

贵阳乌当杜鹃群落数量特征与 α 多样性分析

李安定¹, 张建利^{1,2}, 谢元贵¹, 龙秀琴¹

(1. 贵州科学院 山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州大学 林学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 选择贵阳市乌当区典型杜鹃 *Rhododendron* 群落作为研究对象, 采用标准样地调查法、群落数量分析法等方法, 对其不同杜鹃群丛的植物组成、结构、重要值、 α 多样性分析进行分析。结果表明: ①贵阳乌当杜鹃群落分为 4 种植物群丛, 分别为 I: 锈叶杜鹃 *Rhododendron siderophyllum*+白栎 *Quercus fabri* 群丛; II: 锈叶杜鹃+白栎+麻栎 *Quercus acutissima* 群丛; III: 锈叶杜鹃+麻栎群丛; IV: 锈叶杜鹃+麻栎+藤黄 *Garcinia hanburyi* 群丛。②杜鹃群落主要以锈叶杜鹃为主, 麻栎、白栎为辅的植物群落结构类型。③杜鹃群丛 Margalef 丰富度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数均呈现出群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV > 群丛 I 的趋势, 而 Pielou 均匀性指数则呈现出群丛 I > 群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV 的趋势。④杜鹃群落多样性保护应当遵从群丛 III 的植物结构类型进行保护, 对群丛 I, 群丛 II 和群丛 IV 群丛进行适当修复, 使其结构接近群丛 III 的结构类型。图 1 表 2 参 13

关键词: 森林生态学; 贵阳乌当; 杜鹃群落; 数量特征; α 多样性

中图分类号: S718.5; Q948 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2014)02-0204-06

Analysis of quantity characteristics and α diversity of the *Rhododendron* communities in Wudang District, Guiyang City

LI Anding¹, ZHANG Jianli^{1,2}, XIE Yuanguai¹, LONG Xiuqin¹

(1. Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, Guizhou, China; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

Abstract: The *Rhododendron* communities in Wudang District of Guiyang City was studied by sample plot and quantitative analysis to analyze the plant components, structures, important values and α diversities of different *Rhododendron* communities. The research had the following findings. (1) There were four *Rhododendron* communities in Wudang District of Guiyang City, namely, *Rhododendron siderophyllum* and *Quercus fabri* (Community I), *Rhododendron siderophyllum*, *Quercus fabri* and *Quercus acutissima* (Community II), *Rhododendron siderophyllum* and *Quercus acutissima* (Community III), *Rhododendron siderophyllum*, *Quercus acutissima* and *Garcinia hanburyi* (Community IV). (2) With *Rhododendron siderophyllum* as the dominant plants, the *Rhododendron* communities also had plants such as *Quercus acutissima* and *Quercus fabri*. In terms of Margalef index for richness, Simpson index for diversity, Shannon-Wiener index for diversity, the ranking of four *Rhododendron* communities was as follows: Community III > Community II > Community IV > Community I; the ranking for Pielou Evenness index was Community I > Community III > Community II > Community IV. (4) When preserving the diversity of the *Rhododendron* communities, the plants structures of

收稿日期: 2013-04-26; 修回日期: 2013-07-22

基金项目: 贵阳市科技计划项目(筑科合同[2012102]); 贵州省科技计划项目(黔科合重大专项字[2011]6001); 贵阳市科学技术计划课题(筑科合同[2011103]号、[2012103]号); 贵州省科技计划(黔科合 SY 字[2009]3084); 贵州省科研机构创新能力建设项目[黔科合院所创能(2010)4001]; 贵州科学院省级科研专项资金黔科院专合字[(2011)02]

作者简介: 李安定, 博士, 从事林学及退化生态系统恢复。E-mail: anndynlee@126.com。通信作者: 龙秀琴, 研究员, 从事花卉和生态学研究。E-mail: longxiuqin@163.com

Community III should be used as reference. Community I, Community II and Community IV should be restored to make their plants structures close to that of Community III. [Ch, 1 fig. 2 tab. 14 ref.]

