植物资源与环境学报，2025，**34**(1)：52-60
*Journal of Plant Resources and Environment*

# 中国特有植物泰顺杜鹃所处群落特征与物种多样性分析

王冠舜[1]，刘　西[2]，张沛然[3]，何　芳[3]，段雨豪[1]，潘向东[2]，雷祖培[2]，金孝锋[1,①]
（1. 浙江农林大学林业与生物技术学院，浙江 杭州 311300；2. 浙江乌岩岭国家级自然保护区管理中心，浙江 温州 325500；
3. 杭州师范大学生命与环境科学学院，浙江 杭州 311121）

**摘要：**为了解中国特有植物泰顺杜鹃(*Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang)所处群落的结构和物种多样性特征以及更好地保护该物种，在其分布区浙江温州市和福建宁德市设立9个面积20 m×20 m的样地并进行群落学调查，分析了泰顺杜鹃所处群落物种组成、群落类型和物种多样性。结果表明：泰顺杜鹃所处群落植物种类丰富，9个样地共有63科107属182种（含种下等级，下同），其中高位芽植物139种（占比76.4%）、地下芽植物28种（占比15.4%）、地上芽植物10种（占比5.5%）、地面芽植物3种（占比1.6%）、一年生植物2种（占比1.1%）。基于群落乔木层种类重要值的聚类分析结果显示：泰顺杜鹃所处群落可分为甜槠林〔Form. *Castanopsis eyrei*（Champ. ex Benth.）Tutcher〕、木荷林（Form. *Schima superba* Gardner et Champ.）、杉木林〔Form. *Cunninghamia lanceolata*（Lamb.）Hook.〕、短尾柯林〔Form. *Lithocarpus brevicaudatus*（Skan）Hayata〕和细柄蕈树林（Form. *Altingia gracilipes* Hemsl.）。在9个样地中，泰顺杜鹃所处群落灌木层的各物种多样性指数总体高于乔木层和草本层。综合来看，泰顺杜鹃所处群落主要为常绿阔叶林或暖性针叶林，具有明显的中亚热带群落特性，但群落尚处不稳定阶段，应开展保护措施以维持群落的稳定性。

**关键词：**泰顺杜鹃；物种组成；生活型；群落类型；物种多样性

**中图分类号：**Q948.15；S718.54　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1674-7895(2025)01-0052-09
DOI：10.3969/j.issn.1674-7895.2025.01.06

**Analyses on characteristics and species diversity of Chinese endemic species *Rhododendron taishunense* located communities**

WANG Guanshun[1], LIU Xi[2], ZHANG Peiran[3], HE Fang[3], DUAN Yuhao[1], PAN Xiangdong[2], LEI Zupei[2], JIN Xiaofeng[1,①] (1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China; 2. Administration of Zhejiang Wuyanling National Nature Reserve, Wenzhou 325500, China; 3. College of Life and Environmental Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2025, **34**(1): 52-60

**Abstract:** To understand the structure and species diversity characteristics of Chinese endemic species *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang located communities and better protect this species, nine sampled plots with an area of 20 m×20 m each were established in its distribution areas of Wenzhou City in Zhejiang Province and Ningde City in Fujian Province and a community survey was conducted, and the species composition, community types, and species diversity of *R. taishunense* located communities were analyzed. The results show that the *R. taishunense* located communities are rich in plant species, and there are a total of 182 species (including infraspecies, the same below) belonging to 107 genera of 63 families in the nine plots, among which, there are 139 phanerophytes (accounting for 76.4%), 28 geophytes (accounting for 15.4%), 10 chamaephytes (accounting for 5.5%), 3 hemicryptophytes (accounting for 1.6%), and 2 therophytes (accounting for 1.1%). The cluster

**收稿日期：**2024-09-01
**基金项目：**浙江省林业局财政计划小种群抢救保护项目(2021—2025)
**作者简介：**王冠舜(2000—)，男，浙江龙游人，硕士研究生，主要从事植物资源保护与利用方面的研究。
①通信作者 E-mail：docxfjin@163.com
**引用格式：**王冠舜，刘　西，张沛然，等. 中国特有植物泰顺杜鹃所处群落特征与物种多样性分析[J]. 植物资源与环境学报，2025，34(1)：52-60.

analysis result based on the importance values of species in the tree layer of communities shows that the *R. taishunense* located communities can be divided into Form. *Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutcher, Form. *Schima superba* Gardner et Champ., Form. *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., Form. *Lithocarpus brevicaudatus* (Skan) Hayata, and Form. *Altingia gracilipes* Hemsl. Among the nine plots, the species diversity indices of the shrub layer in the *R. taishunense* located communities are generally higher than those of the tree layer and herb layer. Overall, the *R. taishunense* located communities are mainly evergreen broad-leaved forest or warm coniferous forest, which have evident mid-subtropical community characteristics, but these communities are still in an unstable stage, and protective measures should be implemented to maintain the community stability.

**Key words**: *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang; species composition; life form; community type; species diversity

泰顺杜鹃(*Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang)为杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃花属(*Rhododendron* Linn.)常绿灌木或小乔木,目前仅产于浙江省温州市泰顺县、福建省宁德市柘荣县和蕉城区,多分布于海拔 400~600 m 山坡上的常绿-落叶阔叶混交林中[1]。泰顺杜鹃因花大、花期明显早于近似种而备受关注,但其分布范围较为狭小,加之被过度采挖和生境遭到破坏,导致其数量减少,现已被列为浙江省重点保护野生植物[2]。

迄今为止,国内有关泰顺杜鹃的研究较少,主要集中在繁殖技术和光合特性方面。雷祖培等[3]研究了不同种类生根粉、不同浸泡时长以及不同年龄和长度的插穗对泰顺杜鹃扦插效果的影响。宋绪忠等[4]对 2 种光照条件下鹿角杜鹃(*Rhododendron latoucheae* Franch.)与泰顺杜鹃的光合特性日变化进行了比较,认为鹿角杜鹃的叶绿素相对含量高于泰顺杜鹃,夏季泰顺杜鹃可能需要适当遮光。

