

四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落学特征沿海拔梯度的变化

李大东¹, 胥晓¹, 史清茂², 陈坚², 咎玺², 吴定军², 章世鹏², 何显湘², 董廷发^{1*}

(1. 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637009; 2. 四川省旺苍县米仓山自然保护区管理局, 四川 旺苍 628200)

摘要: 为了解不同生境中台湾水青冈(*Fagus hayatae*)的群落特征, 对四川米仓山国家级自然保护区不同海拔的台湾水青冈群落的物种组成、区系特征、生活型谱、重要值和物种多样性等进行了研究。结果表明, 台湾水青冈群落中的植物种类随海拔存在差异。群落中植物区系均以北温带分布类型为主, 且其分布比例与海拔呈正相关关系。不同海拔群落的物种生活型谱主要以高位芽植物为主, 其它生活型较少。群落乔木层中台湾水青冈的重要值随海拔上升不断增大。中海拔群落中的物种多样性指数均低于高海拔和低海拔, 具有物种种类少、多样性低的特点。因此, 不同海拔段上的台湾水青冈群落学特征有明显的差异。

关键词: 台湾水青冈; 群落学; 海拔; 米仓山自然保护区

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.06.005

Characteristics of *Fagus hayatae* Community along Altitudinal Gradient in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

LI Da-dong¹, XU Xiao¹, SHI Qing-mao², CHEN Jian², ZAN Xi², WU Ding-jun², ZHANG Shi-peng², HE Xian-xiang², DONG Ting-fa^{1*}

(1. Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, Ministry of Education, College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong 637009, Sichuan, China; 2. Micangshan Nature Reserve Administration, Wangcang 628200, Sichuan, China)

Abstract: The aim was to understand the characters of *Fagus hayatae* community in different habitats. The species composition, flora character, life form, importance value and species diversity along altitudinal gradient in Micangshan National Nature Reserve, Sichuan were studied. The results showed that species number in *F. hayatae* community was different with increment of elevation. The north temperate distribution was dominant in *F. hayatae* community, and the proportion of dominant floristic distribution had positive correlation with elevation. The main life-form spectrum was phanerophytes. The important value of *F. hayatae* in tree layer increased along altitude. The diversity indexes of *F. hayatae* community in middle altitude were lower than those in high and low altitudes, showing the characters of less species and low diversity. Therefore, the characteristics of *F. hayatae* community had obvious difference in different altitudes.

Key words: *Fagus hayatae*; Community; Elevation; Micangshan Nature Reserve

植被的分布格局往往是多种环境因子共同作用的结果, 而海拔变化被认为是决定物种多样性格

局的主导因子之一^[1-6]。由于海拔的变化主要引起温度、水分以及光照等环境因子的改变, 同时不同

收稿日期: 2016-02-26 接受日期: 2016-06-24

基金项目: 四川米仓山自然保护区管理局委托项目(2014-02)资助

This work was supported by Project of Micangshan Nature Reserve Administration in Sichuan (Grant No. 2014-02).

作者简介: 李大东(1989~), 男, 硕士研究生, 从事植物生态研究。E-mail: 2240126200@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: dongtf@aliyun.com

海拔的水热条件及其组合也有差异^[7-8]。因此海拔变化将在一定程度上影响植物种类和数量, 从而影响植物群落的特征。目前, 对植物群落与海拔变化的研究主要集中在植物群落的物种多样性、相异性、共有度以及初级生产力等方面。岳明等报道佛坪自然保护区草本层的物种多样性具有高、低海拔高, 中海拔低的特点^[9]; 于德永等^[10]和郝占庆等^[11]报道长白山北坡植物群落的相异性系数随群落间海拔差的增加而增大, 共有度随群落间海拔差的增加而减小; 王长庭等报道高寒草甸植物群落的初级生产力受海拔的影响明显^[12]。这些都表明海拔对植物群落特征具有显著影响。

台湾水青冈(*Fagus hayatae* Palib. ex Hayata)为壳斗科(Fagaceae)水青冈属落叶乔木, 是我国特有的濒危树种, 为国家二级保护植物^[13], 主要分布于我国台湾岛的北部山区以及浙江沿海的临安、永嘉、庆元等地^[14], 近年来, 在四川米仓山国家级自然保护区也发现有台湾水青冈分布, 且是我国分布面积最大、最远的内陆分布区^[15]。目前对台湾水青冈群落学特征的研究还较少, 仅王献溥等^[16]对台湾拉拉山、张方钢^[17]对清凉峰、何俊等^[18]对七姊妹山台湾水青冈群落学特征进行了研究, 而针对台湾水青冈群落特征与海拔变化关系的研究还鲜有报道。由于米仓山自然保护区可能是台湾水青冈分布的一个临界区^[18-19], 虽然台湾水青冈群落垂直分布跨度为400 m^[20], 但该保护区内沟谷深切, 地形险峻, 受西南和东南季风的双重影响, 山地小气候明显, 不同海拔的温度、降水变化大^[21-23]。因此, 我们推测分布于米仓山自然保护区内的台湾水青冈群落特征和多样性水平在不同海拔段上可能具有明显的差异, 这些差异可能对台湾水青冈的分布产生重要影响。本文对四川米仓山自然保护区不同海拔段的台湾水青冈群落进行研究, 探讨该保护区内台湾水青冈群落特征与海拔之间的相互关系, 为台湾水青冈种群的保护和开发提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