Key words: forest ecology; Wudang District of Guiyang City; *Rhododendron* community; quantitative characteristic; α diversity

杜鹃群落是以杜鹃属 *Rhododendron* 植物为优势种的植被类型, 主要分布于中国西南地区海拔较高的山地^[1]。全世界杜鹃属植物约 960 种, 中国约 650 种, 是杜鹃属分布中心, 也是杜鹃花生物多样性最高的国家, 除新疆地区之外, 全国其他省(市、自治区)均有分布, 其中以西南地区分布最为广泛。贵州省是杜鹃原生种分布区数量最多的省份之一, 是杜鹃花中国中心分布区向外扩张的过渡地带, 有着丰富的原生种和大量可能的新种和变种^[2]。有关学者先后对杜鹃植物开展了种子萌发特性、形态解剖、抗旱评价、引种驯化、繁殖利用、群落特征以及多样性保护及保育研究^[3-5]。但对于杜鹃群落生物多样性的研究较少, 尤其采用群落数量分类学方法对杜鹃群落生物多样性研究鲜有报道。采用群落数量分类方法结合群丛特性进行分析, 能够定量解析群丛特性、组成特点, 更加准确地反映杜鹃与其他植物种类间的关系。在对退化杜鹃群落进行恢复中, 以群丛为单位进行恢复, 提高了其可操作性。本研究选择贵阳市乌当区万亩杜鹃群落作为研究对象, 采用典型样地调查、群落数量分类及多样性分析方法展开研究, 旨在筛选出万亩杜鹃群落生物多样性最高的群丛, 为杜鹃群落生物多样性保护提供技术指导, 奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究选择贵阳市乌当区典型杜鹃群落为研究对象。乌当区位于贵阳市东北部, 属贵阳城市规划的 9 个组团之一, 地处 26°55'~26°33'N, 106°30'~107°03'E。乌当区属亚热带季风湿润气候, 具有明显的高原性气候的特点, 冬无严寒, 夏无酷暑, 光、热、水同季, 垂直气候差异明显, 年平均降水量 1 179.8~1 271.0 mm。年平均气温 14.6 °C。森林覆盖率达 49.36%。由于地形、地貌类型多样, 形成多种小气候, 宜于农业生产, 大部分地区可满足农作物 1 a 2 熟, 蔬菜 1 a 3~4 熟的需要。主要灾害性天气有干旱、倒春寒、冰雹、秋季连阴雨、秋风、凝冻^[6]。区境内河流均属于长江流域乌江水系, 河床狭窄, 比降大, 流速较快。全区土壤为黄壤区, 黄棕壤、石灰土、紫色土和冲积土^[7]。植被属于黔中山原湿润性灰岩常绿栎林、常绿落叶混交林及马尾松 *Pinus massoniana* 林区, 主要树种有青栲 *Cyclobalanopsis glauca*, 丝栗栲 *Castanopsis fargesii*, 细叶青冈 *Cyclobalanopsis gracilis*, 柞木 *Quercus mongolica* 等, 落叶树种有枫香 *Liquidambar formosana*, 光皮桦 *Betula luminifera* 等。次生植被有大面积天然牧草和灌丛草坡^[8-9]。

1.2 研究方法与材料

采用典型样地调查法, 对贵阳市乌当区杜鹃群落进行调查。在贵阳市乌当区杜鹃群落分布区域随机布设调查样点 15 处, 分别在每个调查样点区域内随机设置 10 m × 10 m 典型群落调查样方 3 个, 共计调查样方 45 个, 统计每个调查样方内的植物种类、生活型、密度、高度、盖度、频度等群落特征指标, 用于群落数量分类与多样性等指标的计算。

1.3 统计分析

贵阳乌当杜鹃群落调查数据统计分析与整理, 均采用 SPSS 18.0 软件和 Microsoft Office Excel 2007 软件完成。

1.3.1 群落数量分类 结合《中国植被》和实际生态学意义, 采用 TWINSpan 分类法, 对贵阳乌当杜鹃群落进行群落数量分类。

1.3.2 重要值 采用重要值 (V_i , 对贵阳乌当杜鹃群落进行分析, 计算公式^[10-11]):

$$IV_i = \left[\frac{D_i}{\sum D_i} + \frac{F_i}{\sum F_i} + \frac{C_i}{\sum C_i} \right] \div 3 \times 100\%$$

其中： V_i 表示第*i*种物种的重要值； D_i 表示第*i*种物种的密度； F_i 表示第*i*种物种的频度； C_i 表示第*i*种物种的盖度(乔木层中 C_i 表示第*i*中物种的显著度)。

1.3.3 α 多样性测度 采用 Margalef 指数、Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数对贵阳乌当杜鹃群落物种多样性进行分析，计算公式为^[10-13]：

$$\text{Margalef 指数 } R = \frac{S-1}{\ln N};$$

$$\text{Simpson 指数 } D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2;$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i).$$

