

文章编号: 1001-3776 (2016) 03-0001-07

## 大树杜鹃群落结构特征研究

李贵祥<sup>1</sup>, 柴 勇<sup>1</sup>, 邵金平<sup>1</sup>, 王元忠<sup>2</sup>, 毕 波<sup>1</sup>,

和丽萍<sup>1</sup>, 孟广涛<sup>1</sup>, 方 波<sup>1</sup>

(1. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省农业科学院药用植物研究所, 云南 昆明 650200)

**摘要:** 2014 年, 在云南省高黎贡山自然保护区分布的大树杜鹃 (*Rhododendron protistum* var. *giganteum*) 群落设置 8 块标准样地进行调查, 分析群落的物种组成和物种多样性。结果表明, 大树杜鹃群落可分为 4 层, 包括乔木上层、乔木下层、灌木层和草本层。其中乔木层共有植物 14 科, 23 属, 30 种; 灌木层共有植物 16 科, 22 属, 25 种; 草本层共有植物 14 科, 21 属, 21 种。大树杜鹃所在群落多样性较高, 从群落不同层次的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 多样性指数、Margalef 多样性指数来看, 其多样性为乔木层 > 灌木层、草本层, 灌木层和草本层之间则互有交叉。乔木层平均高、平均胸径的变化与 Margalef 多样性指数变化一致, 但平均高、平均胸径达到一定数值时, Margalef 多样性指数不再上升而呈下降趋势。

**关键词:** 大树杜鹃; 群落结构; 物种组成; 物种多样性

中图分类号: S718.54; S685.21

文献标识码: A

## Community Structure of *Rhododendron protistum* var. *giganteum* in Gaoligong Mountain

LI Gui-xiang<sup>1</sup>, CHAI Yong<sup>1</sup>, SHAO Jin-ping<sup>1</sup>, WANG Yuan-zhong<sup>2</sup>, BI Bo<sup>1</sup>, HE Li-ping<sup>1</sup>, MENG Guang-tao<sup>1</sup>, FANG Bo<sup>1</sup>

(1. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, China;

2. Institute of Medicinal Plants, Yunnan Academy of Agriculture, Kunming 650200, China)

**Abstract:** Eight sample plots were established for investigation on plant species composition and diversity at *Rhododendron protistum* var. *giganteum* communities of Gaoligong Mountain, Yunnan province in 2014. The results indicated that the communities could be divided into four layers, namely upper tree layer, lower tree layer, shrub layer and herb layer. There were 30 species belonging to 14 families and 23 genera at tree layer, 25 species belonging to 16 families and 22 genera at shrub layer, 21 species belonging to 14 families and 21 genera at herb layer. The investigated communities had high diversity, evaluated by Shannon-Wiener index, Simpson index and Margalef index, especially the tree layer, was more diversified than shrub and herb layer. Average height and DBH of tree layer had positive relation with Margalef index until a certain value.

**Key words:** *Rhododendron protistum* var. *giganteum*; community structure; diversity

大树杜鹃 (*Rhododendron protistum* var. *giganteum*) 为杜鹃花科杜鹃属常绿树种, 是翘首杜鹃 (*Rh. protistum*) 的变种<sup>[1]</sup>, 与原变种的区别是这一变种叶背面全面被毛, 毛被淡肉桂色, 疏松, 不脱落。大树杜鹃树干粗而直, 高达 30 m, 幼树期耐阴, 生长缓慢。1-3 月开花<sup>[2]</sup>, 10-12 月果熟, 为杜鹃花属中最高大的乔木树种。在我国

收稿日期: 2015-11-15; 修回日期: 2016-03-06

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项 (201304306) 资助

作者简介: 李贵祥(1975-), 男, 云南禄丰人, 研究员, 从事森林培育及水土保持研究。

分布于高黎贡山一带,海拔 2 100~3 300 m 的混交林中<sup>[3~4]</sup>,主要分布于云南省腾冲县,云南省极小种群物种拯救保护规划纲要(2010–2020 年)将其列为极小种群物种。