四川米仓山自然保护区是国内目前水青冈属植物保存面积最大的地区, 位于四川盆地北缘旺苍县的东北部, 地处米仓山-大巴山山脉西段南坡, 总面积为23400 hm², 地理位置在北纬32°29′~32°41′,

东经106°24′~106°39′, 海拔为570~2281 m, 属亚热带湿润性季风气候, 年降水量1100~1400 mm, 年均温为13.5℃~16.5℃, 全年无霜期260 d以上。土壤依海拔分别为黄壤(1200 m以下)、黄棕壤(1200~2000 m)和山地棕壤(2000 m以上)^[24]。植被类型主要有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、山地常绿针叶林、针叶落叶阔叶混交林以及山地次生灌丛等, 共有维管束植物195科949属2597种^[15]。保护区内台湾水青冈群落呈斑块状分布, 且优势群落的大致海拔分布范围为1500~1900 m^[20]。

1.2 样地设置和调查方法

2014年7-8月, 分别在低海拔(1560~1660 m)、中海拔(1660~1760 m)和高海拔(1760~1896 m)段上各选取6个台湾水青冈群落样地进行调查。每个群落内设置20 m×30 m的样方, 共18个样方(表1)。群落调查采用常规方法进行^[20], 并在每个样方的四角和中心分别设置1个5 m×5 m的灌木样方和1个1 m×1 m的草本样方。记录灌木和草本样方中的物种名称、高度、盖度、株数和基径。

1.3 植物区系及生活型谱分析

参照吴征镒^[25]对中国种子植物属的分布区类型划分标准进行区系划分; 依据Raunkiaer对植物生活型谱的划分方法^[26]对物种的生活型谱进行分析。

1.4 物种重要值和多样性分析

乔木层物种重要值参考方全等^[27]的方法计算, 乔木层重要值(IV)=[相对频度(RF)+相对显著度(RP)+相对多度(RA)]/3。

参照汪殿蓓等^[28]的方法进行物种多样性分析。Shannon-Wiener指数(H)= $-\sum P_i \ln P_i$; Margalef指数(D_M)= $(S-1)/\ln N$; Pielou指数(J)= $-\sum P_i \ln P_i / \ln S$, 式中, S 为物种数目; N 为所有物种个体数总和; P_i 表示第*i*个物种的个体数与群落总个体数之比。

2 结果和分析

2.1 海拔对群落物种组成的影响

由表2可见, 群落中的物种数量受海拔影响较大, 低海拔群落有维管束植物64种隶属于32科46属; 中海拔群落有维管束植物50种隶属于24科40属; 高海拔群落有维管束植物80种隶属于33科55属。

表 1 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的样地信息

Table 1 Features of *Fagus hayatae* community plots in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

海拔 Elevation	样地 Plot	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	海拔(m) Altitude	平均坡度(°) Average slope	坡向 Aspect	郁闭度 Canopy density	乔木密度 Tree density
低 Low	横断梁 01 HDL01	106°35'34.84"	32°34'36.80"	1565	45	南 South	0.85	72
	横断梁 02 HDL02	106°35'41.35"	32°34'34.50"	1595	45	南 South	0.90	55
	下南天门 XNTM	106°39'21.89"	32°34'10.00"	1601	64	东南 Southeast	0.70	144
	牛肋巴湾 NLBW	106°35'47.54"	32°34'38.35"	1606	70	东南 Southeast	0.80	55
	卧合石 WHS	106°38'10.97"	32°38'19.07"	1628	60	北 North	0.80	36
	瓦窑湾 WYW	106°38'11.44"	32°38'10.28"	1629	65	东南 Southeast	0.75	79
中 Middle	前后堂下侧 QHTXC	106°38'16.87"	32°38'08.09"	1683	68	东南 Southeast	0.78	42
	窑梁上 YLS	106°35'05.82"	32°34'26.15"	1698	70	东 East	0.65	63
	大湾里 DWL	106°26'03.48"	32°36'27.14"	1708	12	东北 Northeast	0.97	59
	大屋基湾 DWJW	106°38'17.38"	32°38'11.65"	1720	25	西北 Northwest	0.95	35
	厂湾里 CWL	106°38'24.04"	32°38'13.99"	1751	40	东南 Southeast	0.90	23
	牛撒尿 NSN	106°39'15.10"	32°31'10.80"	1764	63	东南 Southeast	0.65	110
高 High	乌滩 WT	106°32'56.60"	32°40'16.70"	1775	45	东南 Southeast	0.75	58
	老林沟 LLG	106°33'25.80"	32°39'30.42"	1780	72	东南 Southeast	0.82	37
	厂河沟 CHG	106°39'06.50"	32°36'15.19"	1781	48	东南 Southeast	0.74	115
	盘海石脚 PHSJ	106°35'08.28"	32°31'23.64"	1790	65	西 West	0.72	36
	踏拔河 TBH	106°33'30.04"	32°39'23.40"	1798	18	西北 Northwest	0.95	47
	黄柏林垭 HBLY	106°34'23.10"	32°39'29.64"	1896	35	东 East	0.95	43