植物群落指的是在特定空间和时间范围内,不同物种种群的集合体,其由群落内各物种种群之间以及种群与环境之间相互作用和相互制约形成,反映了物种适应共同生存环境的成果,而群落的分类、物种组成、多样性等是群落生态学的重要研究内容[5-7]。植物群落的分类在一定程度上有助于揭示植物群落类型的形成、演替过程及其与环境之间的关联,而群落物种组成分析能为群落类型划分奠定基础,通过群落物种组成的研究能进一步研究群落的生态过程、生态功能形成,从而为植被的恢复与重建、森林的经营与管理以及生物多样性保护等提供科学理论依据[8]。物种 α 多样性主要反映了局域群落的物种多样性,是体现群落组成结构和稳定性的重要指标,其不仅能揭示群落与环境的互动关系,还能反映群落的发展阶段、更新状况及生境条件等特征[9-10]。目前,泰顺杜鹃群落方面的研究还未见报道。为更好地了解泰顺杜鹃所处群落的现状和濒危原因,对泰顺杜鹃所处群落的物种组成、类型及物种多样性进行了分析,旨在为泰顺杜鹃的资源保护及可持续利用提供参考资料。

## 1　研究地概况和研究方法

### 1.1　研究地概况

浙江省温州市泰顺县(北纬 27°17′~27°50′、东经 119°17′~120°15′)属中亚热带海洋性季风气候,年平均气温 16.1 ℃,无霜期 242 d,年平均降水量 1 980.6 mm,全县土壤类型主要为红壤和黄壤,此外还有紫色土、潮土和水稻土[11]。

福建省宁德市柘荣县(北纬 27°05′~27°20′、东经 119°24′~120°03′)同属中亚热带海洋性季风气候,年平均气温 15.5 ℃,无霜期 240 d,年平均降水量 1 600~2 400 mm,全县土壤类型主要为红壤和黄壤[12]。

福建省宁德市蕉城区(北纬 26°31′~26°58′、东经 119°08′~119°51′)同属中亚热带海洋性季风气候,年平均气温 13.8~19.1 ℃,无霜期约 312 d,年平均降水量 1 600~1 800 mm,全区土壤类型主要为红壤、黄壤和紫色土等[13]。

### 1.2　野外调查

根据泰顺杜鹃的分布情况,共设置 9 个面积 20 m×20 m的样地,各样地概况见表 1。将每个样地划分为 16 个面积 5 m×5 m 的样方,在各样方内对乔木层胸径大于或等于 3 cm 的木本植物个体以及全部泰顺杜鹃个体进行每木调查,记录每个个体的物种名、胸径、树高和冠幅等,其中乔木层的林冠层和亚层

表1 泰顺杜鹃样地概况

Table 1 General conditions of the sampled plots of *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang

| 样地编号 No. of sampled plot | 地点 Location | 纬度 Latitude | 经度 Longitude | 海拔/m Altitude | 坡度/(°) Slope | 坡向 Slope aspect | 郁闭度 Canopy density | 岩石裸露率/% Rock exposure rate |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 浙江省温州市 Wenzhou City, Zhejiang Province | | | | | | | |
| Q1 | 泰顺县罗阳镇道均垟村 Daojunyang Village, Luoyang Town, Taishun County | N27°37′58″ | E119°41′07″ | 739 | 50 | 东北 Northeast | 0.85 | 1 |
| Q2 | 泰顺县罗阳镇竹家山 Zhujia Mountain, Luoyang Town, Taishun County | N27°35′21″ | E119°43′01″ | 625 | 36 | 西北 Northwest | 0.90 | 10 |
| Q3 | 泰顺县罗阳镇后院坪 Houyuanping, Luoyang Town, Taishun County | N27°30′31″ | E119°51′33″ | 565 | 23 | 东北 Northeast | 0.85 | 15 |
| Q4 | 泰顺县垟溪乡黄连山村 Huanglianshan Village, Yangxi Township, Taishun County | N27°22′46″ | E119°46′41″ | 724 | 32 | 东南 Southeast | 0.88 | 10 |
| Q5 | 泰顺县垟溪乡前洋 Qianyang, Yangxi Township, Taishun County | N27°21′31″ | E119°45′43″ | 774 | 15 | 西南 Southwest | 0.70 | 4 |
| Q6 | 泰顺县垟溪乡岩坑 Yankeng, Yangxi Township, Taishun County | N27°23′04″ | E119°45′10″ | 386 | 39 | 西北 Northwest | 0.90 | 3 |
| Q7 | 泰顺县司前畲族镇叶山村 Yeshan Village, Siqian She Town, Taishun County | N27°41′53″ | E119°42′47″ | 509 | 42 | 西 West | 0.78 | 35 |
| | 福建省宁德市 Ningde City, Fujian Province | | | | | | | |
| Q8 | 柘荣县黄柏乡山后村 Shanhou Village, Huangbai Township, Zherong County | N27°08′17″ | E119°45′56″ | 482 | 56 | 东 East | 0.78 | 15 |
| Q9 | 蕉城区虎贝镇旧厝村 Jiucuo Village, Hubei Town, Jiaocheng District | N26°47′12″ | E119°18′46″ | 900 | 62 | 西北 Northwest | 0.90 | 20 |

根据群落高度以及群落生态外貌划分。利用相邻格子法,在相间隔的8个面积5 m×5 m样方的左上角设置1个面积2 m×2 m的灌木层小样方,并嵌套1个面积1 m×1 m的草本层小样方,分别对灌木层和草本层开展调查,将胸径小于3 cm的木本植物个体归为灌木层,草本植物归为草本层,记录灌木层和草本层小样方内每个物种的名称、个体数量和高度,测量并记录其于灌木层小样方和草本层小样方内的盖度[14]。

### 1.3 数据处理和分析

1.3.1 *植物生活型划分* 按照Raunkiaer生活型分类系统[15],对各样地植物的生活型进行统计。

1.3.2 *重要值计算* 重要值(IV)是群落中不同层次优势种及群落类型的判断依据[16-18]。参考文献[17-18]计算IV值,其中,乔木层物种IV值的计算公式为IV=(RP+RA+RF)/3,灌木层和草本层物种IV值的计算公式为IV=(RA+RF+RC)/3。式中,RP表示相对显著度,RA表示相对多度,RF表示相对频度,RC表示相对盖度。

1.3.3 *群落分类* 利用R 4.3.2软件和EXCEL 2016软件,选用Bray-Curtis距离,采用组间连接法,根据各样地乔木层物种的重要值作为数量分类的分析对象,对泰顺杜鹃所处群落进行系统聚类分析[19]。