大树杜鹃因其树体高大、花大而美丽、量少而珍稀,吸引了大量的爱好者和研究人员的关注。1904 年,英国爱丁堡皇家植物园的采集员傅礼士在高黎贡山上开展了一场大规模长时间采集动、植物标本的活动。1919 年,他在高黎贡山采集过程中发现的一棵大树杜鹃,其基部直径达 0.87 m,胸围 2.7 m,树高 25 m,傅礼士把这棵 280 a 的大树砍倒,采集了所需的枝叶标本并锯下一个圆盘标本,陈列在英国大不列颠自然历史博物馆的展厅里,成为轰动一时的新闻。傅礼士和泰格将这种树形高大的植物命名为大树杜鹃,在 1926 年爱丁堡植物园出版的植物学杂志上正式发表了 *Rh. giganteum* 这个学名。1981 年,我国学者冯国岷在高黎贡山西麓界头乡大塘行政村的大河头山坡中找到了一株树高达 27 m,基部直径达 3.5 m,树龄约 800 多 a 的大树杜鹃,是迄今记载的最大的大树杜鹃,被称为“大树杜鹃王”<sup>[5]</sup>。

本文从植物群落学原理出发研究大树杜鹃群落的种类组成、群落层次结构以及生物多样性等特征,旨在了解大树杜鹃的群落环境和生存空间,以期对大树杜鹃的保护和繁育提供科学依据。

## 1 研究区概况

研究区位于云南省腾冲县界头镇大塘村的岔河和茨竹河,大树杜鹃在该区域的分布地理坐标为 98°26'21"~98°56'46" E, 25°35'53"~25°47'54" N,地处高黎贡山国家级自然保护区,处于西部型季风气候区<sup>[6]</sup>,北部地区的降水具有四季均匀分配的特点,而南部地区干湿季十分明显<sup>[7]</sup>。植被类型主要有热带季雨林、亚热带常绿阔叶林、硬叶常绿阔叶林、针叶林、灌丛植被、草丛、草甸等。高黎贡山是东亚植物区系的摇篮、植物区系之源、古南大陆和古北大陆植物区系的融合带、物种多样化中心舞台、地球上生物资源最丰富的地区之一<sup>[7]</sup>。

研究区年均气温 11℃,最热月平均气温约 16℃,极端最高温度 27.8℃,最冷月平均气温 3.5℃,极端最低温 0℃,年均降水量约 2 000 mm,干湿季分明,雨季(5–10 月)的降水量为全年降水量的 85%,旱季(11 月至次年 4 月)雨量较少,年平均相对湿度在 80%以上,土壤为黄棕壤。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置及调查

2014 年 4 月在大树杜鹃分布区域内,根据地形条件、群落外貌特征、树种组成及分布等设置 8 块 20 m×20 m 的样地,各样地情况见表 1。将每块样地划分成 4 块 10 m×10 m 的样地调查乔木层,测定乔木层物种多样性;随机选择 1 块 10 m×10 m 样地,在此样地内设置 2 m×2 m、1 m×1 m 的小样方 4 块,分别调查灌木及草本植物,调查时记录样地的生境及群落特征,对样地内乔木进行每木调查,记录种名、树高、胸径、冠幅及其它一些生态学特征。灌木、草本记录种名、株(丛)数、盖度、高度及其它重要生态特征。

表 1 样地基本情况  
Table 1 Information of sampling plots

样地号	海拔 /m	坐标	郁闭度	群落平均高 /m	最大树高 /m	平均胸径 /cm	最大胸径 /cm
1	2 345	98° 42' 29" E, 25° 46' 33" N	0.90	8.80	29.09	19.36	70.40
2	2 370	98° 42' 26" E, 25° 46' 15" N	0.85	11.91	35.46	22.29	59.90
3	2 370	98° 42' 32" E, 25° 46' 20" N	0.85	9.17	35.12	18.71	157.61
4	2 479	98° 43' 44" E, 25° 39' 43" N	0.90	7.62	15.58	17.94	42.27
5	2 379	98° 42' 32" E, 25° 46' 23" N	0.85	9.77	37.24	18.24	132.00
6	2 420	98° 42' 34" E, 25° 46' 24" N	0.90	11.27	36.58	21.98	111.32
7	2 350	98° 42' 36" E, 25° 46' 24" N	0.85	9.63	35.20	20.44	100.25
8	2 410	98° 42' 33" E, 25° 46' 25" N	0.85	10.39	37.42	23.39	115.23

### 2.2 群落多样性

群落多样性的测度选用丰富度指数( $S$ )、物种多样性指数<sup>[8~10]</sup>,其计算公式为:

Patrick 丰富度指数( $P_a$ ):  $P_a = S$

Margalef 丰富度指数 ( $M_a$ ):  $M_a = (S - 1) / \ln N$

Shannon - Wiener 指数 ( $H'$ ):  $H' = - \sum P_i \ln P_i$

Simpson 指数 ( $D$ ):  $D = 1 - \sum P_i^2$

式中,  $P_i$  为种  $i$  的相对重要值;  $S$  为种  $i$  所在样地的物种总数, 即丰富度指数;  $N$  为所有物种个体总数;  $\sum P_i^2$  为优势度指数。

3 结果与分析

3.1 群落的组成结构特征

3.1.1 群落分层 群落的外貌是认识植物群落的基础, 也是区分不同植物类型的主要标志<sup>[11]</sup>, 大树杜鹃为常绿阔叶树种, 其所在群落属中山湿性常绿阔叶林类型, 为保存较好的原始林。群落的垂直结构, 主要是群落的分层现象<sup>[11]</sup>。大树杜鹃所在群落林分结构复杂, 林分中有不同高度的植物分布, 在层次划分时, 将不同高度的乔木幼苗划入实际所在的层中, 将生活在乔木不同部位的地衣、藻类、藤本及攀缘植物等层间植物归入相应的层中, 其群落层次可分为乔木上层、乔木下层、灌木层和草本层 4 层。

3.1.2 乔木层组成 大树杜鹃林乔木层树种共有 14 科, 23 属, 30 种。14 科分别为樟科 (Lauraceae)、杜鹃花科 (Ericaceae)、冬青科 (Aquifoliaceae)、五加科 (Araliaceae)、壳斗科 (Fagaceae)、槭树科 (Aceraceae)、芸香科 (Rutaceae)、山茶科 (Theaceae)、苦木科 (Simaroubaceae)、桑科 (Moraceae)、紫金牛科 (Myrsinaceae)、忍冬科 (Caprifoliaceae)、木犀科 (Oleaceae)、木兰科 (Magnoliaceae), 包括木姜子属 (*Litsea*)、新木姜子属 (*Neolitsea*)、杜鹃属 (*Rhododendron*)、冬青属 (*Ilex*)、梁王茶属 (*Nothopanax*)、常春木属 (*Merrilliopanax*)、青冈属 (*Cyclobalanopsis*)、柯属 (*Lithocarpus*)、槭属 (*Acer*)、茵芋属 (*Skimmia*)、桤木属 (*Eurya*)、苦树属 (*Picrasma*)、榕属 (*Ficus*)、润楠属 (*Machilus*)、木犀榄属 (*Olea*)、铁仔属 (*Myrsine*)、鹅掌柴属 (*Schefflera*)、莢蒾属 (*Viburnum*)、李榄属 (*Linociera*)、木莲属 (*Manglietia*)、含笑属 (*Michelia*)、木荷属 (*Schima*)、八角属 (*Illicium*)。

表 2 各样地乔木层植物组成数量  
Table 2 Species composition at tree layer of different sampling plots

项目	样地号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
科数/科	10	8	11	8	9	9	8	10
属数/属	13	9	13	11	11	12	10	12
种数/种	15	10	17	11	12	14	14	15
样地植株总数量/株	40	32	37	39	42	38	30	34

由 30 树种组成的乔木层中, 大树杜鹃、曼青冈 (*Cyclobalanopsis oxyodon*)、薄片青冈 (*C. lamellosa*)、剑叶木姜子 (*Litsea lancifolia*)、长梗润楠 (*Machilus longipedicellata*)、红色木莲 (*Manglietia insignis*)、尖齿木荷 (*Shima khasiana*)、针齿铁仔 (*Myrsine semiserrata*) 等处于乔木上层, 优势明显, 高度在 20 ~ 35 m, 平均层盖度在 60% ~ 75%。乔木下层主要由大树杜鹃、曼青冈、剑叶木姜子、薄片青冈、长梗润楠、红色木莲、尖齿木荷、针齿铁仔等树种的较小树及木姜子 (*L. pungens*)、金毛新木姜子 (*Neolitsea chrysotricha*)、滇润楠 (*M. yunnanensis*)、露珠杜鹃 (*Rh. irroratum*)、乔木茵芋 (*Skimmia arborescens*)、异株木犀榄 (*Olea dioica*)、掌叶梁王茶 (*Nothopanax delavayi*)、长梗常春木 (*Merrilliopanax listeri*)、瑞丽鹅掌柴 (*Schefflera shweliensis*)、森林榕 (*Ficus neriifolia*)、绣球莢蒾 (*Viburnum macrocephalum*)、青榨槭 (*Acer davidii*)、枝花李榄 (*Linociera ramiflora*)、南亚含笑 (*Michelia doltsopa*)、苦树 (*Picrasma quassioides*)、麻子壳柯 (*Lithocarpus variolosus*)、截果柯 (*L. truncatus*)、长尾冬青 (*Ilex longecaudata*)、黑果冬青 (*I. atrata*)、凹脉桤 (*Eurya impressinervis*)、怒江桤 (*Eu. tsaii*)、大花八角 (*Illicium macranthum*) 等组成。乔木下层高 8 ~ 20 m, 平均层盖度 30% ~ 50%, 多以 10 ~ 20 cm 粗的上层乔木树种为主, 由于种类多, 离地 2 ~ 25 m 的空间都有不同大小的同种植物个体存在。