表 2 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的优势种

Table 2 Dominant species of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

	科 Family	低海拔 Low elevation		中海拔 Middle elevation		高海拔 High elevation	
		属数 Number of genera	种数 Number of species	属数 Number of genera	种数 Number of species	属数 Number of genera	种数 Number of species
1	百合科 Liliaceae	2	4	3	3	5	7
2	山茶科 Theaceae	2	2	2	2	2	3
3	杜鹃花科 Ericaceae	1	3	1	3	1	4
4	禾本科 Gramineae	2	2	3	3	4	5
5	虎耳草科 Saxifragaceae	0	0	2	2	1	1
6	桦木科 Betulaceae	2	3	1	1	2	3
7	堇菜科 Violaceae	0	0	0	0	1	3
8	壳斗科 Fagaceae	3	7	5	9	4	10
9	兰科 Orchidaceae	1	1	2	2	0	0
10	鳞毛蕨科 ryopteridaceae	0	0	0	0	2	2
11	毛茛科 Ranunculaceae	1	1	0	0	2	2
12	槭树科 Aceraceae	1	3	1	1	1	4
13	蔷薇科 Rosaceae	4	4	3	3	4	4
14	忍冬科 Caprifoliaceae	2	5	2	5	2	4
15	莎草科 Cyperaceae	2	2	1	1	2	2
16	山矾科 Symplocaceae	1	1	0	0	1	2
17	松科 Pinaceae	2	4	2	3	2	2
18	卫矛科 Celastraceae	1	1	1	1	1	2
19	小檗科 Berberidaceae	0	0	1	1	2	2
20	芸香科 Rutaceae	2	2	1	1	0	0
21	樟科 Lauraceae	2	3	2	2	2	4

低海拔群落中优势科有蔷薇科(Rosaceae; 4 属 4 种)、壳斗科(Fagaceae; 3 属 7 种)和忍冬科(Caprifoliaceae; 2 属 5 种); 中海拔群落中优势科有壳斗科

(5 属 9 种)、蔷薇科(3 属 3 种)和百合科(Liliaceae; 3 属 3 种); 高海拔群落中优势科有百合科(5 属 7 种)、壳斗科(4 属 10 种)和禾本科(Gramineae; 4 属 5 种)。

2.2 海拔对群落区系成分的影响

四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的区系成分均以北温带分布类型和泛热带分布类型为主, 其中低海拔群落的北温带分布类型和泛热带分布类型分别占总属数的 32.61%和 21.74%, 中海拔

分别占 35.00%和 15.00%, 高海拔分别占 38.18%和 12.73%。在所有区系分布类型中缺失热带亚洲至热带大洋洲、温带亚洲、地中海区、西亚至中亚和中亚及其变型等分布类型(表 3)。

表 3 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的区系成分组成

Table 3 Floral composition of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

分布类型 Areal-types	属数 Number of genera (%)		
	低海拔 Low elevation	中海拔 Middle elevation	高海拔 High elevation
1. 世界分布 Cosmopolitan	8.70	5.00	12.73
2. 泛热带分布 Pantropic	21.74	15.00	12.73
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布 Tropic Asia and America disjunct	6.52	7.50	5.46
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	2.17	0.00	1.82
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Tropic Asia to Tropic Africa	2.17	0.00	0.00
7. 热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Tropic Asia (Indo-Malesia)	6.52	10.00	5.46
8. 北温带分布 North Temperate	32.61	35.00	38.18
8-4. 北温带和南温带(全温带)间断分布 North Temp and South Temp disjunct	2.17	0.00	0.00
9. 东亚和北美洲间断分布 East Asia and North America disjunct	4.35	15.00	9.09
9-1. 东亚和墨西哥间断分布 East Asia and Mexico disjunct	2.17	0.00	0.00
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	2.17	2.50	1.82
14. 东亚分布 East Asia distribution	0.00	2.50	7.27
14-1. 中国-喜马拉雅 Sino-Himalaya	2.17	0.00	3.57
14-2. 中国-日本 Sino-Japan	4.35	5.00	0.00
15. 中国特有分布 Endemic to China	2.17	2.50	1.82
合计 Total	99.98	100.00	99.95

