, 蓝萼香茶菜 (*Rabdosia japonica*)、深山堇菜和三脉紫菀 (*Aster ageratoides*) 较为常见。

黑松群落乔木层中白蜡、三桠乌药、山合欢、君迁子和黄檀较为常见, 偶见豆梨和山杏 (*Prunus amurensis*)。灌木层中照山白、小花溲疏和水榆花楸为局部优势种, 白蜡、三桠乌药、君迁子和扁担木较为常见, 偶见郁李 (*Prunus japonica*)、鸡桑、黑弹树 (*Celtis bungeana*) 和臭椿。草本层中臭草、羊胡子苔草 (*Carex callitrichos*) 和雀麦为局部优势种, 山韭、燕麦、长蕊石头花 (*Gypsophila oldhamiana*) 和三脉紫菀较为常见。

刺槐麻栎群落乔木层中物种相对稀少, 偶见赤松和鸡桑。灌木层中扁担木、连翘、鸡桑、土庄绣线菊和蛇葡萄 (*Ampelopsis sinica*) 较为常见, 偶见榆、郁李、小花溲疏、山荆子、盐肤木和胡颓子 (*Elaeagnus pungens*)。草本层中雀麦为局部优势种。

2.3 蒙山不同植物群落物种多样性

蒙山森林群落不同层次的物种丰富度均为草本层 > 灌木层 > 乔木层; Shannon-Wiener 指数 H' 在赤松群落为灌木层 > 乔木层 > 草本层, 其它 5 个群落均为灌木层 > 草本层 > 乔木层; Pielou 均匀度指数 E 在赤松群落、麻栎群落和油松群落为灌木层 > 乔木层 > 草本层, 在日本落叶松群落、黑松群落和刺槐麻栎群落为灌木层 > 草本层 > 乔木层; Simpson 指数 D 在赤松群落和油松群落为灌木层 > 乔木层 > 草本层, 在其它 4 个群落为灌木层 > 草本层 > 乔木层 (表 2)。在乔木层中, Pielou 均匀度指数 E 呈现出: 麻栎群落 > 赤松群落 > 油松群落 > 日本落叶松群落 > 黑松群落 > 刺槐麻栎群落, 吻合天然林 > 半天然林的特征, 这表明 Pielou 均匀度指数可为指示群落内部稳定性的标准指标。整体上, 物种丰富度均为草本层 > 灌木层 > 乔木层, Shannon-Wiener 指数 H' 和 Simpson 指数 D 均呈现出灌木层 > 草本层 > 乔木层较为一致的特征。

表 2 蒙山不同森林类型物种多样性

Table 2 Species diversity of different forest types in Mengshan Mountain

群落类型 Community type	物种数目 Species number			Shannon-Wiener 指数 H' Shannon-Wiener index H'			Pielou 均匀度指数 E Pielou index E			Simpson 指数 D Simpson index D		
	乔木层 Tree	灌木层 Shrub	草本层 Herb	乔木层 Tree	灌木层 Shrub	草本层 Herb	乔木层 Tree	灌木层 Shrub	草本层 Herb	乔木层 Tree	灌木层 Shrub	草本层 Herb
	1 赤松群落	5.0	7.3	15.3	0.9682	1.5556	0.8538	0.6520	0.7668	0.6036	0.5089	0.6949
2 麻栎群落	4.8	14.0	18.5	0.8084	1.8454	0.9661	0.7580	0.7911	0.6465	0.4856	0.7887	0.4949
3 日本落叶松群落	6.0	10.7	17.0	0.7297	1.5485	0.8209	0.4879	0.7023	0.6298	0.3603	0.6745	0.4548
4 油松群落	4.7	12.4	22.3	0.7161	1.8315	0.8065	0.5593	0.8004	0.4927	0.5322	0.7864	0.4041
5 刺槐麻栎群落	3.0	9.0	12.5	0.6620	1.5307	1.0922	0.4113	0.7028	0.6473	0.3384	0.6939	0.5951
6 黑松群落	4.0	10.0	11.3	0.6074	1.7330	1.1830	0.4801	0.8078	0.7281	0.2672	0.7612	0.5243

