

狭果秤锤树群落结构与更新特征

周赛霞¹, 彭焱松¹, 高浦新¹, 杨春惠², 丁剑敏¹, 李国梁¹

(1. 江西省中国科学院庐山植物园, 江西 庐山 332900; 2. 湖北省林业科技推广中心, 湖北 武汉 430079)

摘要: 调查了在赣北九江市永修县集中分布的狭果秤锤树(*Sinojackia rehderiana* Hu) 群落, 对其物种组成、群落结构和更新特征进行了分析。结果表明: 群落中乔木种类(胸径(DBH) ≥ 1 cm)有27科33属40种(亚种)1637株, 其中狭果秤锤树的重要值最大, 其次是香樟(*Cinnamomum camphora* (Linn.) J. Presl), 二者为群落的建群种; 紫弹树(*Celtis biondii* Pamp.)、尾叶冬青(*Ilex wilsonii* Loes.)和瓜木(*Alangium platanifolium* (Sieb. et Zucc.) Harms)是群落的共优势种。灌木层植物33种, 狭果秤锤树和瓜木的重要值较高; 草本层植物24种(亚种), 紫金牛(*Ardisia japonica* (Thunb.) Bl.)的重要值最高, 占绝对优势。群落林冠层主要为香樟和紫弹树, 亚乔木层和乔木下层以狭果秤锤树、尾叶冬青和瓜木数量较多。群落径级结构呈倒J型, 狭果秤锤树、尾叶冬青和瓜木等株数较多, 集中分布在小径级处; 香樟和紫弹树株数相对较少, 分布在大径级处。香樟和紫弹树的径级结构为间歇型, 更新状态不佳, 在群落中的优势地位呈降低的趋势; 狭果秤锤树、尾叶冬青和瓜木的径级结构呈L型, 更新状态较好, 在群落中的优势地位将进一步提升。研究结果显示: 赣北九江市永修县狭果秤锤树适应性良好, 种群发展稳定, 所在群落由阳生性常绿阔叶林向中生性常绿阔叶林演替。

关键词: 狭果秤锤树; 常绿阔叶林; 群落结构; 群落演替

中图分类号: Q948.15; S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2019)01-0096-09

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2019.01.12

Structure and regeneration characteristics of *Sinojackia rehderiana* community ZHOU Saixia¹, PENG Yansong¹, GAO Puxin¹, YANG Chunhui², DING Jianmin¹, LI Guoliang¹ (1. Lushan Botanical Garden, Jiangxi Province and Chinese Academy of Sciences, Lushan 332900, China; 2. Hubei Province Forestry Science and Technology Popularizing Center, Wuhan 430079, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2019, 28(1): 96-104

Abstract: *Sinojackia rehderiana* Hu community concentratedly distributed in Yongxiu County of Jiujiang City of North Jiangxi was investigated, and its species composition, community structure, and regeneration pattern were analyzed. The results show that there are 1637 individuals of arbor species (diameter at breast height (DBH) ≥ 1 cm) belonging to 40 species (subspecies) in 33 genera of 27 families in this community, in which important value of *S. rehderiana* is the largest, and that of *Cinnamomum camphora* (Linn.) J. Presl comes second, and both of them are constructive species of the community; *Celtis biondii* Pamp., *Ilex wilsonii* Loes., and *Alangium platanifolium* (Sieb. et Zucc.) Harms are co-dominant species in the community. There are 33 species in shrub layer, and important values of *S. rehderiana* and *A. platanifolium* are relatively high; there are 24 species (subspecies) in herb layer, and important value of *Ardisia japonica* (Thunb.) Bl. is the highest, which is absolutely dominant species. Canopy layer in this community is mainly composed of *C. camphora* and *C. biondii*, while numbers of *S. rehderiana*, *I. wilsonii*, and *A. platanifolium* are relatively large in sub-arbor layer and under layer of arbor. The diameter class structure of community shows an inverse J-shape, and individual numbers of *S. rehderiana*, *I. wilsonii*, and *A. platanifolium* are relatively large, and they have

收稿日期: 2018-06-06

基金项目: 中国科学院重点部署项目(KFJ-3W-N01-143); 国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY111500-2-3); 江西省火炬计划项目(20161BBE51017)

作者简介: 周赛霞(1976—)女, 湖北武汉人, 硕士, 副研究员, 主要从事植物保护生态学和种群生态学方面的研究。

a concentrated distribution at small diameter class; individual numbers of *C. camphora* and *C. biondii* are relatively small, which are distributed at large diameter class. Diameter class structures of *C. camphora* and *C. biondii* are intermittent shape, and their regeneration status is relatively poor, their dominant positions in the community are lowered; diameter class structure of *S. rehderiana*, *I. wilsonii*, and *A. platanifolium* show an L-shape, and their regeneration status is relatively good, their dominant positions in the community will be further improved. It is suggested that *S. rehderiana* in Yongxiu County of Jiujiang City of North Jiangxi has a good adaptability, the development of its population is steady, and its community has a succession from evergreen broad-leaved forest dominated by heliophytes to evergreen broad-leaved forest dominated by mesophytes.

