

## ◆ 濒危植物生态群落多样性 ◆

中国特有种丹霞梧桐白湾新分布群落特征研究<sup>\*</sup>贾薪玉<sup>1</sup>, 李亚丽<sup>2,3</sup>, 温伟良<sup>1</sup>, 陈红锋<sup>2\*\*</sup>

(1. 广东清新白湾省级自然保护区管理处, 广东清远 511800; 2. 中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 广东省应用植物学重点实验室, 广东广州 510650; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**中国特有种丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)是国家二级重点保护野生植物,本研究团队在广东省清远市清新白湾省级自然保护区踏查时发现丹霞梧桐的新群落分布(后文统称为白湾群落)。为了解丹霞梧桐在石灰岩地貌上的群落结构与种群特征,采用样方进行调查,并对比分析不同地貌及不同分布点间的丹霞梧桐的群落特征。结果表明:(1)在研究的12个群落中共记录到30科36属38种植物,其中蕨类植物种类少,未发现裸子植物,被子植物占绝对优势,种子植物以热带成分为主,泛热带和热带亚洲成分次之。(2)11、12、6和3号样方为丹霞梧桐分布数量最多的4个群落。丹霞梧桐群落的年龄结构呈稳定型,其在乔木层的生长优势大于灌草层。(3)与丹霞山、南雄和英德的丹霞梧桐群落相比,白湾丹霞梧桐群落的物种丰度更低,种子植物地理区系成分构成相似,丹霞梧桐平均高度和平均胸径均高于丹霞山群落,低于南雄鸳鸯湖群落。目前,白湾群落的丹霞梧桐生长状态良好。为科学保护,建议将此群落设为丹霞梧桐就地保护小区,并将11、12、6和3号样方作为重点进行持续稳定监测。

**关键词:**丹霞梧桐;喀斯特地貌;新分布;物种组成;地理成分

中图分类号:Q948.15 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2023)06-1115-09

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20240125.010

丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)为锦葵科(Malvaceae)梧桐属(*Firmiana*)的落叶乔木。在2021年国家林业和草原局、农业农村部公布的《国家重点保护野生植物名录》中,丹霞梧桐被列为国家二级重点保护野生植物<sup>[1]</sup>。李芮芝等<sup>[2]</sup>发现在研究选取的国内分布的8种梧桐属植物中,丹霞梧桐的稳定

潜在适生区最小,需对其进行重点保护。丹霞梧桐在粤北丹霞山首次发现并于1987年发表新种<sup>[3]</sup>,当时业界认为该种仅在丹霞山有分布。之后,2014年钟平生在南雄市的丹霞地貌<sup>[4]</sup>、2019年李远球在英德市的喀斯特地貌<sup>[5]</sup>及2020年陈红锋在始兴县的丹霞地貌均发现了丹霞梧桐的新分布<sup>[6]</sup>。至此,丹霞梧桐在广东有始兴、南雄、丹霞山和英德4个分布点,生境

收稿日期:2023-07-12

修回日期:2023-08-10

<sup>\*</sup> 国家林业和草原局项目(E336050041)和广东省重点领域研发计划项目(2020B1111530004)资助。

## 【第一作者简介】

贾薪玉(1986-),女,林业高级工程师,主要从事森林资源保护与调查研究。

## 【\*\*通信作者简介】

陈红锋(1974-),男,研究员,主要从事保护生物学研究,E-mail:h.f.chen@scbg.ac.cn。

## 【引用本文】

贾薪玉,李亚丽,温伟良,等.中国特有种丹霞梧桐白湾新分布群落特征研究[J].广西科学,2023,30(6):1115-1123.

JIA X Y, LI Y L, WEN W L, et al. Baiwan New Distribution Community Characteristics of *Firmiana danxiaensis*, an Endemic Species of China [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(6): 1115-1123.