1 赤松群落 *Pinus densiflora* community, 2 麻栎群落 *Quercus acutissima* community, 3 日本落叶松群落 *Larix kaempferi* community, 4 油松群落 *Pinus tabulaeformis* community, 5 刺槐麻栎群落 *Robinia pseudoacacia* *Q. acutissima* community, 6 黑松群落 *Pinus thunbergii* community

2.4 蒙山植物多样性的海拔梯度格局

蒙山 350~650 m 低海拔区域主要分布有麻栎群落、赤松群落、黑松群落和刺槐麻栎群落, 其中外围山体主要为刺槐群落, 旅游干扰严重和水热条件差的区域主要为黑松群落, 水热条件好的区域主要分布为麻栎群

落和赤松群落。650~950 m中海拔主要分布有麻栎群落、赤松群落、油松群落和日本落叶松群落,其中水热条件好的区域主要分布为麻栎群落和日本落叶松群落。950~1150 m较高海拔分布有麻栎群落、油松群落和日本落叶松群落,局部地区出现零星槲栎群落,其中水热条件好的区域主要分布为麻栎群落和日本落叶松群落。乔木层多样性最高值出现在750~850 m,灌木层多样性则为650~850 m最高,而草本层多样性无明显变化规律。整体上看,蒙山植物多样性海拔梯度格局近似为单峰曲线,即物种多样性在中等海拔高度最高(见图1)。

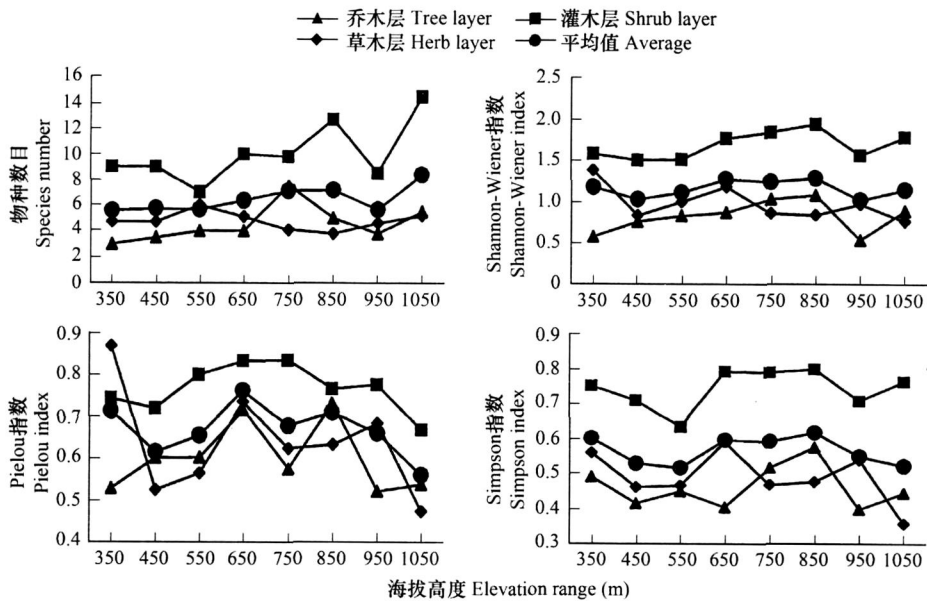


图1 蒙山森林植物物种数目、Shannon-Wiener指数、Pielou指数和 Simpson 指数海拔梯度格局

Fig. 1 Elevation step patterns of species number, Shannon-Wiener index, Pielou index and Simpson index in Mengshan Mountain forest

3 结论与讨论

采用典型取样法,沿海拔梯度对蒙山植被进行调查,发现本区域地带性植被为麻栎林,主要植被类型为麻栎群落、赤松群落、油松群落、日本落叶松群落、黑松群落和刺槐-麻栎群落,麻栎群落略占优势。样方内共记录维管植物216种,隶属于60科150属,其中五大科为菊科16属28种、蔷薇科13属17种、禾本科13属13种、百合科7属13种和豆科8属9种。由于蒙山森林覆盖率较高,水土保持良好,已具备继续向麻栎林为主的温带落叶阔叶林演替的条件基础。