2.3 海拔对群落生活型谱的影响

由表 4 可见, 该地区高位芽植物在群落中所占比例随海拔升高而降低, 在低、中和高海拔分别为 66.67%、66.00%和 58.75%。高位芽植物主

要以中高位芽和小高位芽植物为主, 大高位芽植物和矮高位芽植物仅分别占 4.51%和 6.35%。此外, 一年生植物较少, 仅在高海拔出现, 约占 1.25%。

表 4 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落植物的生活型谱

Table 4 Life-form of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

生活型 Life form	低海拔 Low elevation		中海拔 Middle elevation		高海拔 High elevation	
	种数 Number of species	%	种数 Number of species	%	种数 Number of species	%
大高位芽 Megaphanerophyte	3	4.55	2	4.00	4	5.00
中高位芽 Mesophanerophyte	19	28.79	14	28.00	20	25.00
小高位芽 Microphanerophyte	18	27.27	13	26.00	19	23.75
矮高位芽 Nanophanerophyte	4	6.06	4	8.00	4	5.00
合计 Total	44	66.67	33	66.00	47	58.75
地上芽 Chamaephyte	4	6.06	3	6.00	4	5.00
地面芽 Hemicryptophyte	3	4.55	3	6.00	4	5.00
地下芽 Geophyte	10	15.15	9	18.00	18	22.50
一年生 Therophyte	0	0.00	0	0.00	1	1.25
藤本植物 Liana	5	7.58	2	4.00	6	7.50

2.4 海拔对乔木层物种重要值、群落多样性和基本特征的影响

群落乔木层中台湾水青冈的重要值随海拔升高而不断增大, 其中低海拔群落中台湾水青冈的重要值为 39.04, 锐齿槲栎(*Quercus aliena*)为 15.38, 其余 19 种植物均小于 10, 重要值大于 3 的有 13 种, 小于 1 的有 4 种(表 5)。中海拔群落中台湾水青冈的重要值为 40.85, 米心水青冈(*F. engleriana*)为 14.17, 锐齿槲栎为 10.16, 其余 15 种均小于 10, 重要值小于 3 的有 12 种, 小于 1 的有 2 种。高海拔群落中台湾水青冈的重要值为 44.43, 黧蒴锥(*Castanopsis fissa*)为 7.19, 其余 25 种均小于 7, 重要值小于 3 的

有 20 种, 小于 1 的有 8 种(表 5)。中海拔平均物种数最少(22 种), 其次是低海拔(28 种), 高海拔最高(33 种)。在丰富度(Margalef)指数、多样性(Shannon-Wiener)指数以及均匀度(Pielou)指数方面, 低海拔分别为 3.59%、1.28%和 0.44%, 中海拔分别为 2.92%、1.03%和 0.36%, 高海拔分别为 4.64%、2.08%和 0.63% (表 6)。乔木的平均胸径、平均树高和胸高断面面积在高海拔最高, 分别为 22.34 cm、18.08 m 和 20.30 m², 灌木和草本层的平均盖度和高度在中海拔最高, 分别为 61.86%、1.72 m 和 19.34%、31.11 cm (表 7)。这些表明台湾水青冈群落在中海拔区域具有物种种类少、多样性及均匀度低的特点。

表 5 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落乔木层优势树种重要值

Table 5 Importance value of dominant tree species of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

物种 Species	低海拔 Low elevation		中海拔 Middle elevation		高海拔 High elevation	
	株数 Number	重要值 Importance value	株数 Number	重要值 Importance value	株数 Number	重要值 Importance value
1 台湾水青冈 <i>Fagus hayatae</i>	175	39.04	150	40.85	152	44.43
2 米心水青冈 <i>F. engleriana</i>	8	1.71	65	14.17	14	3.58
3 锐齿槲栎 <i>Quercus aliena</i>	53	15.38	25	10.16	1	0.84
4 猫儿刺 <i>Ilex pernyi</i>	16	6.68	17	6.36	15	4.69
5 柃木 <i>Eurya japonica</i>	32	5.94	23	5.38	0	0.00
6 四川杜鹃 <i>Rhododendron sutchuenense</i>	12	3.64	16	6.01	20	2.91
7 华山松 <i>Pinus armandii</i>	10	4.34	1	1.05	8	1.64
8 油松 <i>P. tabuliformis</i>	15	3.71	0	0.00	0	0.00
9 黧蒴锥 <i>Castanopsis fissa</i>	0	0.00	0	0.00	17	7.19
10 铁杉 <i>Tsuga chinensis</i>	1	0.94	3	1.40	10	4.15
11 四照花 <i>Cornus kousa</i>	8	1.63	0	0.00	12	4.47
12 白栎 <i>Quercus fabri</i>	8	2.72	0	0.00	3	0.97
13 曼青冈 <i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>	10	3.46	4	1.49	0	0.00
14 鹅耳枥 <i>Carpinus turezianowii</i>	5	1.31	4	1.51	6	1.88
15 杜鹃 <i>Rhododendron simsii</i>	5	1.29	7	1.67	6	1.29
16 细叶青冈 <i>Cyclobalanopsis gracilis</i>	0	0.00	2	1.11	25	3.42
17 白桦 <i>Betula platyphylla</i>	1	0.98	0	0.00	8	2.78
18 南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	0	0.00	0	0.00	4	2.17
19 青榨槭 <i>Acer davidii</i>	2	1.05	0	0.00	14	2.10
20 短柄枹栎 <i>Quercus serrata Thunb</i>	8	1.96	0	0.00	0	0.00
21 其余物种合计 Other species	8	4.21	15	8.82	21	11.48