包括丹霞地貌和喀斯特地貌。

广东省内共有丹霞地貌 66 处,其中丹霞山面积最大,达 180 km<sup>2</sup>[7]。广东喀斯特地貌总面积 6 208 km<sup>2</sup>,主要分布在广东西北部和西部[8]。因其独特的自然地貌和生物群,“中国南方喀斯特”和“中国丹霞”均被联合国教科文组织列为世界自然遗产,也被世界自然保护联盟认定为全球植物多样性中心[9]。作为国家二级重点保护野生植物,丹霞梧桐同时生长在丹霞地貌和喀斯特地貌,是研究木本植物对特殊生境适应性的优良材料,开展丹霞梧桐的资源调查和群落特征研究是对其开展保护和适应性研究的前提与基础。

随着丹霞梧桐分布点的增多,丹霞地貌的相关研究有丹霞山和南雄群落的特征比较研究[10]、丹霞山群落的种子植物地理区系成分研究[11];喀斯特地貌的研究则有英德群落的资源统计[5]。本研究团队于广东省清远市石潭镇白湾省级自然保护区白路坪(下文称白湾白路坪)的喀斯特地貌发现 1 个丹霞梧桐集中分布群落(后人统称为白湾群落),并研究其与丹霞地貌群落之间的异同。本研究对白湾丹霞梧桐群落进行种群调查和群落特征研究,同时和已有的丹霞地貌及喀斯特地貌群落特征的相关研究进行对比,旨在为进一步开展丹霞梧桐的资源保育、保护小区的确立和迁地保护等提供科学依据,为其生境适应性研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

自 2020 年缪绅裕等[5]在英德的喀斯特地貌发现

表 1 样方基本特征

Table 1 Basic characteristics of the sample plots

样地号 Sample plot number	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude/m	坡度/° Slope/°	坡向 Aspect
1	112°43'41"E	24°14'18"N	465.6	50	Southwest
2	112°43'41"E	24°14'18"N	473.0	55	Northwest
3	112°43'41"E	24°14'19"N	457.0	60	West
4	112°43'42"E	24°14'20"N	456.4	45	West
5	112°43'42"E	24°14'19"N	476.8	35	Southeast
6	112°43'42"E	24°14'19"N	486.9	15	Southeast
7	112°43'42"E	24°14'19"N	469.7	15	Southeast
8	112°43'42"E	24°14'19"N	455.4	50	West
9	112°43'42"E	24°14'19"N	469.7	60	Southeast
10	112°43'42"E	24°14'19"N	463.8	20	Southeast
11	112°43'43"E	24°14'20"N	482.2	55	East
12	112°43'42"E	24°14'20"N	474.8	30	West

丹霞梧桐的新分布,丹霞梧桐不再是丹霞地貌特有种。在白湾省级自然保护区踏查过程中,本研究团队于白路坪(112°43'41"E,24°14'18"N)发现一处疑似丹霞梧桐新群落,后经中国科学院华南植物园陈红锋研究员鉴定为丹霞梧桐(*F. danxiaensis*)。该点分布有丹霞梧桐植株 100 余株,分布海拔约 460 m,坡度集中在 30–60°,西坡和东南坡居多。白湾白路坪成为丹霞梧桐在喀斯特地貌的第 2 个分布点,为开展丹霞梧桐对不同地貌生境的适应机制研究提供新资源。

丹霞梧桐的白湾群落为石灰岩地貌,亦称喀斯特地貌,土壤为石灰岩土,呈中性或微碱性。境内地势自西向东南倾斜,西北部是山区,东南部是丘陵地带,山多田地少。白湾省级自然保护区属典型的亚热带季风气候区,光热充足,雨量充沛,雨热同季,夏季炎热高温,冬季霜冻寒潮较多。年平均气温为 20–22 °C,无霜期 330 d 以上,年均降水量 1 800–2 000 mm[12,13]。