蒙山森林群落不同层次的物种多样性总体特征较为一致,即物种丰富度均为草本层>灌木层>乔木层,Shannon-Wiener指数H'和 Simpson 指数D为灌木层>草本层>乔木层,这与早先报道的秦岭太白山北坡^[12]、暖温带阔叶林区^[13]、神农架地区^[20]和山西历山^[21]较为相似,而与河北小五台山东北坡^[14]、北京百花山^[22]和山西关帝山^[23]的研究结果相异。水肥条件好的区域,喜湿耐荫的灌木和草本种类较多;反之,则多为喜阳耐旱的灌木和草本。草本层植物除整体受海拔格局影响外,亦受林冠郁闭度、林下土壤与局部小环境影响。林冠郁闭度通过诸如光照、局部温湿度、紫外线强度等方面的差异对草本植物分布产生明显影响^[24]。表明较低的乔木层多样性可以使灌木层得到很好发展,进而限制草本层发育,揭示出蒙山植被演替正处于亚顶极群落阶段。

蒙山森林群落总体 Simpson 指数D为0.8823,大于群落总体 Pielou 均匀度指数E 0.7277,在群落的演替动态方面处于亚顶级群落,这与用蒙山森林群落乔灌草3个层次各种多样性指数的判断结果相同,本文支持高贤明、马克平和陈灵芝^[12]提出的/若以森林群落总体重要值为测度指标,则群落总体 Simpson 指数D可用于判断群落稳定性的高低观点。

物种多样性分布格局主要受植被演化、物种进化、地理差异和环境因子等多重因素控制^[25],物种多样性

海拔梯度格局,可反映出物种的生物学、生态学特性、分布状况及对环境的适应性^[24]。海拔梯度包含气候、温度、湿度和光照等多种环境因子^[25],进而可较大程度上影响山地物种组成和群落结构。植物多样性沿海拔梯度变化格局近年来已有重要研究成果问世^[9~11, 25~27],主要呈现出单调下降^[11]或单峰格局^[14, 22]。蒙山低海拔山地面积大、温度高、湿度小、受人为干扰较强,而高海拔山地面积小、温度低、湿度大、受人为干扰较小,导致蒙山森林植物物种多样性海拔梯度近似呈现出单峰格局。这除了受温度^[12]、湿度^[12, 25]、人为干扰^[27]与面积^[27, 28]影响外,蒙山植被亚顶极群落演替现状与所调查区域 350~1050 m 仅有 800 m 的海拔梯度也产生了重要影响。