表 6 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的多样性指数

Table 6 Species diversity indexes of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

	低海拔 Low elevation			中海拔 Middle elevation			高海拔 High elevation		
	乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herb	乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herb	乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herb
种数 Number of species	22	51	11	18	38	11	27	52	19
Margalef 指数 Margalef index	3.49	5.36	1.92	2.92	4.09	1.75	4.47	6.24	3.22
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	2.13	0.61	1.11	1.85	0.48	0.77	2.24	1.88	2.12
Pielou 指数 Pielou index	0.69	0.16	0.46	0.64	0.13	0.32	0.68	0.48	0.72

表 7 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落的基本特征

Table 7 Characteristics of *Fagus hayatae* community in Micangshan Nature Reserve, Sichuan

	低海拔 Low elevation	中海拔 Middle elevation	高海拔 High elevation
平均胸径 Mean diameter at breast height (cm)	14.39	14.42	22.34
平均树高 Mean height (m)	13.04	13.54	18.08
胸高断面积 Area at breast height (m ²)	11.33	8.87	20.30
平均郁闭度 Mean canopy density (%)	80	82	82
灌木层平均高度 Mean height of shrub layer (m)	1.63	1.72	1.36
灌木层平均盖度 Mean coverage of shrub layer (%)	50.23	61.86	58.14
草本层平均高度 Mean height of herb layer (cm)	14.14	31.11	8.40
草本层平均盖度 Mean coverage of herb layer (%)	7.72	19.34	1.88

3 讨论

植物群落分布特征和海拔间的关系一直是生态学研究的重要内容。本研究通过比较四川米仓山自然保护区不同海拔段的 18 个台湾水青冈优势群落, 3 个海拔梯度间的跨度虽然仅有 300 多米, 但不同海拔段间的台湾水青冈群落已具有明显差异。台湾水青冈群落中的物种数量和多样性指数随海拔升高表现出“高、低海拔高, 中海拔低”的特征, 这可能与群落中林下植物种类丰富程度有关。野外调查可见, 中海拔地区群落的林下灌木层物种主要以冷箭竹(*Bashania fangiana*)占绝对优势, 往往成片分布。由于冷箭竹的密度大, 盖度高(可达 52.31%~95.13%), 使得其他灌木和草本很难生存。因此, 与高或低海拔群落相比, 中海拔灌木和草本植物物种数量下降可能是导致中海拔群落物种数和多样性降低的主要原因。

本研究结果表明, 不同海拔段台湾水青冈群落的植物区系均以北温带分布类型为主, 且其所占比例与海拔呈正相关, 分别为 32.61%、35%和 38.18% (表 3)。这一方面可能与米仓山自然保护区所处的地理位置有关, 另一方面也与台湾水青冈群落的分布范围及不同海拔的水热组合条件密不可分。米仓山自然保护区地处大巴山脉西段南坡, 该区域的植物区系和植被具有明显的温带性特点^[22]。米仓山自然保护区台湾水青冈群落主要分布于 1500~1900 m, 群落间垂直分布的海拔跨度虽不大, 但由于保护区地处我国南北气候和生态的过渡带, 受东南季风和西南季风的双重影响, 山地气候明显, 温度和水分差异明显^[15,21-23]。根据郭柯等^[29]对喀喇昆仑山-昆仑山地区植物生活型组成的研究, 温度是高山地带植物分布的限制因子。故随着海拔的升高, 温带性质

的分布类型逐渐增多而热带性质的分布类型逐渐减少。同时该地多为喀斯特地貌^[24], 石灰岩分布广, 地形坡度大(样地平均坡度达 50°, 表 1), 土层薄、保水性差等因素也使得台湾水青冈群落对海拔变化更为敏感^[30-32], 从而形成植物区系以北温带分布类型为主, 且与海拔呈正相关的分布特点。