### 1.2 样地设置与调查

在白湾省级自然保护区踏查的基础上,本研究选择在丹霞梧桐分布较多的白路坪进行样方调查,样方顺着山体从上往下布设。共调查 12 个样方(表 1),每个样方的面积均为 10 m×10 m。样方内乔木层采用“每木记账调查法”,对所有高于 2 m、胸径≥2 cm 的立木进行检测,测定其树高、胸径和冠幅,并记录经纬度、海拔、坡度、坡向和土壤类型等数据。同时对林下植物包括灌木层、草本层及层间植物进行调查,记录种类、株数、高度和盖度信息。

### 1.3 数据处理与分析

#### 1.3.1 物种组成及地理区系分析

对 12 个群落中的物种按照乔木层和灌草层进行统计分析。接着根据吴征镒等<sup>[14]</sup>的研究结果对 12 个丹霞梧桐群落中物种进行科的地理区系划分,根据《中国种子植物属的分布区类型》<sup>[15]</sup>进行属的地理区系划分。参考曾宪锋等<sup>[16]</sup>的方法,对种进行分布区类型的划分。最后将结果和已报道的丹霞山<sup>[11]</sup>、南雄<sup>[10]</sup>和英德群落<sup>[5]</sup>结果进行对比。

#### 1.3.2 物种重要值分析

以各调查群落的样地总面积为基础,计算灌草层和乔木层各物种重要值,计算公式如下:

相对频度  $RF(\%) = 100\% \times \text{某物种在样方中出现的次数} / \text{所有种的总次数}$ ,

相对优势度  $RD(\%) = 100\% \times \text{某物种覆盖面积} / \text{所有种的覆盖面积}$ ,

相对盖度  $RC(\%) = 100\% \times \text{某物种的盖度} / \text{所有种的盖度}$  相对频度。

灌木、草本重要值  $(IV) = (RF + RC) / 2$ ,

乔木重要值  $(IV) = (RF + RC + RD) / 3$ 。

#### 1.3.3 丹霞梧桐群落结构分析

##### 1.3.3.1 丹霞梧桐高度结构

根据群落中乔木种类的重要值排序,对包括丹霞梧桐在内的 4 个重要值高的物种进行树高的加权平均计算,根据每个树种频次占 4 个种频次总和的百分比来赋权。将加权树高的结果作为丹霞梧桐优势层的高度标准,亚优势层和更新层根据调查群落中丹霞梧桐的树高进行设定。

##### 1.3.3.2 丹霞梧桐年龄结构

参照王琦<sup>[17]</sup>的调查方法,以胸径结构代替年龄结构作为分析手段。依据群落中丹霞梧桐胸径的大小,将样方内的丹霞梧桐划分为 5 个等级。I 级幼苗,胸径  $\leq 2.5$  cm; II 级幼树,  $2.5$  cm  $<$  胸径  $\leq 5.0$  cm; III 级小树,  $5$  cm  $<$  胸径  $\leq 7.5$  cm; IV 级中树,  $7.5$  cm  $<$  胸径  $\leq 10.0$  cm; V 级大树胸径  $> 10.0$  cm。根据划分标准,统计 12 个样方内丹霞梧桐的年龄结构并分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成及地理区系成分分析

#### 2.1.1 群落物种组成

##### 2.1.1.1 白湾丹霞梧桐群落物种组成

群落中物种组成决定着群落的外貌和结构,是重

要的群落特征。经对样方调查结果的统计,12 个  $100$   $m^2$  的样方中共有维管植物 38 种,隶属 30 科 36 属。其中,乔木层共有 18 科 20 属 21 种,灌草层共有 26 科 29 属 30 种,蕨类植物 3 科 3 属 3 种,未发现裸子植物,双子叶植物 26 科 32 属 34 种,单子叶植物 1 科 1 属 1 种。群落中含 3 种以上的优势科仅有豆科 (Leguminosae) (4 属 4 种) 和大戟科 (Euphorbiaceae) (3 属 3 种)。