3.1.3 灌木层组成 大树杜鹃所在群落灌木层共有 16 科、22 属、25 种植物。从表 3 来看, 各科属种具有一定的差别, 少的有 3 个科属种, 样地 2 和样地 7 较多。经整理得出, 样地内灌木层包括五加科、冬青科、紫金牛

科、芸香科、木兰科、樟科、壳斗科、茜草科( Rubiaceae )、瑞香科( Thymelaeaceae )、荨麻科、山矾科( Symplocaceae )、百合科( Liliaceae )、杜鹃花科、蔷薇科( Rosaceae )、木犀科、苦木科, 包括常春木属、冬青属、铁仔属、菝葜属( *Smilax* )、肖菝葜属( *Heterosmilax* )、茵芋属、山胡椒属( *Lindera* )、柯属、木姜子属、青冈属、瑞香属( *Daphne* )、八角属、山矾属( *Symplocos* )、杜鹃属、悬钩子属( *Rubus* )、滇丁香属( *Luculia* )、飞龙掌血属( *Toddalia* )、女贞属( *Ligustrum* )、梁王茶属、苦树属、苕麻属( *Boehmeria* )、润楠属。种包括长梗常春木、土茯苓( *Smilax glabra* )、滇丁香( *Luculia pinceana* )、黑果冬青、尾叶冬青( *I. wilsonii* )、飞龙掌血( *Toddalia asiatica* )、剑叶木姜子、小叶女贞( *Ligustrum quihoui* )、掌叶梁王茶、苦树、苕麻( *Boehmeria nivea* )、滇西北悬钩子( *Rubus treutleri* )、山矾( *Symplocos sumuntia* )、针齿铁仔、露珠杜鹃( *Rh. irroratum* )、长梗润楠、大乌泡( *Rubus multibracteatus* )、华肖菝葜( *Heterosmilax chinensis* )、大花八角、长托菝葜( *Smilax ferox* )、乔木茵芋、山鸡椒( *L. cubeba* )、硬壳柯( *L. hancei* )、薄片青冈、白瑞香( *Daphne papyracea* )等。灌木层高 2~3 m, 层盖度 30%~50%, 由乔木层树种的幼苗、幼树为主构成。

表 3 各样地灌木层植物组成数量  
Table 3 Species composition at shrub layer of different sampling plots

项目	样地号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
科数/科	5	7	7	3	6	5	8	4
属数/属	5	8	7	3	6	6	11	4
种数/种	5	9	7	3	6	6	11	4
样方植株总数量/株	20	25	34	11	19	24	26	12