本研究结果表明, 群落的生活型谱在各海拔段上均以高位芽植物为主(表 4), 其中低海拔占 66.67%、中海拔占 66%、高海拔占 58.75%, 表现出高位芽植物的分布与海拔具有一定的关系。这与蔡绪慎等^[33]对卧龙植物生活型垂直分布规律, 和郭柯等^[29]对喀喇昆仑山-昆仑山地区植物生活型组成的研究结果一致, 因此我们认为海拔变化可能是主要原因。但由于本研究样地的海拔跨度相对较小(1565~1896 m), 且影响植物生活型谱的因素较多, 除温度和降水外, 经纬度、地形地貌、年龄结构等也是影响植物生活型谱的重要因子^[34-36], 具体是海拔中哪些因子起主要作用还有待进一步研究。

参考文献

- [1] XU Y J, CHEN Y N, LI W H, et al. Distribution pattern and environmental interpretation of plant species diversity in the mountainous region of Ili River Valley, Xinjiang, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2010, 34(10): 1142-1154. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2010.10.003.
徐远杰, 陈亚宁, 李卫红, 等. 伊犁河谷山地植物群落物种多样性分布格局及环境解释 [J]. *植物生态学报*, 2010, 34(10): 1142-1154. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2010.10.003.
- [2] XU H, LI Y D, LUO T S, et al. Environmental factors correlated with species diversity in different tropical rain forest types in Jianfengling, Hainan island, China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2013, 37(1): 26-36. doi: 10.

- 3724/SP.J.1258.2013.00003.
许涵, 李意德, 骆土寿, 等. 海南尖峰岭不同热带雨林类型与物种多样性变化关联的环境因子 [J]. 植物生态学报, 2013, 37(1): 26–36. doi: 10.3724/SP.J.1258.2013.00003.
- [3] WANG C T, LONG R J, WANG Q J, et al. Effects of altitude on plant-species diversity and productivity in an alpine meadow, Qinghai-Tibetan Plateau [J]. Aust J Bot, 2007, 55(2): 110–117. doi: 10.1071/BT04070.
- [4] CARPENTER C. The environmental control of plant species density on a Himalayan elevation gradient [J]. J Biogeogr 2005, 32(6): 999–1018. doi: 10.1111/j.1365-2699.2005.01249.x.
- [5] LOMOLINO M V. Elevation gradients of species-density: Historical and prospective views [J]. Glob Ecol Biogeogr, 2001, 10(1): 3–13. doi: 10.1046/j.1466-822x.2001.00229.x.
- [6] BROWN J H. Mammals on Mountainsides: Elevational patterns of diversity [J]. Glob Ecol Biogeogr, 2001, 10(1): 101–109. doi: 10.1046/j.1466-822x.2001.00228.x.
- [7] PAN H L, LI M H, CAI X H, et al. Responses of growth and ecophysiology of plants to altitude [J]. Ecol Environ Sci, 2009, 18(2): 722–730. doi: 10.3969/j.issn.1674-5906.2009.02.059.
潘红丽, 李迈和, 蔡小虎, 等. 海拔梯度上的植物生长与生理生态特性 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 722–730. doi: 10.3969/j.issn.1674-5906.2009.02.059.
- [8] HE Y H, YAN M, ZHANG Q D, et al. Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China [J]. Acta Ecol Sinica, 2013, 33(8): 2452–2462. doi: 10.5846/stxb201208181163.
何艳华, 闫明, 张钦弟, 等. 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局 [J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2452–2462. doi: 10.5846/stxb201208181163.
- [9] YUE M, ZHANG L J, DANG G D, et al. The relationships of higher plants diversity and elevation gradient in Foping Nature Reserve [J]. Sci Geogr Sin, 2002, 22(3): 349–354. doi: 10.3969/j.issn.1000-0690.2002.03.016.
岳明, 张林静, 党高弟, 等. 佛坪自然保护区植物群落物种多样性与海拔梯度的关系 [J]. 地理科学, 2002, 22(3): 349–354. doi: 10.3969/j.issn.1000-0690.2002.03.016.
- [10] YU D Y, HAO Z Q, JI L Z, et al. Dissimilarity of plant communities with changes in altitudes on the northern slope of Changbai Mountain [J]. Chin J Ecol, 2003, 22(5): 1–5.
于德永, 郝占庆, 姬兰柱, 等. 长白山北坡植物群落相异性及其海拔梯度变化 [J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 1–5.
- [11] HAO Z Q, DENG H B, JIANG P, et al. Co-occurrence of plant species among communities with changes in altitudes on the northern slope of Changbai Mountain [J]. Acta Ecol Sin, 2001, 21(9): 1421–1426. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2001.09.004.
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. doi: 10.3321/j.issn:1000-0933.2001.09.004.
- [12] WANG C T, WANG Q J, LONG R J, et al. Changes in plant species diversity and productivity along an elevation gradient in an alpine meadow [J]. Acta Phytoecol Sin, 2004, 28(2): 240–245. doi: 10.17521/cjpe.2004.0035.
王长庭, 王启基, 龙瑞军, 等. 高寒草甸群落植物多样性和初级生产力沿海拔梯度变化的研究 [J]. 植物生态学报, 2004, 28(2): 240–245. doi: 10.17521/cjpe.2004.0035.
- [13] LI J X, WU D J, ZHANG S P, et al. Life table and dynamic analysis of *Fagus hayatae* population in Micangshan Nature Reserve, Sichuan Province, China [J]. Bull Bot Res, 2016, 36(1): 68–74. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2016.01.010.
李金昕, 吴定军, 章世鹏, 等. 四川米仓山自然保护区台湾水青冈种群生命表及动态分析 [J]. 植物研究, 2016, 36(1): 68–74. doi: 10.7525/j.issn.1673-5102.2016.01.010.
- [14] GUO R, WENG D M, JIN Y, et al. Topography related regeneration dynamics of *Fagus hayata* during 2006–2011 at Qingliangfeng Nature Reserve in Zhejiang Province [J]. Guihaia, 2014, 34(4): 478–483. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.04.009.
郭瑞, 翁东明, 金毅, 等. 浙江清凉峰台湾水青冈种群 2006–2011 年更新动态及其与生境的关系 [J]. 广西植物, 2014, 34(4): 478–483. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.04.009.
- [15] CHEN J. Report of investigation on *Fagus* of Micangshan Nature Reserve [J]. Chin Wild Plant Resour, 2014, 33(2): 47–52. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2014.02.012.
陈坚. 米仓山自然保护区水青冈属(*Fagus*)资源调查报告 [J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(2): 47–52. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2014.02.012.
- [16] WANG X P, LI J Q. The beech forest of Lalashan Mountain in Taiwan and its ecological comparison with beech forest of Yuechengling Mountain in Guangxi [J]. Guihaia, 1996, 16(3): 251–258.
王献溥, 李俊清. 台湾拉拉山的水青冈林及其与广西越城岭水青冈