1.3.4 *物种多样性指数* $\alpha$多样性分别采用Simpson指数($D$)、Shannon-Wiener指数($H'$)、Pielou均匀度指数($J$)和Margalef丰富度指数($R$)表示,计算方法参考文献[20]。

## 2 结果和分析

### 2.1 群落物种组成

调查结果显示:泰顺杜鹃所处群落共有植物63科107属182种(含种下等级,下同)。其中蕨类植物9科13属15种,裸子植物2科3属3种,被子植物52科91属164种。

从物种生活型组成(表2)看,泰顺杜鹃所处群落

表2 泰顺杜鹃所处群落物种生活型的统计结果

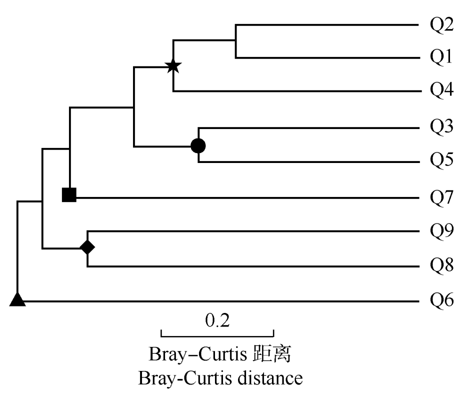
Table 2 Statistical result of life form of species in the *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang located communities

| 生活型 Life form | 种数 Number of species | 占比/% Percentage |
|---|---|---|
| 高位芽植物 Phanerophyte | 139 | 76.4 |
| 中型高位芽植物 Mesophanerophyte | 11 | 6.0 |
| 小型高位芽植物 Microphanerophyte | 72 | 39.6 |
| 矮小型高位芽植物 Nanophanerophyte | 56 | 30.8 |
| 地上芽植物 Chamaephyte | 10 | 5.5 |
| 地面芽植物 Hemicryptophyte | 3 | 1.6 |
| 地下芽植物 Geophyte | 28 | 15.4 |
| 一年生植物 Therophyte | 2 | 1.1 |
| 合计 Total | 182 | 100.0 |

中高位芽植物种类占比最大，有 139 种，占总种数的 76.4%；地上芽植物有 10 种，占总种数的 5.5%；地下芽植物有 28 种，占总种数的 15.4%；地面芽植物和一年生植物种类很少。高位芽植物中，小型高位芽植物种类最多，占总种数的 39.6%；其次是矮小型高位芽植物，占总种数的 30.8%；中型高位芽植物种类较少，仅占总种数的 6.0%。说明小型高位芽植物和矮小型高位芽植物是泰顺杜鹃所处群落的主要生活型（二者占比为 70.4%），决定着泰顺杜鹃所处群落的外貌特征。

### 2.2　群落类型划分

根据 9 个泰顺杜鹃样地乔木层物种重要值的聚类结果划分泰顺杜鹃所处群落的类型。结果（图 1）显示：9 个泰顺杜鹃样地划分为 5 个群落类型，即甜槠林〔Form. *Castanopsis eyrei* （Champ. ex Benth.） Tutcher〕，包括浙江省温州市的泰顺县罗阳镇道均垟村（Q1）、泰顺县罗阳镇竹家山（Q2）和泰顺县垟溪乡黄连山村（Q4）样地；木荷林（Form. *Schima superba* Gardner et Champ.），包括浙江省温州市的泰顺县罗阳镇后院坪（Q3）和泰顺县垟溪乡前洋（Q5）样地；杉木林〔Form. *Cunninghamia lanceolata* （Lamb.） Hook.〕，包括福建省宁德市的柘荣县黄柏乡山后村（Q8）和蕉城区虎贝镇旧厝村（Q9）样地；短尾柯林〔Form. *Lithocarpus brevicaudatus* （Skan） Hayata〕，包括浙江省温州市泰顺县垟溪乡岩坑（Q6）样地；细柄蕈树林（Form. *Altingia gracilipes* Hemsl.），包括浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村（Q7）样地。各样地各层次的优势种重要值见表 3。




★：甜槠林 Form. *Castanopsis eyrei*（Champ. ex Benth.）Tutcher；●：木荷林 Form. *Schima superba* Gardner et Champ.；■：细柄蕈树林 Form. *Altingia gracilipes* Hemsl.；◆：杉木林 Form. *Cunninghamia lanceolata*（Lamb.）Hook.；▲：短尾柯林 Form. *Lithocarpus brevicaudatus*（Skan）Hayata.

Q1：浙江省温州市泰顺县罗阳镇道均垟村 Daojunyang Village, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q2：浙江省温州市泰顺县罗阳镇竹家山 Zhujia Mountain, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q3：浙江省温州市泰顺县罗阳镇后院坪 Houyuanping, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q4：浙江省温州市泰顺县垟溪乡黄连山村 Huanglianshan Village, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q5：浙江省温州市泰顺县垟溪乡前洋 Qianyang, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q6：浙江省温州市泰顺县垟溪乡岩坑 Yankeng, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q7：浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村 Yeshan Village, Siqian She Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province；Q8：福建省宁德市柘荣县黄柏乡山后村 Shanhou Village, Huangbai Township, Zherong County, Ningde City, Fujian Province；Q9：福建省宁德市蕉城区虎贝镇旧厝村 Jiucuo Village, Hubei Town, Jiaocheng District, Ningde City, Fujian Province.