其中： S 表示植被群落中物种数目， N 表示群丛中全部物种个体总数， P_i 为第*i*种的相对重要值。

1.3.4 均匀性测度 采用 Pielou 均匀性指数对贵阳乌当杜鹃群落进行分析，计算公式为^[11]：

$$\text{Pielou 均匀性指数 } E = \frac{H}{\ln S}.$$

其中： H 表示 Shannon-Wiener 多样性指数， S 表示植被群落中物种数目。

2 结果与分析

2.1 万亩杜鹃群落分类

采用 TWINSpan 分类法，对贵阳乌当杜鹃群落 15 个调查样点进行等级分类，经过 4 次划分，得到为 4 组。结合《中国植被》和实际生态意义，采用第 4 级的分类结果，将贵阳乌当杜鹃群落划分为 4 组(图 1)，结合分类将 4 个组命名为 4 个植物群丛。群丛 I：锈叶杜鹃 *Rhododendron siderophyllum*+白栎 *Quercus fabri* 群丛，包括样点 2 和样点 6。群丛 II：锈叶杜鹃+白栎+麻栎 *Quercus acutissima* 群丛，包括样点 1，样点 4，样点 9，样点 3，样点 5 和样点 7。群丛 III：锈叶杜鹃+麻栎群丛，包括样点 10，样点 12，样点 13 和样点 15 号。群丛 IV：锈叶杜鹃+麻栎+藤黄 *Garcinia hanburyi* 群丛，包括样点 8，样点 11 和样点 14。

2.2 乌当杜鹃群落数量特征

群丛 III 中，杜鹃花科 Ericaceae，壳斗科 Fagaceae 分别共出现 3 种植物，分别占群丛出现种的 14.29%；禾本科 Gramineae，蕨科 Pteridiaceae，桑科 Moraceae 分别出现 2 种植物，分别占群丛出现种的 9.52%，其他科共出现 9 种植物，占群丛出现种的 42.86%。群丛 IV 中，壳斗科出现 3 种植物，占群丛出现种的 23.08%，杜鹃花科出现 2 种植物，占群丛出现种的 15.38%；其他科共出现 7 种植物，占群丛出现种的 53.85%。

对贵阳乌当杜鹃群落植物生活型分析发现，乔木植物 5 种，占群落出现种的 16.13%；灌木植物 14 种(其中攀援灌木植物 3 种，占群落出现种的 9.68%)，占群落出现种的 45.16%；草本植物 12 种(均为多年生草本植物)占群落出现种的 38.71%。对贵阳乌

当杜鹃群落 4 种群丛植物组成生活型分析发现，群丛 I 中共出现 9 种植物，其中乔木 2 种，占群丛出现植物种的 22.22%；灌木植物 7 种(其中攀援植物 1 种，占群丛出现种的 11.11%)，占群丛出现植物种的 77.78%；群丛中未出现草本植物种类。群丛 II 中共出现 13 类植物，其中乔木 2 种，占群丛出现植物种

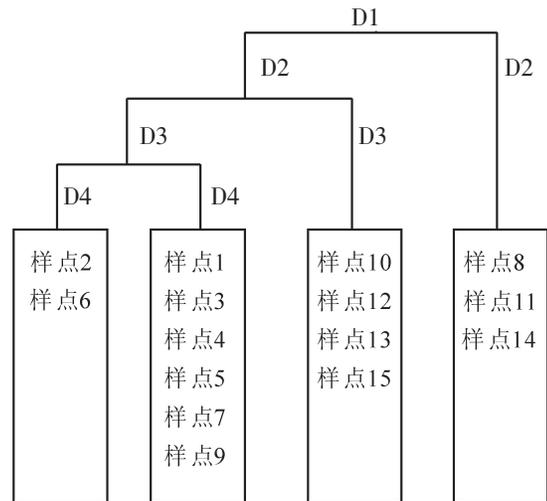


图 1 乌当杜鹃群落 15 个样点 TWINSpan 树状分类图
Figure 1 TWINSpan classification of 15 sampling points in the Wudang of the *Rhododendron* community

表 1 贵阳乌当杜鹃群落重要值特征

Table 1 Important values trait of the *Rhododendron* communities in Wudang, Guiyang