乔木层共有植株 763 株,由表 2 可知,丹霞梧桐在乔木层中 21 个种中的重要值排第 4。铁榄 (*Sinosideroxylon pedunculatum*)、青冈 (*Quercus glauca*)、化香树 (*Platycarya strobilacea*)、丹霞梧桐和圆叶乌桕 (*Triadica rotundifolia*) 在乔木层属优势种,重要值之和高达 72.27%,在乔木层占重要地位。

除表 2 所列的重要值较高的植物外,剩余 10 种植物重要值之和为 6.22%,按重要值大小排序为鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii*)、山牡荆 (*Vitex quinata*)、印度崖豆 (*Millettia pulchra*)、刺叶桂樱 (*Prunus spinulosa*)、木樨 (*Osmanthus fragrans*)、南酸枣 (*Choerospondias axillaris*)、广东紫薇 (*Lagerstroemia fordii*)、尖叶桂樱 (*Prunus undulata*)、川桂 (*Cinnamomum wilsonii*) 和竹叶花椒 (*Zanthoxylum armatum*)。

灌草层共有植物 30 种,由表 3 可知,丹霞梧桐在灌草层的重要值排第 7,网脉蛛毛苣苔 (*Paraboea dictyoneura*)、红背山麻秆 (*Alchornea trewioides*)、铁榄、天仙果 (*Ficus erecta*) 和粽叶芦 (*Thysanolaena latifolia*) 为灌草层优势种。除表 3 所列植物外,剩余 15 种重要值之和为 5.35%,按重要值大小排序为尖叶桂樱、杜虹花 (*Callicarpa pedunculata*)、槲蕨 (*Drynaria roosii*)、黄梨木 (*Boniodendron minus*)、蓝果蛇葡萄 (*Ampelopsis bodinieri*)、木樨、化香树、肾蕨 (*Nephrolepis cordifolia*)、野菊 (*Chrysanthemum indicum*)、雀梅藤 (*Sageretia thea*)、四棱草 (*Schnabelia oligophylla*)、蔓胡颓子 (*Elaeagnus glabra*)、宽叶沿阶草 (*Ophiopogon platyphyllus*)、印度崖豆和山槐 (*Albizia kalkora*)。

##### 2.1.1.2 丹霞梧桐群落物种组成比较

(1) 丹霞地貌和喀斯特生境物种组成对比

白湾省级自然保护区喀斯特地貌丹霞梧桐群落中的物种构成 (30 科 36 属 38 种) 和丹霞地貌的两个丹霞山群落物种 (36 科 60 属 60 种<sup>[10]</sup>; 27 科 46 属 48 种<sup>[11]</sup>) 以及南雄群落物种 (32 科 50 属 59 种)<sup>[10]</sup> 的科

表2 群落乔木层物种统计

Table 2 Statistics of dominant plants in tree layer of the community

种 Species	总株数/株 Total number of plants/ind.	相对盖度/% RC/%	相对频度/% RF/%	相对优势度/% RD/%	重要值/% IV/%
<i>Sinosideroxylon pedunculatum</i>	333	41.78	11.32	24.36	25.82
<i>Quercus glauca</i>	112	14.05	10.38	25.38	16.60
<i>Platycarya strobilacea</i>	82	10.29	10.38	20.69	13.79
<i>Firmiana danxiensis</i>	77	9.66	10.38	8.89	9.64
<i>Triadica rotundifolia</i>	41	5.14	9.43	4.67	6.42
<i>Boniodendron minus</i>	35	4.39	8.49	6.14	6.34
<i>Croton lachnocarpus</i>	28	3.51	7.55	3.12	4.73
<i>Albizia kalkora</i>	13	1.63	5.66	2.38	3.22
<i>Celtis sinensis</i>	16	2.01	5.66	0.79	2.82
<i>Pittosporum fulvipilosum</i>	19	2.38	4.72	1.25	2.79
<i>Ficus erecta</i>	7	0.88	3.77	0.17	1.61

Note: 12 plots, each measuring 100 m<sup>2</sup>, and the IV was calculated from all the plots; The other 10 species are omitted due to their low IV.