**图 1　9 个泰顺杜鹃样地聚类分析图**

**Fig. 1　Dendrogram for cluster analysis on nine sampled plots of *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang**

#### 2.2.1　甜槠林

该类型群落乔木层林冠层高度为 15.0~17.0 m，优势种为甜槠，常见物种有木荷、野漆〔*Toxicodendron succedaneum* （Linn.） Kuntze〕和树参〔*Dendropanax dentiger* （Harms） Merr.〕等；乔木层亚层高度为 6.0~9.0 m，除了优势种甜槠外，常见物种有柯〔*Lithocarpus glaber* （Thunb.） Nakai〕、马银花〔*Rhododendron ovatum* （Lindl.） Planch. ex Maxim.〕和紫果槭（*Acer cordatum* Pax）等。甜槠在 Q1、Q2 和 Q4 样地乔木层中的重要值分别为 28.9%、32.5% 和 20.5%；泰顺杜鹃在乔木层中有分布，在 Q1、Q2 和 Q4 样地中的重要值分别为 13.2%、15.1% 和 14.5%。灌木层高度为 1.5~4.0 m，优势种有泰顺杜鹃和乌药〔*Lindera aggregata* （Sims） Kosterm.〕，Q1、Q2 和 Q4 样地中泰顺杜鹃的重要值分别为 14.0%、23.1% 和 23.5%，灌木层的常见物种有黄杞（*Engelhardia roxburghiana* Wall.）、毛枝连蕊茶〔*Camellia trichoclada* （Rehder） Chien〕和峨眉鼠刺（*Itea omeiensis* C. K. Schneid.）等。草本层优势种有狗脊〔*Woodwardia japonica* （Linn. f.） Sm.〕、截鳞薹草（*Carex truncatigluma* C. B. Clarke）和美丽复叶耳蕨〔*Arachniodes amoena* （Ching） Ching〕，常见物种有里白〔*Diplopterygium glaucum* （Thunb. ex Houtt.） Nakai〕和黑莎草（*Gahnia tristis* Nees）等。层间植物有倒卵叶野木瓜（*Stauntonia obovata* Hemsl.）、尾叶那藤〔*Stauntonia obovatifoliola* subsp. *urophylla* （Hand.-Mazz.） H. N. Qin〕和缘脉菝葜（*Smilax nervomarginata* Hayata）等。

#### 2.2.2　木荷林

该类型群落乔木层林冠层高度为

表3 不同样地泰顺杜鹃所处群落各层次优势种的重要值(IV)

Table 3 Importance value (IV) of dominant species in each layer of the *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang located communities in different sampled plots

| Q1) | 乔木层 Tree layer | | 灌木层 Shrub layer | | 草本层 Herb layer | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 优势种 Dominant species | IV/% | 优势种 Dominant species | IV/% | 优势种 Dominant species | IV/% |
| Q1 | 甜槠 *Castanopsis eyrei* | 28.9 | 泰顺杜鹃 *Rhododendron taishunense* | 14.0 | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 34.5 |
| | | | | | 截鳞薹草 *Carex truncatigluma* | 23.8 |
| Q2 | 甜槠 *Castanopsis eyrei* | 32.5 | 泰顺杜鹃 *Rhododendron taishunense* | 23.1 | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 51.9 |
| | | | 乌药 *Lindera aggregata* | 14.9 | | |
| Q3 | 木荷 *Schima superba* | 25.0 | 窄基红褐柃 *Eurya rubiginosa* var. *attenuata* | 8.3 | 美丽复叶耳蕨 *Arachniodes amoena* | 23.6 |
| | | | | | 里白 *Diplopterygium glaucum* | 22.2 |
| Q4 | 甜槠 *Castanopsis eyrei* | 20.5 | 泰顺杜鹃 *Rhododendron taishunense* | 23.5 | 美丽复叶耳蕨 *Arachniodes amoena* | 37.3 |
| | | | | | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 26.2 |
| Q5 | 木荷 *Schima superba* | 34.1 | 海棠 *Malus spectabilis* | 13.3 | 芒萁 *Dicranopteris pedata* | 43.7 |
| | | | 木荷 *Schima superba* | 12.4 | | |
| Q6 | 短尾柯 *Lithocarpus brevicaudatus* | 22.8 | 泰顺杜鹃 *Rhododendron taishunense* | 12.9 | 芒萁 *Dicranopteris pedata* | 36.3 |
| | | | 短尾柯 *Lithocarpus brevicaudatus* | 11.7 | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 23.2 |
| Q7 | 细柄蕈树 *Altingia gracilipes* | 41.0 | 密花树 *Myrsine seguinii* | 9.9 | 芒萁 *Dicranopteris pedata* | 27.6 |
| Q8 | 杉木 *Cunninghamia lanceolata* | 26.3 | 峨眉鼠刺 *Itea omeiensis* | 10.5 | 深绿卷柏 *Selaginella doederleinii* | 31.0 |
| | | | | | 里白 *Diplopterygium glaucum* | 25.9 |
| | | | | | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 23.6 |
| Q9 | 杉木 *Cunninghamia lanceolata* | 13.0 | 乌药 *Lindera aggregata* | 13.4 | 芒萁 *Dicranopteris pedata* | 38.4 |
| | 泰顺杜鹃 *Rhododendron taishunense* | 10.8 | | | 狗脊 *Woodwardia japonica* | 27.2 |

1) Q: 样地编号 No. of sampled plot; Q1: 浙江省温州市泰顺县罗阳镇道均垟村 Daojunyang Village, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q2: 浙江省温州市泰顺县罗阳镇竹家山 Zhujia Mountain, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q3: 浙江省温州市泰顺县罗阳镇后院坪 Houyuanping, Luoyang Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q4: 浙江省温州市泰顺县垟溪乡黄连山村 Huanglianshan Village, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q5: 浙江省温州市泰顺县垟溪乡前洋 Qianyang, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q6: 浙江省温州市泰顺县垟溪乡岩坑 Yankeng, Yangxi Township, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q7: 浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村 Yeshan Village, Siqian She Town, Taishun County, Wenzhou City, Zhejiang Province; Q8: 福建省宁德市柘荣县黄柏乡山后村 Shanhou Village, Huangbai Township, Zherong County, Ningde City, Fujian Province; Q9: 福建省宁德市蕉城区虎贝镇旧厝村 Jiucuo Village, Hubei Town, Jiaocheng District, Ningde City, Fujian Province.