科名	种名	生活型	重要值			
			群丛 I	群丛 II	群丛 III	群丛 IV
杜鹃花科 Ericaceae	锈叶杜鹃 <i>Rhododendron siderophyllum</i>	S	48.72	29.80	36.23	48.74
杜鹃花科 Ericaceae	小果南烛 <i>Lyonia ovalifolia</i>	S	6.02	5.51	5.26	—
杜鹃花科 Ericaceae	映山红 <i>Rhododendron simsii</i>	S	7.32	8.12	8.27	4.66
壳斗科 Fagaceae	麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	T	8.91	28.55	11.34	10.28
壳斗科 Fagaceae	栲 <i>Castanopsis fargesii</i>	T	—	3.55	5.80	0.80
壳斗科 Fagaceae	白栎 <i>Quercus fabri</i>	S	13.66	11.45	1.90	7.90
禾本科 Gramineae	五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i>	P	—	0.17	—	—
禾本科 Gramineae	茅叶荩草 <i>Arthraxon lanceolatus</i>	P	—	—	0.64	—
禾本科 Gramineae	芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	P	—	—	0.88	1.04
蕨科 Pteridiaceae	蕨 <i>Pteridium aquilinum</i>	P	—	1.32	2.13	—
蕨科 Pteridiaceae	密毛蕨 <i>Pteridium revolutum</i>	P	—	—	0.76	5.07
桑科 Moraceae	小构树 <i>Broussonetia kazinoki</i>	S	—	—	0.40	—
桑科 Moraceae	葎草 <i>Humulus scandens</i>	P	—	—	0.67	—
藤黄科 Guttiferae	藤黄 <i>Garcinia hamburyi</i>	T	—	—	—	8.82
藤黄科 Guttiferae	金丝桃 <i>Hypericum monogynum</i>	S	—	1.11	—	—
百合科 Liliaceae	拔莫 <i>Smilax china</i>	CS	0.67	8.34	—	—
车前科 Plantaginaceae	车前草 <i>Plantago asiatica</i>	P	—	—	0.37	—
豆科 Leguminosae	三叶崖豆藤 <i>Millettia unijuga</i>	CS	—	1.39	—	—
金缕梅科 Hamamelidaceae	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	T	—	—	—	2.23
菊科 Compositae	艾蒿 <i>Artemisia vulgaris</i>	P	—	—	0.46	—
茜草科 Rubiaceae	鸡矢藤 <i>Paederia scandens</i>	CS	—	—	1.19	—
蔷薇科 Rosaceae	插田泡 <i>Rubus coreanus</i>	S	—	—	1.52	2.88
忍冬科 Caprifoliaceae	珍珠荚蒾 <i>Viburnum foetidum</i>	S	3.88	—	7.40	—
莎草科 Cyperaceae	莎草 <i>Cyperus rotundus</i>	P	—	0.34	—	—
山茶科 Theaceae	柃木 <i>Eurya japonica</i>	S	3.33	—	5.96	4.36
杉科 Taxodiaceae	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	T	7.50	—	—	—
石松科 Lycopodiaceae	石松 <i>Lycopodium clavatum</i>	P	—	—	2.71	—
石竹科 Caryophyllaceae	银柴胡 <i>Gypsophila oldhamiana</i>	P	—	—	0.37	—
五加科 Araliaceae	楸木 <i>Aralia chinensis</i>	S	—	—	5.75	2.53
虎耳草科 Saxifragaceae	滇鼠刺 <i>Itea ilicifolia</i>	S	—	0.36	—	—
苋科 Amaranthaceae	牛漆 <i>Achyranthes bidentata</i>	P	—	—	—	0.69

说明：共计植物 31 种，其中群丛 I 9 种，群丛 II 13 种，群丛 III 21 种，群丛 IV 13 种。“—”表示该样地中未发现该种植物；“T”表示乔木植物 (tree)；“P”表示多年生植物 (perennial plant)；“S”表示灌木 (shrubbery)；“CS”表示攀援灌木 (climbing shrub)。

的 15.38%；灌木植物 8 种 (其中攀援植物 2 种，占群丛出现种的 15.38%)，占群丛出现种的 61.54%；草本植物 3 种，占群丛出现种的 23.08%。群丛 III 中共出现 21 种植物，其中乔木 2 种，占群丛出现植物种的 9.52%；灌木植物 10 种 (其中攀援植物 1 种，占群丛出现种的 4.76%)，占群丛出现种的 47.62%；草本植物 9 种，占群丛出现种的 42.86%。群丛 IV 中共出现 13 种植物，其中乔木 4 种，占群丛出现植物种的 30.77%；灌木植物 6 种，占群丛出现种的 46.15%；草本植物 3 种，占群丛出现种的 23.08%。