数接近,但属和种的数量更少。4个群落中,科构成有11科重合:大戟科、海桐科(Pittosporaceae)、榆科(Ulmaceae)、苦苣苔科(Gesneriaceae)、鼠李科(Rhamnaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、芸香科(Rutaceae)、马鞭草科(Verbenaceae)、菊科(Asteraceae)、禾本科(Poaceae)和樟科(Lauraceae)。丹霞梧桐、圆叶小石积(*Osteomeles subrotunda*)和玉山蔺蕨草(*Trichophorum subcapitatum*)为丹霞山丹霞梧桐群落的主要物种<sup>[11]</sup>,而铁榄、青冈、化香、丹霞梧桐和圆叶乌桕为白湾丹霞梧桐群落主要物种。

## (2)喀斯特地貌群落间对比

白湾丹霞梧桐群落中物种和英德丹霞梧桐群落(36科60属62种)科数相近,但属和种的数量相差较多,优势科均为大戟科,缺少裸子植物<sup>[5]</sup>。从物种组成来看,两群落重合物种有7科9属7种<sup>[5]</sup>,包括铁榄、圆叶乌桕、红背山麻秆、龙须藤(*Phanera championii*)、竹叶花椒、假鞭叶铁线蕨(*Adiantum*

*malesianum*)和粽叶芦;英德群落有石灰岩山体特有种8种。白湾群落有石灰岩山体特有种4种,包括铁榄、圆叶乌桕、黄梨木和竹叶花椒。其中黄梨木为白湾丹霞梧桐群落中石灰岩山地特有植物,青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、龙眼(*Dimocarpus longan*)、波缘冷水花(*Pilea cavaleriei*)和蒟蒻薯(*Tacca leontopetaloides*)为英德群落石灰岩山地特有种<sup>[18]</sup>。

表3 群落灌草层物种统计

Table 3 Statistics of dominant plants in shrub and grass layer of the community

种 Species	总株数/株 Total number of plants/ind.	相对频度/% RF/%	盖度/% Coverage (C)/%	相对盖度/% RC/%	重要值/% IV/%
<i>Paraboea dictyoneura</i>	626	34.74	114.00	19.28	27.01
<i>Alchornea trewioides</i>	366	20.31	135.00	22.83	21.57
<i>Sinosideroxylon pedunculatum</i>	96	5.33	58.00	9.81	7.57
<i>Ficus erecta</i>	109	6.05	51.80	8.76	7.40
<i>Thysanolaena latifolia</i>	100	5.55	50.00	8.45	7.00
<i>Phanera championii</i>	115	6.38	27.00	4.57	5.47
<i>Firmiana danxiensis</i>	51	2.83	32.50	5.50	4.16
<i>Quercus glauca</i>	54	3.00	25.00	4.23	3.61
<i>Sageretia rugosa</i>	47	2.61	25.50	4.31	3.46
<i>Pittosporum fulvipilosum</i>	17	0.94	16.00	2.71	1.82
<i>Lagerstroemia fordii</i>	20	1.11	10.00	1.69	1.40
<i>Callerya dielsiana</i>	21	1.17	7.00	1.18	1.17
<i>Adiantum malesianum</i>	32	1.78	3.10	0.52	1.15
<i>Zanthoxylum armatum</i>	24	1.33	3.20	0.54	0.94
<i>Pellionia incis-serrata</i>	25	1.39	2.50	0.42	0.91

Note: the other 15 species are omitted due to their low IV.