- 林的生态比较 [J]. 广西植物, 1996, 16(3): 251–258.
- [17] ZHANG F G. The community characteristics of the Taiwan beech forest of Qingliangfeng Mountain in Zhejiang [J]. J Zhejiang Univ (Agri Life Sci), 2001, 27(4): 403–406. doi: 10.3321/j.issn:1008-9209.2001.04.013.
- 张方钢. 浙江清凉峰台湾水青冈林的群落学特征 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2001, 27(4): 403–406. doi: 10.3321/j.issn:1008-9209.2001.04.013.
- [18] HE J, WANG Z X, LEI Y, et al. The study on coenological characteristics of *Fagus hayatae* community in Qizimei Mountain Nature Reserve [J]. J Huazhong Norm Univ (Nat Sci), 2008, 42(2): 272–277. doi: 10.3321/j.issn:1000-1190.2008.02.028.
- 何俊, 汪正祥, 雷耘, 等. 七姊妹山自然保护区台湾水青冈林群落学特征研究 [J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(2): 272–277. doi: 10.3321/j.issn:1000-1190.2008.02.028.
- [19] CHEN H Y, HUANG C J. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 1998: 7.
- 陈焕庸, 黄成就. 中国植物志, 第 22 卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 7.
- [20] LI D D, DONG T F, CHEN J, et al. Characteristics of *Fagus hayatae* community and species diversity in Micangshan Nature Reserve, Sichuan [J]. Acta Bot Boreali-Occid Sin 2016, 36(1): 174–182. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.01.0174.
- 李大东, 董廷发, 陈坚, 等. 四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落学特征及多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2016, 36(1): 174–182. doi: 10.7606/j.issn.1000-4025.2016.01.0174.
- [21] LIU X D, FANG J G, YANG X C, et al. Climatology of dekadly precipitation around the Qinling mountains and characteristics of its atmospheric circulation [J]. Arid Meteorol, 2003, 21(3): 8–13.
- 刘晓东, 方建刚, 杨续超, 等. 秦岭邻近地区旬降水气候学及其大气环流特征 [J]. 干旱气象, 2003(03): 8–13.
- [22] YING J S. An analysis of the flora of Qinling Mountain Range: Its nature, characteristics, and origins [J]. Acta Phytotaxon Sin, 1994, 32(5): 389–410.
- 应俊生. 秦岭植物区系的性质、特点和起源 [J]. 植物分类学报, 1994, 32(5): 389–410.
- [23] WEN Z Q, WANG K F, LI J Q, et al. Survey on the birds of Shaanxi Micangshan Nature Reserve in summer and autumn [J]. Chin J Zool, 2008, 43(2): 81–90. doi: 10.13859/j.cjz.2008.02.026.
- 温战强, 王开锋, 李建强, 等. 陕西米仓山自然保护区夏秋季鸟类调查 [J]. 动物学杂志, 2008, 43(2): 81–90. doi: 10.13859/j.cjz.2008.02.026.
- [24] HE Y R. Study on protective fertility and properties of soil fertility in forest region of the Micang Mountain [J]. Acta Conserv Soil Aqae Sin, 1991, 5(4): 73–79.
- 何毓蓉. 米仓山林区土壤的肥力特征及保护研究 [J]. 水土保持学报, 1991, 5(4): 73–79.
- [25] WU Z Y. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. Acta Bot Yunnan, 1991, 13(S4): 1–3.
- 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991, 13(S4): 1–3.
- [26] LI B. Ecology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 125–128.
- 李博. 生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 125–128.
- [27] FANG Q, LIU Y Z, LIN Z H, et al. Research on *Quercus variabilis* community characteristics and diversity of Yunju Mountain [J]. Plant Sci J, 2015, 33(3): 311–319. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2015.30311.
- 方全, 刘以珍, 林朝晖, 等. 云居山栓皮栎群落特征及多样性研究 [J]. 植物科学学报, 2015, 33(3): 311–319. doi: 10.11913/PSJ.2095-0837.2015.30311.
- [28] WANG D P, JI S Y, CHEN F P. A review on the species diversity of plant community [J]. Chin J Ecol, 2001, 20(4): 55–60.
- 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述 [J]. 生态学杂志, 2001, 20(4): 55–60.
- [29] GUO K, ZHENG D, LI B S. The characteristics of plant life form spectra in the Karakorum-Kunlun Mountains [J]. Acta Phytoecol Sin, 1998, 22(1): 51–59.
- 郭柯, 郑度, 李渤生. 喀喇昆仑山-昆仑山地区植物的生活型组成 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(1): 51–59.
- [30] TONG X W, WANG K L, YUE Y M, et al. Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi [J]. Acta Ecol Sin, 2014, 34(12): 3425–3434. doi: 10.5846/stxb201310162503.
- 童晓伟, 王克林, 岳跃民, 等. 桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应 [J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3425–3434. doi: 10.5846/stxb201310162503.
- [31] ZHANG X, LI K Z, LIAN B, et al. Studies on the floristics of Karst nature forests between southern and central areas in Guizhou Province, China [J]. J Trop Subtrop Bot, 2009, 17(2): 114–121. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2009.02.002.
- 张喜, 李克之, 连宾, 等. 黔南和黔中喀斯特天然林植物区系研究