对贵阳乌当杜鹃群落植物重要值分析发现，群丛 I 中，锈叶杜鹃重要值最高，为 48.72%，白栎次之，为 13.66%；群丛 II 中，锈叶杜鹃重要值最高，为 29.80%，麻栎次之，为 28.55%，白栎重要值为 11.45%；群丛 III 中，锈叶杜鹃重要值最高，为 36.23%，麻栎次之，为 11.34%；群丛 IV 中，锈叶杜鹃重要值最高，为 48.74%，麻栎次之，为 10.28%。

综上所述，乌当杜鹃群落是以锈叶杜鹃为主，白栎、麻栎为辅的群落类型。

2.3 杜鹃群落 α 多样性分析

贵阳乌当杜鹃群落 Margalef 丰富度指数分析如表 2 所示。Margalef 丰富度指数从高到低的变化趋势为群丛 III (4.714), 群丛 II (3.306), 群丛 IV (3.081), 群丛 I (2.111)。

贵阳乌当杜鹃群落 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数分析如表 2 所示。Simpson 多样性

指数从高到低的变化趋势为群丛 III (0.828), 群丛 II (0.798), 群丛 IV (0.729), 群丛 I (0.719); Shannon-Wiener 多样性指数从高到低的变化趋势为群丛 III (2.270), 群丛 II (1.873), 群丛 IV (1.830), 群丛 I (1.665)。

贵阳乌当杜鹃群落 Pielou 均匀性指数分析如表 2 所示。Pielou 均匀性指数从高到低的变化趋势为群丛 I (0.758), 群丛 III (0.745), 群丛 II (0.730), 群丛 IV (0.714)。

综上所述, 贵阳乌当杜鹃群落 Margalef 丰富度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数均呈现出群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV > 群丛 I 的趋势, 而 Pielou 均匀性指数则呈现出群丛 I > 群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV。

3 结论与讨论

3.1 结论

贵阳乌当杜鹃群落可分为 4 种植物群丛, 依次为群丛 I: 锈叶杜鹃+白栎群丛; 群丛 II: 锈叶杜鹃+白栎+麻栎群丛; 群丛 III: 锈叶杜鹃+麻栎群丛; 群丛 IV: 锈叶杜鹃+麻栎+藤黄群丛。杜鹃群落主要以杜鹃科、壳斗科、禾本科植物为主; 在贵阳乌当杜鹃群落中锈叶杜鹃种群占绝对优势, 麻栎、白栎种群次之, 因此, 杜鹃群落主要是以锈叶杜鹃为主, 麻栎、白栎为辅的植物群落结构类型。贵阳乌当杜鹃群落 Margalef 丰富度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数均呈现出群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV > 群丛 I 的趋势, 而 Pielou 均匀性指数则呈现出群丛 I > 群丛 III > 群丛 II > 群丛 IV。贵阳乌当杜鹃群落多样性保护应当遵从群丛 III 的植物结构类型进行保护, 对群丛 I, 群丛 II 和群丛 IV 进行适当修复, 使其结构接近群丛 III 的结构类型。

3.2 讨论

本研究针对贵阳乌当万亩杜鹃林群落进行多样性研究, 按植物群落的自然演替规律, 该群落处于灌木或灌丛群落阶段, 正向乔灌群落阶段演替, 并非顶级群落及地带性植被类型, 因此, 处于不稳定阶段。目前, 贵阳市乌当区想要打造万亩杜鹃林, 作为贵阳城郊以观赏杜鹃花的休闲旅游区, 但随着群落演替的进行, 杜鹃群落的变化会直接影响旅游观光效果, 因此, 进一步研究贵阳乌当万亩杜鹃林最佳群落结构、物种组成、物种多样性、人工正向干扰或结构调整, 对旅游观光效果及群落的相对稳定性有重要意义。正如黔西的百里杜鹃, 目前观光效果很好, 在长期人为正向干扰下, 其群落结构具相对稳定性, 但从物种多样性及演替规律来看, 目前的结构是否为最佳, 有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 李朝阳, 杜凡, 姚莹, 等. 轿子山自然保护区杜鹃群落植物多样性研究[J]. 西南林学院学报, 2010, 30(3): 34 - 37.
LI Zhaoyang, DU Fan, YAO Ying, et al. Study on plant diversity of *Rhododendron* community in Jiaozishan Nature Reserve[J]. *J Southwest For Univ*, 2010, 30(3): 34 - 37.
- [2] 欧静, 陈训. 贵州省常绿杜鹃亚属资源及园林应用前景分析[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 200 - 203.
OU Jing, CHEN Xun. Analysis on subgenus *Rhododendron subgenus* resources and landscape application prospect of Guizhou Province [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2012, 40(8): 200 - 203.