Key words: *Sinojackia rehderiana* Hu; evergreen broad-leaved forest; community structure; community succession

秤锤树属(*Sinojackia* Hu)为中国特有属^[1],该属植物因其果实形似秤锤而得名,包括长果秤锤树(*S. dolichocarpa* C. J. Qi)、秤锤树(*S. xylocarpa* Hu)、狭果秤锤树(*S. rehderiana* Hu)、棱果秤锤树(*S. henryi* (Dummer) Merr.)、细果秤锤树(*S. microcarpa* C. T. Chen et G. Y. Li)、肉果秤锤树(*S. sarcocarpa* L. Q. Luo)、黄梅秤锤树(*S. huangmeiensis* J. W. Ge et X. H. Yao)、怀化秤锤树(*S. oblongicarpa* C. T. Chen et T. R. Cao)和乐山秤锤树(*S. xylocarpa* var. *leshanensis* L. Q. Luo)^[2-5],这些种类的分布范围狭窄且植株数量很少,大都处于濒危或受胁迫状态^[5]。这些零星分布的残遗种在研究安息香科(*Styracaceae*)的地理起源上具有重要价值^[1]。

狭果秤锤树花洁白芬芳,果实色艳而形奇,是优良的观赏树种。长期的野外调查结果表明:狭果秤锤树仅星散分布于安徽泾县、广东乳源县、江西彭泽县和永修县以及湖南祁东县等地。由于狭果秤锤树野生生境破碎化和栖息地丧失,加之其种子萌发率低及对生境要求特殊等生理生态特性,导致该种分布范围很窄,数量大幅降低。为了保护狭果秤锤树这一珍贵稀有资源,对其各方面展开研究势在必行。目前,已有研究主要集中在狭果秤锤树群落区系特征^[6]、种群年龄结构和空间分布格局^[7]、种间联结性^[8]及遗传印记等^[9-10]方面,尚未有关针对其群落结构和更新方面的研究。

鉴于此,本文通过对赣北九江市永修县集中分布的狭果秤锤树群落的物种组成、群落的径级结构和垂直结构以及更新特征进行研究,探讨狭果秤锤树的生长状况和演替方向,分析生物因子和环境因子对狭果秤锤树种群分布的影响,以期为该濒危物种的资源保护及引种驯化提供科学依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于赣北九江市永修县艾城镇青山村,地理坐标为北纬 29°07'56"、东经 115°42'40",海拔约 23 m。该地属亚热带湿润季风气候,年均气温约 17 °C;最冷月 1 月,平均气温约 5 °C,极端最低温-16 °C;最热月 7 月,平均气温约 29 °C,极端最高温 40 °C。雨热同季,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥。全年降水量约 1 500 mm^[6]。土壤为沙质壤土,地带性植被为亚热带常绿阔叶林。由于受到人为干扰,狭果秤锤树仅集中分布在青山村 1 处面积约 7 hm²的风水林内,该林地地势较为平坦,内有 1 条狭长的河沟,雨季能蓄水,旱季则成为干沟或泥潭。

1.2 研究方法

于 2014 年 5 月,在狭果秤锤树集中分布地段,采用相邻格子样方法设置 1 个面积 50 m×100 m 的固定样地,将样地分成 50 个面积 10 m×10 m 的小样方,采用每木调查法对小样方的乔木种类(胸径(DBH)≥1 cm)进行调查,调查内容包括种类、DBH、株高、冠幅和相对坐标位置等信息。在固定样地内分别随机设置 10 个面积 5 m×5 m 的灌木样方和 10 个面积 2 m×2 m 的草本样方对灌木和草本种类进行调查,调查内容包括种类、株数、株高和盖度等信息。

1.3 数据处理和分析

乔木、灌木和草本种类的重要值的计算公式^[11-12]分别为:乔木种类的重要值=(相对频度+相对密度+相对优势度)/3;灌木或草本种类的重要值=(相对频度+相对密度+相对盖度)/3。

乔木层按树高(H)进行划分^[13],第 1 层,H≥25 m;第 2 层,15 m≤H<25 m;第 3 层,10 m≤H<15 m;

第 4 层 $5 \text{ m} \leq H < 10 \text{ m}$; 第 5 层 $2 \text{ m} \leq H < 5 \text{ m}$ 。

以大小级指数 (SDI) 来定量估计种群更新的连续性, SDI 值为正值且相对较大, 表明种群更新不连续, 小径级植株缺乏; SDI 值为负值且相对较小, 表明种群更新连续, 小径级植株较多^[14-15]。 SDI 值的计算公式为 $SDI = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - 0.5)^3$ 。式中, N 为样方内