3.1.4 草本层组成 从表 4 来看, 各样地科属种均一致, 其中以样地 4 科属种最少, 仅为 4 种, 以样地 2 最多, 为 13 种。草本层盖度在 20%~30%, 在沟谷则为 50%~60%。草本层包括乌毛蕨科( Blechnaceae )、瘤足蕨科( Plagiogyriaceae )、蹄盖蕨科( Athyriaceae )、胡椒科( Piperaceae )、百合科、天南星科( Araceae )、兰科( Orchidaceae )、莎草科( Cyperaceae )、荨麻科、爵床科( Acanthaceae )、阴地蕨科( Botrychiaceae )、廖科( Polygonaceae )、豆科( Leguminosae )、姜科( Zingiberaceae ) 14 科 21 属, 由乌毛蕨( *Blechnum orientale* )、粗齿冷水花( *Pilea sinofasciata* )、爵床( *Rostellularia procumbens* )、阴地蕨( *Botrychium ternatum* )、山蓼( *Oxyria digyna* )、艳山姜( *Alpinia zerumbet* )、雾水葛( *Pouzolzia zeylanica* )、剑叶虾脊兰( *Calanthe davidii* )、春兰( *Cymbidium goeringii* )、羊齿天门冬( *Asparagus filicinus* )、野芋( *Colocasia antiquorum* )、浆果藁草( *Carex baccans* )、金凤花( *Impatiens cyathiflora* )、鹿药( *Smilacina japonica* )、大叶瘤足蕨( *Plagiogyria gigantea* )、橙花开口箭( *Tupistra aurantiaca* )、钝叶楼梯草( *Elatostema obtusum* )、双耳南星( *Arisaema bauriculatum* )、美丽短肠蕨( *Allantodia bella* )、七叶一枝花( *Paris polyphylla* )、豆瓣绿( *Peperomia tetraphylla* ) 21 种组成。

表 4 各样地草本层植物组成数量  
Table 4 Species composition at herb layer of different sampling plots

项目	样地号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
科数/科	7	10	7	3	4	6	5	8
属数/属	7	12	7	4	5	7	6	9
种数/种	7	13	8	4	5	7	6	9
样地植株总数量/株	73	150	66	14	47	54	42	44

### 3.2 群落多样性特征

3.2.1 物种丰富度 大树杜鹃群落各样地乔木层、灌木层和草本层物种丰富度各为 10~17、3~11、4~13。各样地各层次物种丰富度具有一定的差异, 这是由样地坡度、土壤等差异造成的。总体上乔木层物种丰富度较灌木层和草本层高(图 1), 呈现出乔木层物种丰富度降低, 灌木层和草本层物种丰富度增加, 反之, 乔木层物种丰富度增加, 灌木层和草本层物种丰富度降低。主要是乔木层物种丰富度降低, 下层物种的光照和营养空间增加所致。

3.2.2 Shannon-Wiener 指数 从图 2 可知, 大树杜鹃群落 8 个样方 Shannon-Wiener 指数乔木层为 0.844~0.939, 灌木层为 0.593~0.943, 草本层为 0.743~0.901; 8 个样地乔木层的 Shannon-Wiener 指数起伏不大, 而灌木层样地 5 则显著降低, 主要是由于该样地灌木层虽然有 9 种, 但主要以长梗常春木为主。Shannon-Wiener 指数总体