References

- [1] Zhao S Q, Fang J Y, Zong Z J, Zhu B, Shen H H. Composition structure and species diversity of plant communities along an altitudinal gradient on the northern slope of Mt Changbai, Northeast China. *Chinese Biodiversity*, 2004, 12(1): 1372145.
- [2] Dolak J, Sutek M. Altitudinal changes in composition and structure of mountain temperate vegetation—a case study from the Western Carpathians. *Plant Ecology*, 2002, 158(2): 2012221.
- [3] Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, Da Fonseca G A B, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403: 8532858.
- [4] Tang Z Y, Wang Z H, Zheng C Y, Fang J Y. Biodiversity in China's mountains. *Front Ecol Environ*, 2006, 4(7): 3472352.
- [5] Lötter M C, Beck H T. Preliminary inventory and classification of indigenous afro montane forests on the Blyde River Canyon Nature Reserve, Mpumalanga, South Africa. *BMC Ecology*, 2004, 4(9): 1211.
- [6] John M H, Andrew A W. Biodiversity indicators for sustainable forestry: simplifying complexity. *Journal of Forestry*, 2006, 104: 2032210.
- [7] Pauli H, Gottfried M, Reiter K, Kletner C, Grabherr G. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel (Tyrol, Austria). *Global Change Biology*, 2007, 13(26): 1472156.
- [8] Fang J Y, Shen Z H, Tang Z Y, Wang Z H. The Protocol for the Survey Plan for Plant Species Diversity of China's Mountains. *Chinese Biodiversity*, 2004, 12(1): 529.
- [9] Johst K, Huth A. Testing the intermediate disturbance hypothesis: when will there be two peaks of diversity?. *Diversity and Distributions*, 2005, 11(1): 1112120.
- [10] Schwick D W, Ackerly D D. Limiting similarity and functional diversity along environmental gradients. *Ecology Letters*, 2005, 8(3): 2722281.
- [11] Mittelbach G G, Schamske D W, Cornell H V, Allen A P, Brown J M, Bush M B, Harrison S P, Hurlbert A H, Knowlton N, Lessios H A, Mcca in C M, Mccune A R, Mcclade L A, Meek M A, Near T J, Price T D, Ricklefs R E, Roy K, Sax D F, Schluter D, Sobel J M, Turelli M. Evolution and the latitudinal diversity gradient: speciation, extinction and biogeography. *Ecology Letters*, 2007, 10(4): 3152331.
- [12] Yue M, Zhou H X. Diversity of higher plants in deciduous broad-leaved forests on the northern slope of Taibai Mountain. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997, 19(2): 1712176.
- [13] Gao X M, Ma K P, Chen L Z. Species diversity of some deciduous broad-leaved forests in the warm temperate zone and its relations to community stability. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(3): 2832290.
- [14] Liu Z L, Zheng C Y, Fang J Y. Changes in plant species diversity along an elevation gradient on Mt Xiaovuta, Hebei, China. *Chinese Biodiversity*, 2004, 12(1): 1372145.
- [15] Zang D K, Sun S T. Studies on the endemism in the flora of Shandong province. *Acta Botanica Borealo-Occidentalia Sinica*, 2000, 20(3): 4542460.
- [16] Zhao Z T, Wang X H, Li J D, Xiao S R. Study on the seed flora of Mengshan in Shandong Province. *Shandong Science*, 2005, 18(4): 42251.
- [17] Spellerberg I F, Fedor P J. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the Shannon–Wiener index. *Global Ecology and Biogeography*, 2003, 12(3): 1772179.
- [18] Zhang J T, Chai B F, Qiu Y, Chen T G. Changes in species diversity in the succession of plant communities of abandoned land in Luliang Mountain, western Shanxi. *Chinese Biodiversity*, 2000, 8(4): 3782384.
- [19] Piebu E C. *Ecological diversity*. New York: John Wiley, 2006.
- [20] Tian Z Q, Chen Y, Zhao C M, Xie Z Q, Chen W L. Mapping of vegetation and analysis on its biodiversity in Shennongjia region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(8): 161121621.
- [21] Ru W M, Zhang J T, Zhang F, Zhang G P, Liu R X. Species diversity and community structure of forest communities in Lishan Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4): 5612566.

- [22] Xu B, Zhang JT, Yang H X, Jiang H F. Species Diversity of Baohua Mountain Forest Plant Community. Bulletin of Botanical Research. 2007, 27 (1): 1122118.
- [23] Chen T G, Zhang JT. Plant species diversity of Shenwengou in Guandi Mountains (Shanxi, China). \bar{N} . richness, evenness and diversity indexes. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology. 2000, (5): 4062411.
- [24] Hao Z Q, Ddeng H B, Jiang P, Wang Z, Huang N W. Co-occurrence of plant species among communities with changes in altitudes on the northern slope of Changbai Mountain. Acta Ecologica Sinica. 2001, 21(9): 142121426.
- [25] Tang Z Y, Fang J Y. A review on the elevational patterns of plant species diversity. Chinese Biodiversity. 2004, 12(1): 20228.
- [26] He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. Acta Ecologica Sinica. 1997, (1): 91299.
- [27] Fang J Y. Exploring altitudinal patterns of plant diversity of Chixi mountains. Chinese Biodiversity. 2004, 12(1): 124.
- [28] Ling M H, Song R S, Jiang Y F, Zhao G F, Fu H L, Zheng Y M, Yu M J. Plant diversity in the six evergreen broadleaved forest fragments in East China. Acta Ecologica Sinica. 2008, 28(3): 113721146.