某优势种群的植株数, x_i 为该优势种群第 i 个植株胸径与该优势种群最大植株胸径的比值。

2 结果和分析

2.1 群落物种组成

狭果秤锤树群落的物种组成见表 1。调查结果显

表 1 狭果秤锤树群落的物种组成

Table 1 Species composition of *Sinojackia rehderiana* Hu community

科 Family	属 Genus	种(亚种) Species (subspecies)
豆科 Fabaceae	黄檀属 <i>Dalbergia</i>	黄檀 <i>Dalbergia hupeana</i>
	皂荚属 <i>Gleditsia</i>	皂荚 <i>Gleditsia sinensis</i>
安息香科 Styracaceae	秤锤树属 <i>Sinojackia</i>	狭果秤锤树 <i>Sinojackia rehderiana</i>
八角枫科 Alangiaceae	八角枫属 <i>Alangium</i>	瓜木 <i>Alangium platanifolium</i>
大戟科 Euphorbiaceae	油桐属 <i>Vernicia</i>	木油桐 <i>Vernicia montana</i>
	叶下珠属 <i>Phyllanthus</i>	青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>
冬青科 Aquifoliaceae	冬青属 <i>Ilex</i>	枸骨 <i>Ilex cornuta</i>
		香冬青 <i>Ilex suaveolens</i>
		尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>
		冬青 <i>Ilex chinensis</i>
胡颓子科 Elaeagnaceae	胡颓子属 <i>Elaeagnus</i>	蔓胡颓子 <i>Elaeagnus glabra</i>
夹竹桃科 Apocynaceae	络石属 <i>Trachelospermum</i>	贵州络石 <i>Trachelospermum bodinieri</i>
金缕梅科 Hamamelidaceae	枫香树属 <i>Liquidambar</i>	枫香树 <i>Liquidambar formosana</i>
	榿木属 <i>Loropetalum</i>	榿木 <i>Loropetalum chinense</i>
壳斗科 Fagaceae	锥属 <i>Castanopsis</i>	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>
	栎属 <i>Quercus</i>	小叶栎 <i>Quercus chenii</i>
马鞭草科 Verbenaceae	大青属 <i>Clerodendrum</i>	大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>
	豆腐柴属 <i>Premna</i>	豆腐柴 <i>Premna microphylla</i>
木犀科 Oleaceae	女贞属 <i>Ligustrum</i>	蜡子树 <i>Ligustrum leucanthum</i>
		小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>
		女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>
漆树科 Anacardiaceae	黄连木属 <i>Pistacia</i>	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>
槭树科 Aceraceae	槭属 <i>Acer</i>	三角槭 <i>Acer buergerianum</i>
茜草科 Rubiaceae	栀子属 <i>Gardenia</i>	栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>
蔷薇科 Rosaceae	蔷薇属 <i>Rosa</i>	小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>
清风藤科 Sabiaceae	清风藤属 <i>Sabia</i>	鄂西清风藤 <i>Sabia campanulata</i> subsp. <i>ritchiae</i>
忍冬科 Caprifoliaceae	英蒾属 <i>Viburnum</i>	英蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>
		茶英蒾 <i>Viburnum setigerum</i>
桑科 Moraceae	桑属 <i>Morus</i>	桑 <i>Morus alba</i>
山茶科 Theaceae	山茶属 <i>Camellia</i>	油茶 <i>Camellia oleifera</i>
山矾科 Symplocaceae	山矾属 <i>Symplocos</i>	华山矾 <i>Symplocos chinensis</i>
省沽油科 Staphyleaceae	野鸦椿属 <i>Euscaphis</i>	野鸦椿 <i>Euscaphis japonica</i>
柿树科 Ebenaceae	柿属 <i>Diospyros</i>	山柿 <i>Diospyros japonica</i>
		毛柿 <i>Diospyros strigosa</i>
桃金娘科 Myrtaceae	蒲桃属 <i>Syzygium</i>	赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>
卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i>	百齿卫矛 <i>Euonymus centidens</i>
榆科 Ulmaceae	朴属 <i>Celtis</i>	紫弹树 <i>Celtis biondii</i>
樟科 Lauraceae	山胡椒属 <i>Lindera</i>	山胡椒 <i>Lindera glauca</i>
	樟属 <i>Cinnamomum</i>	香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>
棕榈科 Palmae	棕榈属 <i>Trachycarpus</i>	棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>

示: 狭果秤锤树群落中的乔木种类(DBH ≥ 1 cm) 40 种(亚种) 1 637 株, 隶属于 27 科 33 属。其中, 常绿树种 18 种, 落叶树种 22 种。豆科(Fabaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、金缕梅科(Hamamelidaceae)、壳斗科(Fagaceae)、马鞭草科(Verbenaceae) 和樟科(Lauraceae) 均 2 属 2 种, 冬青科(Aquifoliaceae) 1 属 4 种, 木犀科(Oleaceae) 1 属 3 种, 忍冬科(Caprifoliaceae) 和柿树科(Ebenaceae) 均 1 属 2 种, 其他科均 1 属 1 种。

狭果秤锤树群落乔木层主要种类的种群参数见

表 2。调查结果显示: 狭果秤锤树群落中狭果秤锤树 954 株, 多度较大, 重要值为 25.23%, 处于第 1 位; 香樟(*Cinnamomum camphora* (Linn.) J. Presl) 胸高断面积 $69.74 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$, 远远高于该群落中其他物种, 重要值处于第 2 位。狭果秤锤树和香樟的重要值较高, 在狭果秤锤树群落中处于优势地位, 为该群落的建群种。紫弹树(*Celtis biondii* Pamp.)、尾叶冬青(*Ilex wilsonii* Loes.) 和瓜木(*Alangium platanifolium* (Sieb. et Zucc.) Harms) 的重要值也较高, 为该群落的共优势种。

表 2 狭果秤锤树群落乔木层主要种类的种群参数

Table 2 Population parameters of major species in arbor layer of *Sinojackia rehderiana* Hu community

种 Species	生活型 ¹⁾ Life form ¹⁾	频度 / % Frequency	多度 Abundance	胸高断面积 / ($\text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$) Section area at breast height	重要值 / % Important value	大小级指数 Size distribution index
狭果秤锤树 <i>Sinojackia rehderiana</i>	D	98	954	6.14	25.23	-0.051
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	E	62	63	69.74	23.49	0.012
紫弹树 <i>Celtis biondii</i>	D	38	27	18.67	7.39	0.022
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	E	76	92	2.19	5.65	-0.049
瓜木 <i>Alangium platanifolium</i>	D	60	80	0.83	4.36	-0.025
青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>	D	66	66	0.19	4.14	-0.010
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	E	56	79	0.28	4.02	-0.002
毛柿 <i>Diospyros strigosa</i>	D	46	57	1.93	3.61	-0.037
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	E	38	31	1.62	2.67	-0.069
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	E	12	6	6.93	2.57	0.009
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	D	32	22	1.49	2.20	-0.048
蜡子树 <i>Ligustrum leucanthum</i>	D	30	19	0.34	1.73	-0.009
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	D	26	24	0.05	1.58	-0.037
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	E	18	15	1.28	1.41	-0.005
野鸦椿 <i>Euscaphis japonica</i>	D	18	11	0.07	0.99	0.009
木油桐 <i>Vernicia montana</i>	D	14	7	0.48	0.86	0.011
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	E	14	9	0.02	0.77	0.025
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	E	10	15	0.17	0.77	0.001
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	D	6	4	1.47	0.75	0.027
蔓胡颓子 <i>Elaeagnus glabra</i>	E	98	8	0.29	0.74	0.001

¹⁾ D: 落叶 Deciduous; E: 常绿 Evergreen.