上为乔木层大于灌木层和草本层。

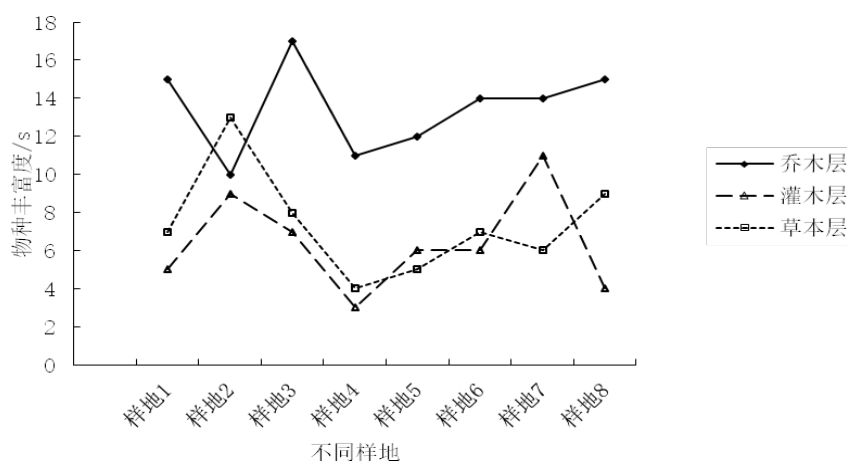


图 1 各样地物种丰富度变化

Figure 1 Species richness in different sample plots

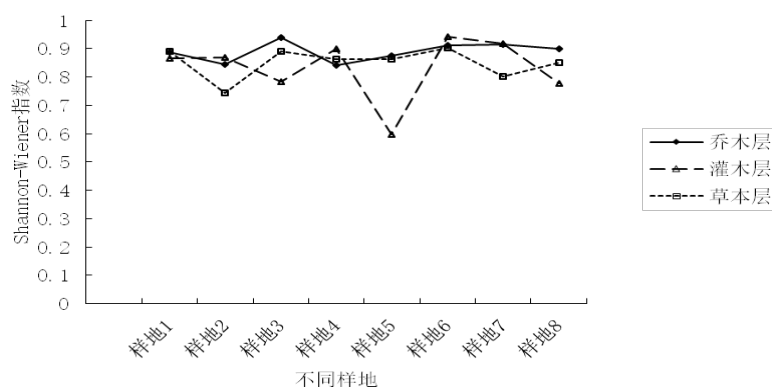


图 2 各样地 Shannon - Wiener 指数变化

Figure 2 Shannon-Wiener index in different sample plots

3.2.3 Simpson 多样性指数 由图 3 可知, 大树杜鹃群落 8 个样方 Simpson 多样性指数乔木层为 0.834 ~ 0.944, 灌木层为 0.543 ~ 0.905, 草本层为 0.714 ~ 0.835, Simpson 多样性指数总体上为乔木层大于灌木层和草本层。除灌木层外, 乔木层和草本层的 Simpson 多样性指数变化平稳, 且处于较高水平, 说明各物种优势度低, 多样性高, 大树杜鹃群落物种丰富度和多样性维持在一个较高水平, 说明群落的稳定性较高。

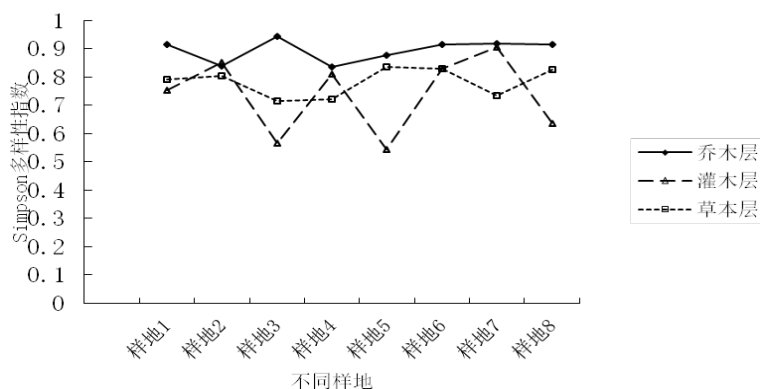


图 3 各样地 Simpson 多样性指数

Figure 3 Simpson index in different sample plots

3.2.4 Margalef 多样性指数 大树杜鹃群落 Margalef 多样性指数乔木层为 21.043 ~ 22.803, 灌木层为 16.706 ~ 24.967, 草本层为 10.096 ~ 19.195, 表明大树杜鹃群落多样性在各个层次均较高, 但总体上乔木层较灌木层和草本层高, 8 个样方的乔木层 Margalef 多样性指数变化不大。

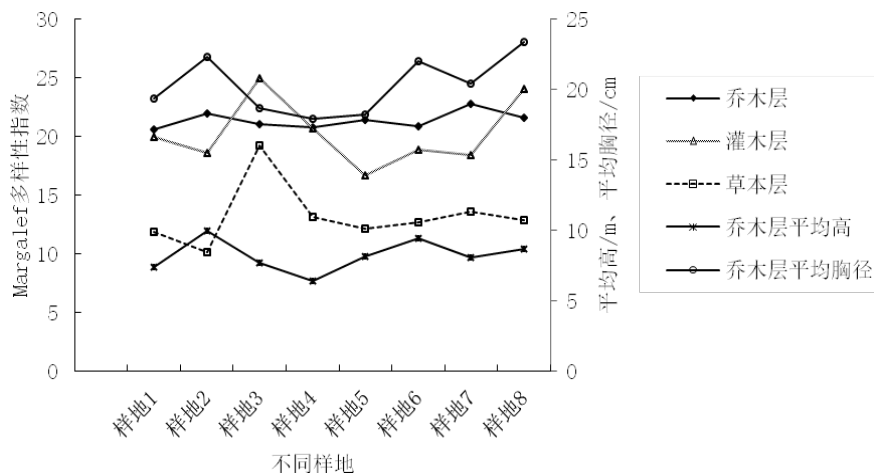


图 4 各样地 Margalef 多样性指数图

Figure 4 Margalef index in different sample plots

从图 4 可看出, 乔木层平均高、平均胸径的大小基本与 Margalef 多样性指数变化是一致的, 也就是说, 随着乔木层平均高、平均胸径的升高, Margalef 多样性指数随着升高, 在乔木层平均高、平均胸径达到一定数值时, Margalef 多样性指数呈下降趋势。