18.0~22.0 m,优势种为木荷,常见物种有马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、甜槠和青冈(*Quercus glauca* Thunb.)等;乔木层亚层高度为9.0~12.0 m,除了优势种木荷外,常见物种有格药柃(*Eurya muricata* Dunn)、檵木〔*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.〕和马银花等。木荷在Q3和Q5样地乔木层中的重要值分别为25.0%和34.1%;泰顺杜鹃在乔木层中有分布,在Q3和Q5样地中的重要值分别为11.9%和1.6%。灌木层高度在3.0 m左右,优势种有窄基红褐柃(*Eurya rubiginosa* var. *attenuata* H. T. Chang)、海棠〔*Malus spectabilis* (Aiton) Borkh.〕和木荷,群落常见物种有乌药、丁香杜鹃(*Rhododendron farrerae* Sweet)、杜鹃(*Rhododendron simsii* Planch.)和短尾越橘(*Vaccinium carlesii* Dunn)等,泰顺杜鹃在Q5样地的灌木层中缺失,仅在Q3样地的灌木层有分布,重要值为3.4%。草本层中优势种有美丽复叶耳蕨、里白和芒萁〔*Dicranopteris pedata* (Houtt.) Nakaike〕,常见物种有狗脊、五节芒〔*Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. et Lauterb.〕和如意草(*Viola arcuata* Blume)等。层间植物有香港黄檀(*Dalbergia millettii* Benth.)、小果菝葜(*Smilax davidiana* A. DC.)和缘脉菝葜等。

2.2.3 杉木林 该类型群落乔木层林冠层高度为18.0~24.0 m,优势种为杉木,常见物种有马尾松、红楠(*Machilus thunbergii* Siebold et Zucc.)和野漆等;乔木层亚层高度为5.0~9.0 m,优势种仍为杉木,其中Q9样地中泰顺杜鹃在该层次中也为优势种,常见物种有黄杞、大萼杨桐〔*Adinandra glischroloma* var. *macrosepala* (F. P. Metcalf) Kobuski〕和峨眉鼠刺等。杉木在Q8和Q9样地乔木层中的重要值分别为26.3%和13.0%,泰顺杜鹃在Q8和Q9样地乔木层中的重要值分别为1.8%和10.8%。灌木层高度为0.6~3.0 m,优势种有峨眉鼠刺和乌药,常见物种有油茶(*Camellia oleifera* Abel)、密花树(*Myrsine seguinii* H.

Lév.）、石斑木〔*Rhaphiolepis indica*（Linn.）Lindl.〕和毛冬青（*Ilex pubescens* Hook. et Arn.）等，泰顺杜鹃在 Q8 和 Q9 样地的灌木层中缺失。草本层优势种有深绿卷柏（*Selaginella doederleinii* Hieron.）、里白、芒萁和狗脊，常见物种有乌蕨（*Odontosoria chinensis* J. Sm.）、迷人鳞毛蕨〔*Dryopteris decipiens*（Hook.）Kuntze〕和淡竹叶（*Lophatherum gracile* Brongn.）等。层间植物有密齿酸藤子（*Embelia vestita* Roxb.）、香港黄檀、菝葜（*Smilax china* Linn.）和缘脉菝葜等。

2.2.4　*短尾柯林*　该类型群落乔木层林冠层高度为 13.0～17.0 m，优势种为短尾柯，常见物种有栲（*Castanopsis fargesii* Franch.）、厚皮香〔*Ternstroemia gymnanthera*（Wight et Arn.）Sprague〕和山杜英〔*Elaeocarpus sylvestris*（Lour.）Poir.〕等；乔木层亚层高度为 4.0～8.0 m，除了优势种短尾柯外，常见物种有短尾越橘、海南槽裂木〔*Pertusadina metcalfii*（Merrill ex H. L. Li）Y. F. Deng et C. M. Hu〕和桃叶石楠〔*Photinia prunifolia*（Hook. et Arn.）Lindl.〕等。短尾柯在乔木层中的重要值为 22.8%，泰顺杜鹃在乔木层中的重要值为 6.8%。灌木层高度为 0.5～2.0 m，优势种为泰顺杜鹃和短尾柯，其中泰顺杜鹃的重要值为 12.9%，常见物种有尖连蕊茶〔*Camellia cuspidata*（Kochs）H. J. Veitch Gard. Chron.〕、格药柃、刺毛杜鹃（*Rhododendron championiae* Hook.）、山血丹（*Ardisia lindleyana* D. Dietr.）和秤星树〔*Ilex asprella*（Hook. et Arn.）Champ. ex Benth.〕等。草本层优势种为芒萁和狗脊，常见物种有深绿卷柏、中华里白〔*Diplopterygium chinense*（Rosenst.）De Vol〕、霹雳薹草（*Carex perakensis* C. B. Clarke）和淡竹叶等。层间植物有链珠藤（*Alyxia sinensis* Champ. ex Benth.）、菝葜和小果菝葜等。

2.2.5　*细柄蕈树林*　该类型群落乔木层林冠层高度为 14.0～26.0 m，优势种为细柄蕈树，常见物种有甜槠、毛锥（*Castanopsis fordii* Hance）、木荷和狗骨柴〔*Diplospora dubia*（Lindl.）Masam.〕等；乔木层亚层高度为 4.0～12.0 m，除了优势种细柄蕈树外，常见物种有厚皮香、马银花和密花树等。细柄蕈树在乔木层中的重要值为 41.0%，泰顺杜鹃在乔木层中的重要值为 16.1%。灌木层高度为 1.0～3.0 m，优势种为密花树，常见物种有毛果杜鹃（*Rhododendron seniavinii* Maxim.）、栀子（*Gardenia jasminoides* J. Ellis）、日本粗叶木（*Lasianthus japonicus* Miq.）和具毛常绿荚蒾（*Viburnum sempervirens* var. *trichophorum* Hand.-Mazz.）等，泰顺杜鹃在灌木层中的重要值为 3.2%。草本层植物优势种为芒萁，常见物种有浆果薹草（*Carex baccans* Nees）和春兰〔*Cymbidium goeringii*（Rchb. f.）Rchb. f.〕等。层间植物有链珠藤和鸡屎藤（*Paederia foetida* Linn.）等。

**2.3　物种多样性分析**

不同样地泰顺杜鹃所处群落的物种多样性指数见表 4。结果显示：各类型群落中，乔木层中杉木林的 Simpson 指数最高，其后依次为短尾柯林、甜槠林、木荷林和细柄蕈树林；短尾柯林的 Shannon-Wiener 指数最高，其后依次为杉木林、甜槠林、木荷林和细柄蕈树林；杉木林和短尾柯林的 Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数较高。灌木层中，细柄蕈树林的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数最高，杉木林和木荷林的这 2 个指数也较高；杉木林和细柄蕈树林的 Pielou 均匀度指数较高；细柄蕈树林的 Margalef 丰富度指数最高。草本层中，细柄蕈树林的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数均为最高，木荷林的 Margalef 丰富度指数最高。总体来看，泰顺杜鹃所处群落灌木层的物种多样性指数高于乔木层和草本层；除 Pielou 均匀度指数外，乔木层的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数以及 Margalef 丰富度指数高于草本层。