## 2.1.2 群落植物科属种的地理区系分布特征

### 2.1.2.1 丹霞梧桐群落种子植物科地理区系成分分析

依据吴征镒等<sup>[14]</sup>的方法进行分析统计,将丹霞梧桐群落中记录到的27个种子植物科按地理成分划



分为5类。世界广布:豆科、桑科(Moraceae)、榆科、鼠李科、木樨科(Oleaceae)、蔷薇科、千屈菜科(Lythraceae)、唇形科(Lamiaceae)、菊科、禾本科,共10科。此种成分对本区区系无代表意义,分析时将其扣除,即下文只考虑剩余的17科种子植物;泛热带分布:山榄科(Sapotaceae)、锦葵科(Malvaceae)、大戟科、无患子科(Sapindaceae)、芸香科、葡萄科(Vitaceae)、漆树科(Anacardiaceae)、荨麻科(Urticaceae)和樟科共9科,占总科数的52.94%;热带亚洲和热带美洲间断分布:苦苣苔科和马鞭草科共2科,占总科数的11.76%;旧世界热带分布:海桐科和天门冬科(Asparagaceae)共2科,占总科数的11.76%;北温带分布:壳斗科(Fagaceae)、桦木科(Betulaceae)、胡桃科(Juglandaceae)和胡颓子科(Elaeagnaceae)共4科,占总科数的23.53%。

丹霞山丹霞梧桐群落种子植物科的地理成分包括7类,相比于白湾群落的5类,多了以南半球为主的泛热带分布和热带亚洲至热带大洋洲分布2种类型<sup>[11]</sup>。

#### 2.1.2.2 丹霞梧桐群落种子植物属地理区系成分分析

根据吴征镒<sup>[14]</sup>的划分方法,将丹霞梧桐群落种子植物33属按地理成分划分为10类(表4)。泛热带分布:山麻秆属(*Alchornea*)、乌柏属(*Triadica*)、巴豆属(*Croton*)、合欢属(*Albizia*)、崖豆藤属(*Millettia*)、桂樱属(*Lauro-cerasus*)、花椒属(*Zanthoxylum*)、紫珠属(*Callicarpa*)、牡荆属(*Vitex*)、朴属(*Celtis*)和榕属(*Ficus*)共11属,占总属数的33.33%;热带亚洲和热带美洲间断分布:雀梅藤属(*Sageretia*)和樟属(*Camphora*)共2属,占总属数的6.06%;旧世界热带分布:仅海桐属(*Pittosporum*)1属,占总属数的3.03%;热带亚洲至热带大洋洲分布:仅紫薇属(*Lagerstroemia*)1属,占总属数的3.03%;热带亚洲分布:铁榄属(*Sinosideroxylon*)、火索藤属(*Phanera*)、鸡血藤属(*Callerya*)、黄梨木属(*Boniiodendron*)、蛛毛苣苔属(*Paraboea*)、赤车属(*Pellionia*)和粽叶芦属(*Thysanolaena*)7属,占总属数的21.21%;北温带分布:栎属(*Quercus*)、鹅耳枥属(*Carpinus*)和胡颓子属(*Elaeagnus*)3属,占总属数的9.09%;东亚及北美洲间断分布:蛇葡萄属

(*Ampelopsis*)和木樨属(*Osmanthus*)2属,占总属数的6.06%;旧世界温带分布:仅菊属(*Chrysanthemum*)1属,占总属数的3.03%;东亚分布:化香树属(*Platycarya*)、梧桐属(*Firmiana*)、南酸枣属(*Cherospondias*)和沿阶草属(*Ophiopogon*)4属,占总属数的12.12%;中国特有分布:仅四棱草属(*Schnabelia*)1属,占总属数的3.03%。

丹霞山丹霞梧桐群落种子植物属的地理成分包括14类,相比于白湾群落的10类,多了世界广布,热带亚洲、非洲和南美洲间断分布,东亚和墨西哥间断分布,热带亚洲至热带非洲成分,但缺少中国特有成分<sup>[11]</sup>。