狭果秤锤树群落灌木层种类 33 种, 包括乔木种类的幼苗和小树; 草本层种类 24 种(亚种)。狭果秤锤树群落灌木层和草本层主要种类见表 3。调查结果显示: 狭果秤锤树在灌木层的重要值处于第 1 位, 其次是瓜木。大青(*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.)、青灰叶下珠(*Phyllanthus glaucus* Wall. ex Muell. Arg.) 和栀子(*Gardenia jasminoides* Ellis) 等在林冠下长势较好, 散布在群落内, 重要值也较高。香樟、紫弹树和苦槠(*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott.) 等高大乔木的更新苗在灌木层分布很少, 重

要性不突出。紫金牛(*Ardisia japonica* (Thunb.) Blume) 在草本层的株数较多, 遍布整个风水林, 在群落内相对密度达 95% 以上, 重要值 62.81%, 排在草本层第 1 位。

2.2 群落结构

2.2.1 径级结构 调查结果显示: 狭果秤锤树群落乔木种类(DBH ≥ 1 cm) 1 637 株, 其中, $1 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 5 \text{ cm}$ 的乔木种类 1 302 株, 占总株数的 79.5%; $5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 9 \text{ cm}$ 的乔木种类 161 株, 占总株数的 9.8%; 其他更大径级乔木种类数量占总株数的 10.6%。

表 3 狭果秤锤树群落灌木层和草本层主要种类的重要值

Table 3 Important values of major species in shrub and herb layers of *Sinojackia rehderiana* Hu community

种(亚种) Species (subspecies)	频度/% Frequency	多度 Abundance	相对密度/% Relative density	相对频度/% Relative frequency	相对盖度/% Relative coverage	重要值/% Important value
灌木层 Shrub layer						
狭果秤锤树 <i>Sinojackia rehderiana</i>	89	59	13.59	6.84	21.74	14.06
瓜木 <i>Alangium platanifolium</i>	89	67	15.44	6.84	11.21	11.16
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	78	46	10.60	5.98	7.30	7.96
青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>	78	27	6.22	5.98	8.15	6.79
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	56	22	5.07	4.27	7.47	5.61
小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>	78	21	4.84	5.98	3.57	4.80
高粱泡 <i>Rubus lambertianus</i>	44	35	8.06	3.42	2.21	4.56
网络崖豆藤 <i>Callerya reticulata</i>	78	19	4.38	5.98	1.87	4.08
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	56	9	2.07	4.27	4.59	3.64
朱砂根 <i>Ardisia crenata</i>	67	14	3.23	5.13	2.21	3.52
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	22	9	2.07	1.71	5.95	3.24
蜡子树 <i>Ligustrum leucanthum</i>	67	9	2.07	5.13	2.38	3.19
五加 <i>Ligustrum lucidum</i>	44	16	3.69	3.42	1.32	2.81
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	44	7	1.61	3.42	3.40	2.81
百齿卫矛 <i>Euonymus centidens</i>	56	10	2.30	4.27	1.63	2.74
草本层 Herb layer						
紫金牛 <i>Ardisia japonica</i>	100	8 970	95.33	14.52	78.58	62.81
江南短肠蕨 <i>Allantodia metteniana</i>	78	126	1.34	11.29	6.22	6.28
接骨草 <i>Sambucus javanica</i>	56	28	0.30	8.06	2.56	3.64
三脉紫菀 <i>Aster trinervius</i> subsp. <i>ageratoides</i>	33	65	0.69	4.84	2.93	2.82
过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>	44	43	0.46	6.45	0.73	2.55
天南星 <i>Arisaema heterophyllum</i>	44	9	0.10	6.45	1.01	2.52
狗脊蕨 <i>Woodwardia japonica</i>	33	46	0.49	4.84	0.73	2.02
野芝麻 <i>Lamium barbatum</i>	33	21	0.22	4.84	0.55	1.87
蝙蝠葛 <i>Menispermum dauricum</i>	33	12	0.13	4.84	0.64	1.87
中华金腰 <i>Chrysosplenium sinicum</i>	33	28	0.30	4.84	0.37	1.83
大头蠢吾 <i>Ligularia japonica</i>	11	13	0.14	1.61	3.48	1.74
沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i>	22	9	0.10	3.23	0.27	1.20
腹水草 <i>Veronicastrum stenostachyum</i> subsp. <i>plukenetii</i>	22	4	0.04	3.23	0.27	1.18
络石 <i>Trachelospermum jasminoides</i>	22	8	0.09	3.23	0.19	1.17
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	22	4	0.04	3.23	0.18	1.15