参考文献:

- [1] 赵淑清, 方精云, 宗占江, 朱彪, 沈海花. 长白山北坡植物群落组成、结构及物种多样性的垂直分布. 生物多样性, 2004, 12(1): 137~ 145.
- [8] 方精云, 沈泽昊, 唐志尧, 王志恒. / 中国山地植物物种多样性调查计划0及若干技术规范. 生物多样性, 2004, 12(1): 5~ 9.
- [12] 岳明, 周虹霞. 太白山北坡落叶阔叶林物种多样性特征. 云南植物研究, 1997, 19(2): 171~ 176.
- [13] 高贤明, 马克平, 陈灵芝. 暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系. 植物生态学报, 2001, 25(3): 283~ 290.
- [14] 刘增力, 郑成洋, 方精云. 河北小五台山北坡植物物种多样性的垂直梯度变化. 生物多样性, 2004, 12(1): 137~ 145.
- [15] 臧得奎, 孙述涛. 山东植物区系中的特有现象. 西北植物学报, 2002, 20(3): 454~ 460.
- [16] 赵遵田, 王锡华, 李京东, 肖素荣. 山东省蒙山种子植物区系研究. 山东科学, 2005, 18(4): 42~ 51.
- [18] 张金屯, 柴宝峰, 邱扬, 陈廷贵. 晋西吕梁山严村流域撂荒地植物群落演替中的物种多样性变化. 生物多样性, 2000, 8(4): 378~ 384.
- [20] 田自强, 陈玥, 赵常明, 谢宗强, 陈伟烈. 中国神农架地区的植被制图及植物群落物种多样性. 生态学报, 2004, 24(8): 1611~ 1621.
- [21] 茹文明, 张金屯, 张峰, 张桂萍, 刘瑞祥. 历山森林群落物种多样性与群落结构研究. 应用生态学报, 2006, 17(4): 561~ 566.
- [22] 许彬, 张金屯, 杨洪晓, 姜海凤. 百花山植物群落物种多样性研究. 植物研究, 2007, 27(1): 112~ 118.
- [23] 陈廷贵, 张金屯. 山西天帝山神尾沟植物群落物种多样性与环境关系的研究. \bar{N} . 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 应用与环境生物学报, 2000, 6(5): 406~ 411.
- [24] 郝占庆, 邓红兵, 姜萍, 王战, 黄乃伟. 长白山北坡植物群落间物种共有度的海拔梯度变化. 生态学报, 2001, 21(9): 1421~ 1426.
- [25] 唐志尧, 方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 2004, 12(1): 20~ 28.
- [26] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. 生态学报, 1997, 1(1): 91~ 99.
- [27] 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律. 生物多样性, 2004, 12(1): 1~ 4.
- [28] 李铭红, 宋瑞生, 姜云飞, 赵谷风, 付海龙, 郑英茂, 于明坚. 片段化常绿阔叶林的植物多样性. 生态学报, 2008, 28(3): 1137~ 1146.