从 9 个样地看，在乔木层中，福建省宁德市蕉城区虎贝镇旧厝村（Q9）样地的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数均高于其他 8 个样地，分别为 0.931、2.911 和 0.874，而浙江省温州市泰顺县垟溪乡岩坑（Q6）样地的 Margalef 丰富度指数最高（6.707）；在灌木层中，浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村（Q7）样地的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数以及 Margalef 丰富度指数均为最高，分别为 0.957、3.311 和 7.011，福建省宁德市柘荣县黄柏乡山后村（Q8）样地的 Pielou 均匀度指数最高（0.950）；在草本层中，Q7 样地的 Simpson 指数最高（0.855），浙江省温州市泰顺县垟溪乡前洋（Q5）样地的 Shannon-Wiener 指数和 Margalef 丰富度指数最高，分别为 2.130 和 2.914，浙江省温州市泰顺县垟溪乡黄连山村（Q4）样地的 Pielou 均匀度指数最高（0.916）。

对同一群落类型的样地进行比较，甜槠林乔木层中 Q4 样地的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数最高，灌木层和草本层中浙江省温

**表 4　不同样地泰顺杜鹃所处群落的物种多样性指数**
**Table 4　Species diversity indices of the *Rhododendron taishunense* B. Y. Ding et Y. Y. Fang located communities in different sampled plots**

| F[1)] | Q[2)] | 乔木层[3)] Tree layer[3)] | | | | | 灌木层[3)] Shrub layer[3)] | | | | | 草本层[3)] Herb layer[3)] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *S* | *D* | *H'* | *J* | *R* | *S* | *D* | *H'* | *J* | *R* | *S* | *D* | *H'* | *J* | *R* |
| F1 | Q1 | 22 | 0.872 | 2.525 | 0.817 | 4.864 | 30 | 0.946 | 3.174 | 0.933 | 6.656 | 8 | 0.792 | 1.800 | 0.865 | 1.873 |
| | Q2 | 26 | 0.852 | 2.503 | 0.768 | 5.308 | 16 | 0.878 | 2.380 | 0.858 | 3.531 | 6 | 0.675 | 1.421 | 0.793 | 1.595 |
| | Q4 | 28 | 0.910 | 2.815 | 0.845 | 5.006 | 24 | 0.904 | 2.743 | 0.863 | 4.952 | 5 | 0.745 | 1.474 | 0.916 | 1.314 |
| | M | 25.3 | 0.878 | 2.614 | 0.810 | 5.059 | 23.3 | 0.909 | 2.766 | 0.885 | 5.046 | 6.3 | 0.737 | 1.565 | 0.858 | 1.594 |
| F2 | Q3 | 15 | 0.835 | 2.111 | 0.779 | 3.014 | 29 | 0.950 | 3.156 | 0.937 | 6.238 | 8 | 0.830 | 1.893 | 0.910 | 1.637 |
| | Q5 | 25 | 0.831 | 2.395 | 0.744 | 5.106 | 27 | 0.939 | 3.042 | 0.923 | 5.622 | 15 | 0.782 | 2.130 | 0.787 | 2.914 |
| | M | 20.0 | 0.833 | 2.253 | 0.762 | 4.060 | 28.0 | 0.945 | 3.099 | 0.930 | 5.930 | 11.5 | 0.806 | 2.012 | 0.849 | 2.276 |
| F3 | Q8 | 28 | 0.894 | 2.771 | 0.832 | 5.802 | 30 | 0.953 | 3.231 | 0.950 | 6.656 | 9 | 0.774 | 1.718 | 0.782 | 1.757 |
| | Q9 | 28 | 0.931 | 2.911 | 0.874 | 5.565 | 26 | 0.944 | 3.079 | 0.945 | 5.755 | 6 | 0.748 | 1.561 | 0.871 | 1.026 |
| | M | 28.0 | 0.913 | 2.841 | 0.853 | 5.684 | 28.0 | 0.949 | 3.155 | 0.948 | 6.206 | 7.5 | 0.761 | 1.640 | 0.827 | 1.392 |
| F4 | Q6 | 34 | 0.906 | 2.885 | 0.818 | 6.707 | 24 | 0.938 | 2.990 | 0.941 | 6.154 | 6 | 0.768 | 1.605 | 0.896 | 1.306 |
| F5 | Q7 | 12 | 0.776 | 1.922 | 0.773 | 2.925 | 33 | 0.957 | 3.311 | 0.947 | 7.011 | 10 | 0.855 | 2.105 | 0.914 | 1.900 |

[1)] F：群落类型 Community type；F1：甜槠林 Form. *Castanopsis eyrei*（Champ. ex Benth.）Tutcher；F2：木荷林 Form. *Schima superba* Gardner et Champ.；F3：杉木林 Form. *Cunninghamia lanceolata*（Lamb.）Hook.；F4：短尾柯林 Form. *Lithocarpus brevicaudatus*（Skan）Hayata；F5：细柄蕈树林 Form. *Altingia gracilipes* Hemsl.

[2)] Q：样地编号 No. of sampled plot；Q1：浙江省温州市泰顺县罗阳镇道均垟村 Daojunyang Village，Luoyang Town，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q2：浙江省温州市泰顺县罗阳镇竹家山 Zhujia Mountain，Luoyang Town，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q3：浙江省温州市泰顺县罗阳镇后院坪 Houyuanping，Luoyang Town，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q4：浙江省温州市泰顺县垟溪乡黄连山村 Huanglianshan Village，Yangxi Township，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q5：浙江省温州市泰顺县垟溪乡前洋 Qianyang，Yangxi Township，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q6：浙江省温州市泰顺县垟溪乡岩坑 Yankeng，Yangxi Township，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q7：浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村 Yeshan Village，Siqian She Town，Taishun County，Wenzhou City，Zhejiang Province；Q8：福建省宁德市柘荣县黄柏乡山后村 Shanhou Village，Huangbai Township，Zherong County，Ningde City，Fujian Province；Q9：福建省宁德市蕉城区虎贝镇旧厝村 Jiucuo Village，Hubei Town，Jiaocheng District，Ningde City，Fujian Province. M：平均值 Mean.