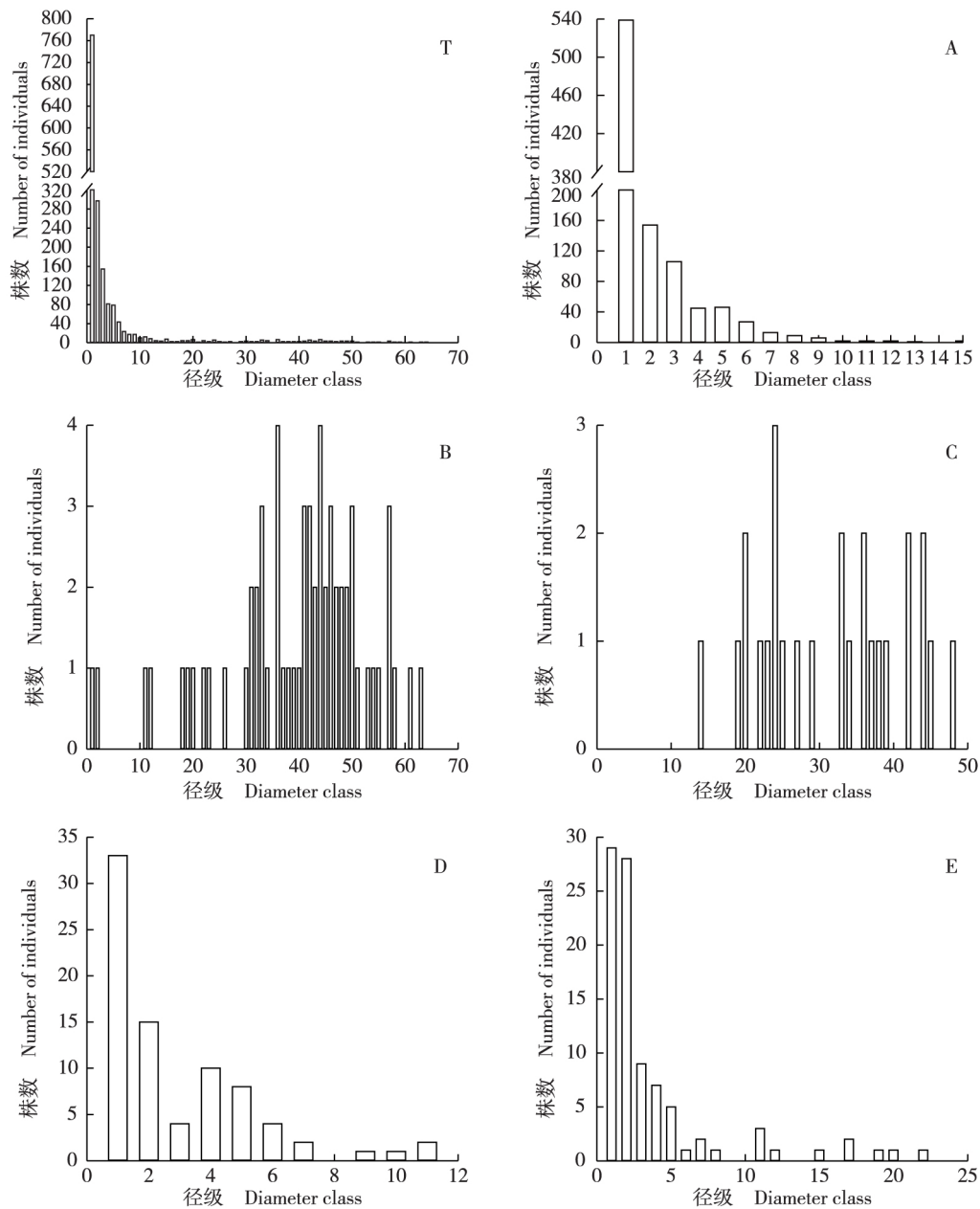
以 DBH 1 cm 为径级,狭果秤锤树群落乔木种类及乔木层优势种的径级分布见图 1。

从整个群落乔木种类的径级分布图(图 1-T)可见,群落径级结构呈倒 J 型,径级分布连续。从群落发展趋势来看,该群落属于稳定型^[16]。

对乔木层 5 个优势种径级分布进行分析,结果显示:狭果秤锤树、尾叶冬青和瓜木等种类的株数较多,大部分植株集中在小径级处,形成大峰。香樟和紫弹树株数相对较少,分布在大径级处,形成小峰。其中,狭果秤锤树呈 L 型分布,径级连续,小径级植株较多,属于典型的成长型种群(图 1-A);香樟和紫弹树径级分布不连续(图 1-B、C),属于间歇型种群,具有较多的大径级植株,缺乏小径级植株,种群发展趋势为

衰退型;尾叶冬青和瓜木在赣北山区比较常见(图 1-D、E),这 2 个种类的径级分布较相似,呈 L 型,径级集中分布在 $1\text{ cm} \leq \text{DBH} < 5\text{ cm}$ 范围,大径级植株较少,株数明显少于狭果秤锤树,这 2 种植物对生境的要求不严格,抗逆性强,将来会成为狭果秤锤树的有力竞争对手。

2.2.2 垂直结构 狭果秤锤树群落乔木层的乔木种类(树高(H) $\geq 2\text{ m}$) 1 287 株,将乔木层按 H 值进行划分,结果(表 4)显示:第 1 层(H $\geq 25\text{ m}$)和第 2 层($15\text{ m} \leq H < 25\text{ m}$)为林冠层,第 3 层($10\text{ m} \leq H < 15\text{ m}$)和第 4 层($5\text{ m} \leq H < 10\text{ m}$)为亚乔木层,第 5 层($2\text{ m} \leq H < 5\text{ m}$)为乔木下层^[17]。第 1 层以常绿树种占优势,主要种类为香樟,该层香樟 60 株,占香樟植株总数的



T: 所有乔木种类 Total arbor species; A: 狭果秤锤树 *Sinojackia rehderiana* Hu; B: 香樟 *Cinnamomum camphora* (Linn.) J. Presl; C: 紫弹树 *Celtis biondii* Pamp.; D: 尾叶冬青 *Ilex wilsonii* Loes.; E: 瓜木 *Alangium platanifolium* (Sieb. et Zucc.) Harms.