## 4 结论与讨论

(1) 大树杜鹃为常绿阔叶林, 群落处中山湿性常绿阔叶林区, 为未经破坏的原始林分, 其林分层次结构复杂, 不同高度的植物均有分布。从层次上来说, 大树杜鹃所在群落大致可分为 4 层, 包括乔木上层、乔木下层、灌木层和草本层。种类组成是区别不同群落的首要特征, 一个群落中种类成分的多少及每种个体的数量, 是度量群落多样性的基础<sup>[11]</sup>。从 8 个样地调查数据整理来看, 大树杜鹃林乔木层植物共有 14 科, 23 属, 30 种; 灌木层共有植物 16 科, 22 属, 25 种; 草本层共有植物 14 科, 21 属, 21 种。

(2) 一个群落或生态系统的多样性是其组织结构水平的一定反映, 并且常常与系统的复杂性和稳定性相联系, 通过群落物种多样性指数的测度, 可以描述出群落的变化、观察群落对环境的反应和群落的特性, 认识群落的结构和功能, 发现控制群落组成和结构的一般规律<sup>[12]</sup>。物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映, 是衡量生物群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性关键指标<sup>[13~14]</sup>, 也是指示群落演替进程中的一个重要参量<sup>[15]</sup>。大树杜鹃所在群落多样性较高, 从群落不同层次的 Shannon - Wiener 指数、Simpson 多样性指数、Margalef 多样性指数来看, 其多样性为乔木层 > 灌木层、草本层, 灌木层和草本层之间则互有交叉, 其原因主要是乔木层郁闭度较高, 林下光照低, 在一定程度上影响了灌木的数量和分布。

(3) 乔木层平均高、平均胸径的变化与 Margalef 多样性指数变化是一致的, 随着乔木层平均高、平均胸径的升高, Margalef 多样性指数不断升高, 在乔木层平均高、平均胸径达到一定数值时, Margalef 多样性指数不再上升而呈下降趋势。说明林分平均高、平均胸径达到一定数值后, 树种之间相互影响增加, 加之植物内存在的自然稀疏法则, 影响到树种的数量和分布, 并制约群落多样性指数的增加。

## 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 57 卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 50–51.
- [2] 李贵祥, 柴勇, 邵金平, 等. 大树杜鹃种群空间分布及生命表分析[J]. 森林与环境学报, 2016, 36 (3): 332–336.
- [3] 张长芹, 冯宝钧, 吕元林, 等. 大树杜鹃 *Rhododendron protistum* var. *giganteum* 和蓝果杜鹃 *Rhododendron cyanocarpum* 的濒危原因研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13 (3): 276–278.
- [4] 刀志灵, 郭辉军. 高黎贡山地区杜鹃花科特有植物[J]. 植物分类与资源学报, 1999, (增刊): 16–23.
- [5] 韩联宪. 大树杜鹃的故事——解读高黎贡山(三)[J]. 人与生物圈, 2001 (4): 40–43.
- [6] 西南林学院. 高黎贡山国家级自然保护区[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [7] 和丽萍, 李贵祥, 孟广涛, 等. 高黎贡山不同森林类型土壤肥力状况研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22 (6): 116–121.
- [8] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II: 丰富度、均匀度、和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15 (3): 268–277.
- [9] 谭毓佳, 袁留斌, 陈德良, 等. 浙江凤阳山—百山祖国家级自然保护区植物群落 ALPHA 多样性特征[J]. 浙江林业科技, 2014, 24 (3): 8–13.
- [10] 李贵祥, 施海静, 孟广涛, 等. 云南松原始林群落结构特征及物种多样性分析[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (4): 396–400.
- [11] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [12] 臧润国, 成克武, 李俊清, 等. 天然林生物多样性保育与恢复[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
- [13] 茹文明, 张金屯, 毕润成, 等. 山西霍山森林群落林下物种多样性研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24 (10): 1 139–1 142.
- [14] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 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, 1995, 15 (3): 268–277.
- [15] 喻武, 万丹, 汪书丽, 等. 藏东南泥石流沉积区植物群落结构和物种多样性特征[J]. 山地学报, 2013, 31 (1): 120–126.