[3)] *S*：种数 Number of species；*D*：Simpson 指数 Simpson index；*H'*：Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index；*J*：Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index；*R*：Margalef 丰富度指数 Margalef richness index.

州市泰顺县罗阳镇道均垟村(Q1)样地的物种多样性指数,除草本层的 Pielou 均匀度指数外,其余指数均为最高,乔木层、灌木层和草本层中浙江省温州市泰顺县罗阳镇竹家山(Q2)样地的物种多样性指数总体最低。木荷林灌木层中浙江省温州市的泰顺县罗阳镇后院坪(Q3)样地的各项物种多样性指数高于 Q5 样地,而乔木层和草本层中 Q5 样地的 Shannon-Wiener 指数和 Margalef 丰富度指数高于 Q3 样地。杉木林灌木层中 Q8 样地的各项物种多样性指数高于 Q9 样地,而乔木层中 Q8 样地仅 Margalef 丰富度指数高于 Q9 样地,草本层中 Q8 样地的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Margalef 丰富度指数高于 Q9 样地。

## 3　讨　　论

### 3.1　泰顺杜鹃所处不稳定的次生演替群落

调查结果表明:泰顺杜鹃所处群落物种组成整体较为丰富,9 个样地中共有植物 63 科 107 属 182 种。从群落的物种组成看,常绿阔叶树种的重要值较高,在调查群落的乔木层中优势明显,例如甜槠、木荷、细柄蕈树和短尾柯,此外杉木也是泰顺杜鹃所处群落乔木层的优势种之一。灌木层物种组成丰富,泰顺杜鹃为主要优势种,其他优势种有乌药、窄基红褐柃、峨眉鼠刺等。草本层优势种主要有狗脊、芒萁和美丽复叶耳蕨等,以蕨类植物居多。通过聚类分析将调查的 9 个样地划分为甜槠林、木荷林、杉木林、短尾柯林和细柄蕈树林 5 个群落类型,这 5 个类型群落在物种组成和群落结构方面都存在一定的差异,在部分调查样地中壳斗科(Fagaceae)、山茶科(Theaceae)、杜鹃花科等常绿树种优势明显,但部分样地中暖性针叶树种则更具有优势。泰顺杜鹃所处群落植物的生活型以高位芽植物为主,而高位芽植物中又以小型高位芽植物和矮小型高位芽植物为主,二者决定了群落的外貌,这种以高位芽植物为主的生活型分布格局反映了泰顺杜鹃所处群落分布区域的中亚热带特性,其生境条件温暖湿润[21]。以上特征均说明泰顺杜鹃所处群落环境温热多湿,具有典型中亚热带特性[22-24]。调查结果还显示:泰顺杜鹃在浙江省温州市泰顺县垟溪乡前洋(Q5)样地以及福建省宁德市的柘荣县黄柏乡

山后村(Q8)和蕉城区虎贝镇旧厝村(Q9)样地生长状况较差,且均在灌木层中缺失,推测 Q8 和 Q9 样地的岩石裸露率相对较高,不利于泰顺杜鹃的种子萌发与幼苗生长[25-26],而 Q5 样地可能是由于其分布于公路边,人为干扰较强,导致泰顺杜鹃生长状况不佳[27]。泰顺杜鹃所处群落主要由次生林组成,尽管群落物种较为丰富多样,但这些群落尚未达到其自然演替的顶极阶段。加之人类活动的频繁干扰,尤其是不时发生的砍伐行为,导致这些群落目前仍然处于次生演替过程中,这种人为干扰使得群落的稳定性受到极大的影响,尚未能够形成成熟且稳定的群落。

### 3.2　群落物种多样性反映出细柄蕈树林更需要关注

从泰顺杜鹃所处群落的层次来看,各群落灌木层的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数的均值总体高于各自对应群落的乔木层和草本层,这与刘丽丽等[28]对大雷山夏蜡梅(*Calycanthus chinensis* W. C. Cheng et S. Y. Chang)群落物种多样性的研究结果相似,可能原因为各调查区域中乔木层的优势种较为突出,并且这些物种的个体分布高度集中,相比之下,其他物种的个体分布则较为分散。而在灌木层中,林下灌木的生长状况及乔木幼苗的更新能力较为旺盛,从而使得灌木层在物种多样性方面展现出一定的优势[29]。草本层的物种多样性较低,可能是由于群落的郁闭度较高,无法接收到充足的阳光,且各样地的枯枝落叶层较厚,导致草本层的物种生长发育受到影响[30]。此外,不同样地的泰顺杜鹃所处群落的物种多样性也存在一定差异,这些样地受到的人为干扰程度各不相同,这可能是导致物种多样性存在差异的最主要原因。同时,海拔、坡向、坡度等环境因子也可能对物种多样性产生了影响[31-33]。

9 个样地泰顺杜鹃所处群落的 Shannon-Wiener 指数为 1.421~3.311,Pielou 均匀度指数为 0.744~0.950。有研究认为,成熟群落的物种多样性指数和均匀度指数通常较高,自然条件下形成的亚热带植被群落的 Shannon-Wiener 指数为 4~5,Pielou 均匀度指数为 0.7~0.8[34-35]。泰顺杜鹃所处群落的 Shannon-Wiener 指数均未达到成熟群落的标准,尤其是细柄蕈树林乔木层 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数为 5 种群落类型中最低,但其灌木层的 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数较高,这说明群落更新良好,处于演替阶段的前期,因此需要对细柄蕈树林即浙江省温州市泰顺县司前畲族镇叶山村(Q7)样地进行重点保护[36]。

## 4　结　　论

泰顺杜鹃主要分布于海拔 386~900 m 的坡地处,群落大多以阔叶林为主,垂直结构特征显著,并且存在一定数量的层间植物,其中壳斗科和山茶科的乔木在群落中占优势,但群落物种多样性较低且群落稳定性不高,因此容易受到自然和人为因子干扰的影响,需立即进行保护。此外,岩石裸露较少的区域有利于泰顺杜鹃生长。群落中灌木层物种丰富,竞争可能激烈,建议必要时可以采取灌木层疏伐等保育措施。对于泰顺杜鹃生长状况不佳的区域,建议通过植被恢复来改善土壤结构,降低岩石裸露率,并减少人为干扰,必要时可采取迁地保护的手段来进行保护。此外,细柄蕈树群落更新良好,应立即就地保护以维持其稳定性。

**致谢:** 浙江乌岩岭国家级自然保护区管理中心郑方东高级工程师、浙江农林大学鲁益飞博士、杭州师范大学陈波博士等参加了野外调查,在此一并感谢!

**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: 第五十七卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 351.

[2] 《浙江植物志(新编)》编辑委员会. 浙江植物志(新编)第四卷白菜花科—蔷薇科[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2021: 84.