图 1 狭果秤锤树群落乔木种类及乔木层优势种的径级分布
 Fig. 1 Diameter class distribution of arbor species and dominant species in arbor layer of *Sinojackia rehderiana* Hu community

96.8%; 紫弹树 24 株, 占紫弹树植株总数的 88.9%。这 2 种植物株数占该层植株总数的 84.8%。第 2 层植株 18 株, 远低于第 1 层, 树种较分散, 没有优势种, 主要为紫弹树、尾叶冬青和毛柿 (*Diospyros strigose* Hemsl.) 等落叶树种。第 3 层主要分布落叶阔叶树种, 没有优势种, 瓜木重要值较高, 冬青 (*Ilex chinensis*

Sims) 和尾叶冬青等常绿树种开始出现。第 4 层中狭果秤锤树数量较多, 占该层植株总数的 63.4%, 其他优势种有瓜木、毛柿和尾叶冬青等。第 5 层优势种为狭果秤锤树, 占该层植株总数的 57.0%; 尾叶冬青和赤楠 (*Syzygium buxifolium* Hook. et Arn.) 等常绿乔木树种优势地位也较明显。

表 4 狭果秤锤树群落乔木层垂直结构¹⁾
Table 4 Vertical structure of arbor layer in *Sinojackia rehderiana* Hu community¹⁾

种 Species	第 1 层 The first layer (H ≥ 25 m)		第 2 层 The second layer (15 m ≤ H < 25 m)		第 3 层 The third layer (10 m ≤ H < 15 m)		第 4 层 The fourth layer (5 m ≤ H < 10 m)		第 5 层 The fifth layer (2 m ≤ H < 5 m)	
	N	P/%	N	P/%	N	P/%	N	P/%	N	P/%
	狭果秤锤树 <i>Sinojackia rehderiana</i>	0	0.0	0	0.0	2	13.3	232	63.4	450
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	60	60.6	1	5.6	0	0.0	1	0.3	0	0.0
紫弹树 <i>Celtis biondii</i>	24	24.2	3	16.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	0	0.0	2	11.1	1	6.7	24	6.6	52	6.6
瓜木 <i>Alangium platanifolium</i>	0	0.0	0	0.0	3	20.0	26	7.1	38	4.8
青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	0.8	51	6.5
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	2.5	57	7.2
毛柿 <i>Diospyros strigosa</i>	1	1.0	3	16.7	2	13.3	26	7.1	21	2.7
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	2	2.0	0	0.0	1	6.7	4	1.1	18	2.3
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	3	3.0	2	11.1	0	0.0	0	0.0	1	0.1
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	3	3.0	2	11.1	0	0.0	5	1.4	10	1.3
蜡子树 <i>Ligustrum leucanthum</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	2.2	11	1.4
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	21	2.7
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	0	0.0	1	5.6	2	13.3	10	2.7	2	0.3
野鸦椿 <i>Euscaphis japonica</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.3	9	1.1
木油桐 <i>Vernicia montana</i>	0	0.0	1	5.6	2	13.3	3	0.8	1	0.1
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	0.8
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	0.3	12	1.5
黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	1	1.0	1	5.6	2	13.3	0	0.0	0	0.0
蔓胡颓子 <i>Elaeagnus glabra</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	0.8	5	0.6
其他 Other	5	5.1	2	11.1	0	0.0	10	2.7	24	3.0
合计 Total	99	100.0	18	100.0	15	100.0	366	100.0	789	100.0

¹⁾ H: 树高 Height of tree; N: 株数 Number of individuals; P: 比例 Percentage.

群落林冠层以香樟和紫弹树为优势种,这 2 个种树体高大,树冠饱满开阔,盖度较大,充分展现了大乔木的形态。亚乔木层以落叶树种为主,瓜木和毛柿等数量较多;狭果秤锤树开始大量出现,在亚乔木层占优势,体现了小乔木的特征。乔木下层树种数量最多,乔木树种的更新苗、小乔木和灌木等大量分布。

2.3 群落更新与演替

狭果秤锤树群落中 $1 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 2 \text{ cm}$ 且 $H < 2 \text{ m}$ 的植株计为更新苗,统计结果(表 5)显示:群落中更新苗 325 株,其中狭果秤锤树 254 株,瓜木 13 株,尾叶冬青 12 株,香樟 1 株,紫弹树的更新苗没有出现。结合 SDI 值(表 2)狭果秤锤树、尾叶冬青、瓜木、青灰叶下珠、赤楠、毛柿、冬青、三角槭 (*Acer buergerianum* Miq.) 和大青的 SDI 值为负值,表明这些种群更新状态较好,在未来群落发展中将处于有利地位。在群落中香樟、紫弹树、苦槠、野鸦椿 (*Euscaphis japonica* (Thunb.) Kanitz)、木油桐 (*Vernicia montana* Lour.)、栀子、油茶 (*Camellia oleifera* Abel)、黄连木

表 5 狭果秤锤树群落中主要种类的更新情况
Table 5 Regeneration status of major species in *Sinojackia rehderiana* Hu community