- [J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(2): 114–121. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2009.02.002.
- [32] ZHOU Y S, LUO L, HE X H, et al. Analysis on spatial variability of plant species richness in Karst mountain area [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2008, 16(6): 516–520. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2008.06.004.
- 周应书, 罗林, 何兴辉, 等. 喀斯特山区植物物种丰富度的空间变异分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2008, 16(6): 516–520. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2008.06.004.
- [33] CAI X S, HUANG J F. An approach to the vertical distribution pattern of plant life forms in Wolong Nature Reserve [J]. *J SW For Coll*, 1990, 10(1): 31–40.
- 蔡绪慎, 黄加福. 卧龙植物生活型垂直分布规律初探 [J]. 西南林学院学报, 1990, 10(1): 31–40.
- [34] FANG J Y. Exploring altitudinal patterns of plant diversity of China's mountains [J]. *Biodiv Sci*, 2004, 12(1): 1–4. doi: 10.3321/j.issn:1005-0094.2004.01.001.
- 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律 [J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 1–4. doi: 10.3321/j.issn:1005-0094.2004.01.001.
- [35] OU X K, JIN Z Z. A preliminary study on the flora and ecological diversity in Jinsha River Dry-Hot Valley [J]. *J Wuhan Bot Res*, 1996, 14(4): 318–322.
- 欧晓昆, 金振洲. 金沙江干热河谷植物区系和生态多样性的初步研究 [J]. 武汉植物学研究, 1996, 14(4): 318–322.
- [36] LONG C L. Species composition and life form feature of vegetation restoration in gaps of Karst forest in Maolan Nature Reserve, Guizhou Province [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2007, 29(2): 201–206. doi: 10.3969/j.issn.2095-0845.2007.02.014.
- 龙翠玲. 茂兰喀斯特森林林隙植被恢复的物种组成及生活型特征 [J]. 云南植物研究, 2007, 29(2): 201–206. doi: 10.3969/j.issn.2095-0845.2007.02.014.