[3] 雷祖培, 章书声. 泰顺杜鹃扦插繁殖试验研究[J]. 中国野生植物资源, 2015, 34(1): 64-67.

[4] 宋绪忠, 杨　华, 余海珍. 两种光环境下泰顺杜鹃和鹿角杜鹃光合特性的日变化[J]. 浙江林业科技, 2023, 43(2): 17-21.

[5] PHILLIPS O L, VARGAS P N, MONTEAGUDO A L, et al. Habitat association among Amazonian tree species: a landscape-scale approach[J]. Journal of Ecology, 2003, 91(5): 757-775.

[6] 谭一波, 申文辉, 郑　威, 等. 广西容县红锥天然林物种组成与群落结构特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(5): 98-102.

[7] 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.

[8] 姚良锦, 姚　兰, 易咏梅, 等. 湖北七姊妹山亚热带常绿落叶阔叶混交林的物种组成和群落结构[J]. 生物多样性, 2017, 25(3): 275-284.

[9] LEENDERTSE P C, ROOZEN A J M, ROZEMA J. Long-term

changes (1953-1990) in the salt marsh vegetation at the Boschplaat on Terschelling in relation to sedimentation and flooding[J]. Plant Ecology, 1997, 132(1): 49-58.
[10] 马克平. 试论生物多样性的概念[J]. 生物多样性, 1993, 1(1): 20-22.
[11] 楼炉焕, 李根有, 吕正水, 等. 泰顺县植物资源调查报告[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(4): 327-234.
[12] 康志坚. 柘荣城区西山、北山植物景观规划设计的探讨[J]. 福建林业科技, 2009, 36(4): 239-242, 251.
[13] 缪希源. 宁德市蕉城区林木种质资源调查及保护利用现状分析[J]. 南方农业, 2024, 18(6): 248-251.
[14] 李转桃, 徐先英, 赵 鹏, 等. 海拔对祁连山东段青海云杉林林下灌草多样性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(6): 59-66.
[15] RAUNKIAER C. The life forms of plants and statistical plant geography[J]. The American Midland Naturalist, 1934, 15(6): 786-787.
[16] CURTIS J T, MCINTOSH R P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin[J]. Ecology, 1951, 32(3): 476-496.
[17] 高 亮, 周建广, 丁 晖, 等. 武夷山国家公园黄山松林沿海拔梯度生态位及种间联结性[J]. 生态学报, 2024, 44(21): 9836-9847.
[18] 陈水飞, 徐 辉, 林文俊, 等. 武夷山国家公园植物群落物种多样性沿海拔梯度的变化分析[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(1): 1-9.
[19] 蔡北溟, 陈晓双, 达良俊, 等. 上海市环城绿带建成初期林下自然草本植物多样性格局及其成因[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2012(6): 13-20.
[20] 褚文珂, 周莹莹, 陈子林, 等. 珍稀植物华顶杜鹃群落分类和物种多样性研究[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2013, 12(3): 240-244, 257.
[21] 熊 能, 金则新, 李建辉, 等. 千岛湖姥山岛次生林群落学特征研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(10): 5274-5277.
[22] 杨 冰, 袁丛军, 戴晓勇, 等. 贵州省特有植物百里杜鹃野生种群及所在群落特征[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(4): 61-68.
[23] 徐 敏, 骆争荣, 于明坚, 等. 百山祖北坡中山常绿阔叶林的物种组成和群落结构[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2007, 33(4): 450-457.
[24] 于明坚, 胡正华, 余建平, 等. 浙江古田山自然保护区森林植被类型[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001, 27(4): 375-380.
[25] 张明月, 刘楠楠, 刘 佳, 等. 湖南大围山和八面山香果树种群的年龄结构和演替动态比较[J]. 西北植物学报, 2017, 37(8): 1603-1615.
[26] 张兴旺, 谢艳萍, 吴晓敏, 等. 福建省明溪县极小种群野生植物喜树种群结构与动态特征[J]. 生态环境学报, 2023, 32(6): 1037-1044.
[27] JENNINGS S B, BROWN N D, SHEIL D. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures[J]. Forestry, 1999, 72(1): 59-74.
[28] 刘丽丽, 金则新, 李建辉. 浙江大雷山夏蜡梅群落植物物种多样性及其与土壤因子相关性[J]. 植物研究, 2010, 30(1): 57-64.
[29] 张雨桐, 刘 华, 陈永富, 等. 大岗山植物群落物种多样性与群落结构研究[J]. 热带作物学报, 2023, 44(5): 1052-1061.
[30] 钟悦鸣, 郭兴帅, 姚志勇. 桂西地区南亚热带落叶栎林群落组成及物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2022, 42(11): 1945-1953.
[31] 铁 军, 张 晶, 彭林鹏, 等. 神农架川金丝猴栖息地乔木层物种多样性及其海拔梯度变化[J]. 植物科学学报, 2011, 29(2): 141-148.
[32] 周晓雷, 武利玉, 赵 安, 等. 裕河次生乔木群落分类及其物种多样性与土壤理化性质的关系[J]. 中南林业科技大学学报, 2022, 42(2): 1-9.
[33] 王晓凤, 米湘成, 王希华, 等. 中国中亚热带常绿阔叶林群落木本植物多样性比较[J]. 生物多样性, 2023, 31(11): 23296.
[34] 柏文富, 禹 霖, 李建挥, 等. 大围山樱属植物群落结构及物种多样性[J]. 应用生态学报, 2021, 32(4): 1201-1212.
[35] 张坚强, 张琳婷, 赵东铭, 等. 珠海淇澳岛次生植被特征及物种多样性[J]. 西北植物学报, 2019, 39(1): 173-184.
[36] 邱志军, 刘 鹏, 刘春生, 等. 金华北山常绿阔叶林群落结构及优势乔木树种更新类型[J]. 广西植物, 2010, 30(5): 629-635.

(责任编辑: 张明霞)