种 Species	更新苗株数 Individual number of regeneration seedlings
狭果秤锤树 <i>Sinojackia rehderiana</i>	254
赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	13
瓜木 <i>Alangium platanifolium</i>	13
尾叶冬青 <i>Ilex wilsonii</i>	12
青灰叶下珠 <i>Phyllanthus glaucus</i>	11
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	6
枸骨 <i>Ilex cornuta</i>	3
百齿卫矛 <i>Euonymus centidens</i>	2
大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>	2
三角槭 <i>Acer buergerianum</i>	2
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	1
栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	2
毛柿 <i>Diospyros strigosa</i>	1
桑 <i>Morus alba</i>	1
野鸦椿 <i>Euscaphis japonica</i>	1
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	1

(*Pistacia chinensis* Bunge) 和 蔓 胡 颓 子 (*Elaeagnus glabra* Thunb.) 的更新苗数量不多或没有出现, *SDI* 值为正值, 表明更新状态不佳。

更新情况表明: 狭果秤锤树植株丰富, 更新状态良好, 在群落中的优势地位呈现上升趋势; 香樟和紫弹树大径级植株较多, 相对稳定, 但乔木下层更新苗不足, 这将严重影响香樟和紫弹树在未来的竞争力, 表现出衰退的特性。尾叶冬青和瓜木植株较多, 更新苗的增补率较高, 优势地位将有所提升, 但考虑到这 2 个种类大多与狭果秤锤树处于相同林层, 由此推测, 三者在未来的竞争将会加剧。

3 讨论和结论

狭果秤锤树群落物种组成丰富, 狭果秤锤树和香樟为群落的建群种, 紫弹树、尾叶冬青、瓜木为主要的共优势种。该群落的径级结构呈倒 J 型, 狭果秤锤树、尾叶冬青和瓜木等集中分布在小径级处, 植株数量多, 香樟、紫弹树集中分布在大径级处, 因此, 群落径级出现小径级处的大峰和大径级处的小峰, 这与亚热带或暖温带一些常绿阔叶林或针阔混交林径级结构相似^[13, 18-19]。这类具有高大林冠的林分能容纳较多的物种, 群落的物种多样性通常较高^[20]。

种群的径级结构类型和更新情况能够反映其在群落中所处的地位和发展趋势^[16, 18]。香樟和紫弹树径级结构为间歇型, 占据林冠层, 从种群生态特性来看, 这 2 种植物都是喜光树种, 耐荫性不强, 种群更新受到限制, 在林隙或林缘更新几率较大。实地调查结果显示: 狭果秤锤树群落内乔木层郁闭度很大, 林隙较少且面积不大, 亚乔木层或乔木下层分布较多的狭果秤锤树等小乔木或灌木, 且草本层盖度很高, 不利于林冠层树种更新。

树种的生态习性和所处生境决定了种群的发展趋势^[21], 因此, 一些学者以第 1 优势种群的生态习性来确定群落所处演替阶段。亚热带常绿阔叶林演替通常被划分为 6 个阶段, 当群落发展到以中生性树种为第 1 优势种时, 可以确定群落达到顶级阶段^[22-25]。在判定群落演替趋势时, 通常乔木的起测胸径 (DBH) 为 5 cm^[22, 26-27]。本研究中, 剔除小径级 (DBH<5 cm) 植株的影响, 香樟优势地位超过狭果秤锤树, 目前群落处于以强阳性物种为主的常绿阔叶林, 据此判定该群落尚未进入顶级阶段。香樟和紫弹

树树体高大, 冠幅开阔饱满, 在生境适合的地段通常寿命可达数百年, 可以推断, 随着群落的演替, 香樟和紫弹树必将延续至以中生性为主的常绿阔叶林的顶级阶段群落。

通过对群落中优势物种种群结构、群落垂直结构以及优势物种更新情况分析, 狭果秤锤树表现出稳定的发展趋势, 幼苗、小树数量充足, 径级分布连续, 最大胸径达 15.7 cm, 树高最高达 11 m, 长势良好。张家城等^[22]对亚热带森林群落演替的研究结果表明: 第 1 优势种被更耐荫、喜湿、对养分等条件要求更高的树种替代完成 1 次顺向演替。狭果秤锤树耐荫、喜湿, 在沙性土壤中才能生长良好, 推测在自然条件稳定且无人破坏的前提下, 狭果秤锤树将在群落中稳定且长期存在。本研究地处于亚热带季风气候区, 与北亚热带相邻, 常绿阔叶林掺入较多暖温带成分即落叶阔叶树种^[28], 处于林冠层的紫弹树、苦槠、毛柿和三角槭等在群落中重要值较高也印证了这一观点。亚乔木层和乔木下层分布较多的青灰叶下珠、赤楠、毛柿、三角槭、蜡子树、大青和女贞等的重要值较高且更新状态良好, 进一步表明群落有可能向以中生性为主的常绿阔叶林方向发展。

狭果秤锤树群落是华东和华南特有的植物群落, 赣北永修县的狭果秤锤树群落是目前发现的分布最为集中、保存最为完好的野生原始狭果秤锤树群落。本研究表明: 狭果秤锤树幼苗、小树充足, 径级结构完整, 该地比较适合其生长和发展。但狭果秤锤树种群扩大较为困难, 推测主要原因为: 1) 虽然植物开花和结果数量较多, 但结籽率不高; 2) 果实大且外皮坚硬, 极少有动物进行远距离传播, 坚硬致密的内果皮也阻碍了种子的自然萌发^[29]; 3) 人为干扰破坏了种群的栖息地^[5], 残存的种群因缺乏杂合子而面临近交衰退的风险^[30]。珍稀植物的保护一直以来是保护生物学的一个重要研究领域^[31], 涉及到人类生产生活以及自然环境、自然资源的合理开发和利用等方面。对珍稀濒危植物的保护应在对其开展充分资源调查的基础上, 研究其生理生态学特性, 查明濒危原因, 制定相应的保护措施。有条件的植物园或研究机构应开展一系列抢救这些濒危植物的工程, 比如针对原生境的就地保护以及引种栽培等迁地保护方法等, 此外, 还应加强宣传教育, 发动普通大众加入到保护野生植物资源的长远工作中来。