表 2 贵阳乌当杜鹃群落 α 多样性与均匀性指数特征

Table 2 Index trait of α diversity and evenness of *Rhododendron* communities in Wudang, Guiyang

群丛	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>E</i>
I	2.111	0.719	1.665	0.758
II	3.306	0.798	1.873	0.730
III	4.714	0.828	2.270	0.745
IV	3.081	0.729	1.830	0.714

- [3] 刘永翔, 龙毅, 刘作易, 等. 贵州几种杜鹃花属植物的花粉形态[J]. 贵州农业科学, 2009, **37**(3): 24 – 26.
LIU Yongxiang, LONG Yi, LIU Zuoyi, *et al.* Pollen Morphology of *Rhododendrons* in Guizhou[J]. *Guizhou Agric Sci*, 2009, **37**(3): 24 – 26.
- [4] 黄承玲, 陈训, 高贵龙. 3 种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J]. 林业科学, 2011, **47**(6): 48 – 55.
HUANG Chengling, CHEN Xun, GAO Guilong. Physiological response of seedlings of three *Azalea* species of drought stress and evaluation of drought resistance [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(6): 48 – 55.
- [5] 刘纪岗, 谢元贵, 杨小庆. 贵州百里杜鹃大草原景区迷人杜鹃群落特征研究[J]. 广东农业科学, 2012, **39**(9): 46 – 48.
LIU Jigang, XIE Yuangui, YANG Xiaoqing. Study on community characteristics of *Rhododendron agastum* in the prairie scenic area of Baili *Rhododendron* protection zone in Guizhou[J]. *Guangdong Agric Sci*, 2012, **39**(9): 46 – 48.
- [6] 耿品富, 梅素娟, 肖兴跃, 等. 乌当区休闲农业与乡村旅游管理经营模式探索[J]. 贵州农业科学, 2012, **40**(5): 205 – 209, 213.
GENG Pinfu, MEI Sujuan, XIAO Xingyue, *et al.* Exploration of management business model of leisure agriculture and rural tourism in Wudang District[J]. *Guizhou Agric Sci*, 2012, **40**(5): 205 – 209, 213.
- [7] 李苇洁, 易朝阳, 陈志华, 等. 贵阳二环林带不同林地土壤养分状况研究[J]. 贵州科学, 2007, **25**(3): 28 – 32.
LI Weijie, YI Chaoyang, CHEN Zhihua, *et al.* Soil nutrition status of different stands in the second ring forest-belt of Guiyang [J]. *Guizhou Sci*, 2007, **25**(3): 28 – 32.
- [8] 翁明武, 陈训, 曾亚军, 等. 贵阳二环林带植物群落的主要类型及其保护[J]. 贵州科学, 2007, **25**(3): 9 – 19.
WENG Mingwu, CHEN Xun, ZENG Yajun, *et al.* The main type of the plant community and its protection in the second ring forest-belt of Guiyang [J]. *Guizhou Sci*, 2007, **25**(3): 9 – 19.
- [9] 石登红, 曾亚军, 彭惠蓉, 等. 贵阳二环林带生物多样性现状及展望[J]. 贵州科学, 2007, **25**(3): 64 – 68.
SHI Denghong, ZENG Yajun, PENG Huirong, *et al.* Present state and prospect of biodiversity in the second ring forest-belt of Guiyang[J]. *Guizhou Sci*, 2007, **25**(3): 64 – 68.
- [10] 张金屯. 数量生态学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2011: 101 – 103.
- [11] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 53 – 54.
- [12] 马姜明, 吴蒙, 占婷婷, 等. 漓江流域岩溶区櫟木群落不同恢复阶段物种组成及多样性变化[J]. 生态环境学报, 2013, **22**(1): 66 – 71.
MA Jiangming, WU Meng, ZHAN Tingting, *et al.* Changes of species composition and diversity among restoration stages of *Loropetalum chinense* communities in karst area of Lijiang River valley [J]. *Ecol Environ Sci*, 2013, **22**(1): 66 – 71.
- [13] ANNE E M. 生物多样性测度[M]. 张峰, 译. 北京: 科学出版社, 2011: 93 – 94.