附表 1 蒙山森林植物群落乔木层树种重要值

Attached list 1 Species importance value of tree layer in Mengshan Mountain

物种 Species	相对显著度 Relative significance	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	0.2390	0.2237	0.1163	0.1930
赤松 <i>Pinus densiflora</i>	0.1835	0.1816	0.1318	0.1656
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	0.1932	0.1975	0.0930	0.1612
黑松 <i>Pinus thunbergii</i>	0.1400	0.1346	0.0543	0.1096
日本落叶松 <i>Larix kaempferi</i>	0.0916	0.0963	0.0465	0.0781
刺槐 <i>Robinia pseudacacia</i>	0.0711	0.0722	0.0775	0.0736
白蜡 <i>Fraxinus chinensis</i>	0.0042	0.0170	0.0620	0.0277
君迁子 <i>Diospyros lotus</i>	0.0088	0.0093	0.0543	0.0241
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	0.0078	0.0170	0.0465	0.0238
板栗 <i>Castanea mollissima</i>	0.0236	0.0065	0.0310	0.0204
豆梨 <i>Pyrus calleryana</i>	0.0046	0.0066	0.0470	0.0194
榉栎 <i>Quercus alina</i>	0.0118	0.0071	0.0232	0.0140
山樱花 <i>Prunus campanulata</i>	0.0010	0.0033	0.0310	0.0118
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	0.0010	0.0033	0.0310	0.0118

重要值小于 0.0100 的物种未列出 The species importance value of less than 0.0100 was not listed

附表 2 蒙山森林植物群落灌木层物种重要值

Attached list 2 Species importance value of shrub layer in Mengshan Mountain

物种 Species	相对显著度 Relative significance	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
连翘 <i>F. ructus Forsythiae</i>	0.1197	0.1454	0.0475	0.1042
水榆花楸 <i>Sorbus alnifolia</i>	0.1183	0.0779	0.0475	0.0812
荆条 <i>Vitex chinensis</i>	0.0493	0.1149	0.0373	0.0670
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	0.0834	0.0380	0.0441	0.0552
白蜡 <i>Fraxinus chinensis</i>	0.0635	0.0342	0.0610	0.0529
黄檀 <i>Dalbergia hupiana</i>	0.0319	0.0582	0.0136	0.0346
土庄绣线菊 <i>Spiraea pubescens</i>	0.0235	0.0497	0.0271	0.0334
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	0.0344	0.0230	0.0407	0.0327
刺槐 <i>Robinia pseudacacia</i>	0.0365	0.0230	0.0339	0.0311
君迁子 <i>Diospyros lotus</i>	0.0220	0.0300	0.0407	0.0309
照山白 <i>Rhododendron micranthum</i>	0.0333	0.0253	0.0339	0.0308
胡枝子 <i>Lepidotea bicolor</i>	0.0176	0.0314	0.0339	0.0276
山樱花 <i>Prunus campanulata</i>	0.0233	0.0220	0.0373	0.0275
榆 <i>Ulmus pumila</i>	0.0387	0.0169	0.0168	0.0241
小花溲疏 <i>Dactyloctenium parviflorum</i>	0.0115	0.0263	0.0339	0.0239

重要值小于 0.0200 的物种未列出 The species importance value of less than 0.0200 was not listed

附表 3 蒙山森林植物群落草本层物种重要值

Attached list 3 Species importance value of herb layer in Mengshan Mountain

物种 Species	相对显著度 Relative significance	相对密度 Relative density	相对频度 Relative frequency	重要值 Importance value
燕麦 <i>Avena fatua</i>	0.2641	0.2164	0.0302	0.1702
臭草 <i>Melica scabra</i>	0.0483	0.0651	0.3690	0.1608
芦竹 <i>Arundo donax</i>	0.1736	0.0932	0.0168	0.0945
求米草 <i>Opismenus undulatifolius</i>	0.0564	0.1285	0.0604	0.0818
野古草 <i>Anundinella anomala</i>	0.0632	0.0583	0.0336	0.0517
羊胡子苔草 <i>Carex acutricornis</i>	0.0423	0.0660	0.0336	0.0473
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.0616	0.0546	0.0067	0.0410
早熟禾 <i>Poa annua</i>	0.0435	0.0588	0.0067	0.0363
雀麦 <i>Bromus japonicus</i>	0.0286	0.0234	0.0268	0.0263
荩草 <i>Arthraxon hispidus</i>	0.0275	0.0303	0.0201	0.0260
宽蕊地榆 <i>Sanguisorba appplanata</i>	0.0425	0.0184	0.0168	0.0259
薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i>	0.0024	0.0111	0.0503	0.0213

重要值小于 0.0200 的物种未列出 The species importance value of less than 0.0200 was not listed