参考文献:

- [1] 陈涛,张宏达. 亚洲安息香科植物地理分布研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1996, 35(1): 97-103.
- [2] WU Z Y, RAVEN P H, HONG D Y. Flora of China: Vol. 15 [M]. Beijing: Science Press, 1996: 253-271.
- [3] 罗利群. 乐山秤锤树——四川秤锤树属(安息香科)一新变种[J]. 植物研究, 2005, 25(3): 260-261.
- [4] YAO X H, YE Q G, GE J W, et al. A new species of *Sinojackia* (Styracaceae) from Hubei, central China [J]. Novon, 2007, 17(1): 138-140.
- [5] 姚小洪,叶其刚,康明,等. 秤锤树属与长果安息香属植物的地理分布及其濒危现状[J]. 生物多样性, 2005, 13(4): 339-346.
- [6] 谢国文,王惟荣,何静欣,等. 濒危植物狭果秤锤树所在群落的区系特征[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2012, 11(4): 18-24.
- [7] 徐惠明,谢国文,王业磷,等. 狭果秤锤树种群年龄结构和空间分布格局研究[J]. 广东农业科学, 2016, 43(8): 51-57.
- [8] 周赛霞,彭焱松,丁剑敏,等. 珍稀植物狭果秤锤树群落木本植物种间联结性及群落稳定性研究[J]. 广西植物, 2017, 37(4): 442-448.
- [9] ZHANG J, YE Q, GAO P, et al. Genetic footprints of habitat fragmentation in the extant populations of *Sinojackia* (Styracaceae): implications for conservation [J]. Botanical Journal of Linnean Society, 2012, 170(2): 232-242.
- [10] YAO X, ZHANG J, YE Q, et al. Fine-scale spatial genetic structure and gene flow in a small, fragmented population of *Sinojackia rehderiana* (Styracaceae), an endangered tree species endemic to China [J]. Plant Biology, 2011, 13(2): 401-410.
- [11] 陈林,杨国栋,钱慧蓉,等. 四川东拉山短丝木犀群落特征和物种多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(4): 74-83.
- [12] 刘楠楠,刘佳,张明月,等. 湖南桃源洞国家级自然保护区台湾松+檫木群落特征[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(4): 84-92.
- [13] 易好,邓湘雯,项文化,等. 湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3463-3471.
- [14] 周赛霞,江明喜,鲍大川,等. 后河自然保护区珍稀植物群落结构及更新特性[J]. 广西植物, 2011, 31(2): 209-216.
- [15] 杨永川,达良俊,陈波. 天童米槠-木荷群落主要树种的结构及空间格局[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 2927-2938.
- [16] 达良俊,杨永川,宋永昌. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 376-384.
- [17] 卢志军,鲍大川,郭屹立,等. 八大公山中亚热带山地常绿落叶阔叶混交林物种组成与结构[J]. 植物科学学报, 2013, 31(4): 336-344.
- [18] 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.
- [19] 霍萌萌,郭东罡,张婕,等. 灵空山油松-辽东栎林乔木树种群落学特征及空间分布格局[J]. 生态学报, 2014, 34(20): 5925-5935.
- [20] 贺金生,陈伟烈,李凌浩. 中国亚热带东部常绿阔叶林主要类型的群落多样性特征[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 303-311.
- [21] 王鹏程,肖文发,姚婧,等. 三峡库区3种典型森林主要组成树种的种群结构及更新[J]. 林业科学, 2009, 45(7): 7-15.
- [22] 张家城,陈力. 亚热带多优势种森林群落演替现状评判研究[J]. 林业科学, 2000, 36(2): 116-121.
- [23] 周先叶,王伯荪,李鸣光,等. 广东黑石顶自然保护区森林次生演替过程中群落的种间联结性分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 332-339.
- [24] TANG C Q, OHSAWA M. Coexistence mechanisms of evergreen, deciduous and coniferous trees in a mid-montane mixed forest on Mt. Emei, Sichuan, China [J]. Plant Ecology, 2002, 161(2): 215-230.
- [25] 周小勇,黄忠良,欧阳学军,等. 鼎湖山季风常绿阔叶林原锥栗-厚壳桂-荷木群落演替[J]. 生态学报, 2005, 25(1): 37-44.
- [26] 何美成. 关于林木径阶整化问题[J]. 林业资源管理, 1998(6): 33-36.
- [27] 牛丽丽,余新晓,刘彦,等. 不同起测胸径对判定油松分布格局的影响[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(增刊2): 12-16.
- [28] 林英,黄新和,杨祥学,等. 江西植被的基本类型及其评价[J]. 江西大学学报, 1965(3): 57-62.
- [29] 范晶,罗永富,黄明远,等. 四川濒危肉果秤锤树 rDNA-ITS 分子鉴定、种子形态学及繁育分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(11): 2483-2491.
- [30] 阮咏梅,张金菊,姚小洪,等. 黄梅秤锤树孤立居群的遗传多样性及其小尺度空间遗传结构[J]. 生物多样性, 2012, 20(4): 460-469.
- [31] 刘鹏,康华靖,廖承川,等. 浙江九龙山自然保护区长序榆群落结构特征研究[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2007, 30(4): 435-439.

(责任编辑: 张明霞)