#### 2.1.2.3 丹霞梧桐群落种子植物种地理成分分析

本研究参考曾宪锋等<sup>[13]</sup>的方法,仍以吴征镒<sup>[14]</sup>的划分方法对种进行分布区类型的划分,根据删繁就简的原则,将丹霞梧桐群落中的35种种子植物划分为8种分布区类型(表4)。泛热带分布:红背山麻秆、圆叶乌柏、毛果巴豆(*Croton lachnocarpus*)、印度崖豆、朴树(*Celtis sinensis*)、尖叶桂樱、刺叶桂樱、竹叶花椒、杜虹花、山牡荆和蔓胡颓子,共11种,占总种数的31.43%;热带亚洲和热带美洲间断分布:雀梅藤、皱叶雀梅藤(*Sageretia rugosa*)和川桂,共3种,占总种数的8.57%;旧世界热带分布:仅褐毛海桐(*Pittosporum fulvipilosum*)1种,占总种数的2.86%;热带亚洲至热带大洋洲分布:广东紫薇和羽脉赤车(*Pellionia incisoserrata*)2种,占总种数的5.71%;热带亚洲分布:铁榄、龙须藤、香花鸡血藤(*Callerya dielsiana*)、黄梨木、天仙果、网脉蛛毛苣苔和粽叶芦,共8种,占总种数的22.86%;东亚及北美洲间断分布:蓝果蛇葡萄、鹅耳枥和木樨,共3种,占总种数的8.57%;东亚分布:化香树、山槐、南酸枣、野菊和宽叶沿阶草,共5种,占总种数的14.29%;中国特有分布:丹霞梧桐和四棱草2种,占总种数的5.71%。

丹霞山丹霞梧桐群落种子植物种的地理成分包括11类,相比于白湾群落的8类,增加了热带亚洲、非洲和南美洲间断分布,中国-日本分布和北温带成分。缺少泛热带分布、旧世界热带分布和东亚及北美洲间断成分<sup>[11]</sup>。

表4 白湾丹霞梧桐群落中植物科属种地理成分统计

Table 4 Statistics on geographic distribution types of plant families, genera, and species in *Firmiana danxiaensis* populations

分布区类型 Areal-types	科数 Number of families	占比/% Ratio/%	属数 Number of genera	占比/% Ratio/%	种数 Number of species	占比/% Ratio/%
World distribution	10					
Pantropical distribution	9	52.94	11	33.33	11	31.43
Trop. Asia and Trop. America disjuncted	2	11.76	2	6.06	3	8.57
Old World Tropic	2	11.76	1	3.03	1	2.86
Trop. Asia and Trop. Australasia	0	0.00	1	3.03	2	5.71
Trop. Asia to Trop. Africa	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Trop. Asia	0	0.00	7	21.21	8	22.86
North Temperate	4	23.53	3	9.09	0	0.00
East Asia and North America disjuncted	0	0.00	2	6.06	3	8.57
Old World Temperate	0	0.00	1	3.03	0	0.00
East Asia	0	0.00	4	12.12	5	14.29
Endemic to China	0	0.00	1	3.03	2	5.71

Note: excluding cosmopolitan type.

## 2.2 丹霞梧桐群落结构分析

### 2.2.1 高度结构

#### 2.2.1.1 白湾丹霞梧桐群落高度结构

根据群落中乔木种类的重要值排序(表2), 丹霞梧桐重要值排第4, 对重要值排名前4的物种(铁榄、青冈、化香树和丹霞梧桐)树高进行加权平均, 将加权平均结果5.5 m作为丹霞梧桐优势层的标准。同时根据样方调查标准, 小于2.0 m为更新层, 2.0–5.5 m为亚优势层, 统计结果见图1。

由图1可知, 12个群落中共有丹霞梧桐128株, 更新层: 亚优势层: 优势层 = 51: 47: 30。在3、6、11和12号群落中, 更新层、亚优势层和优势层均有丹霞梧桐植株分布, 11号群落中丹霞梧桐数量最多。

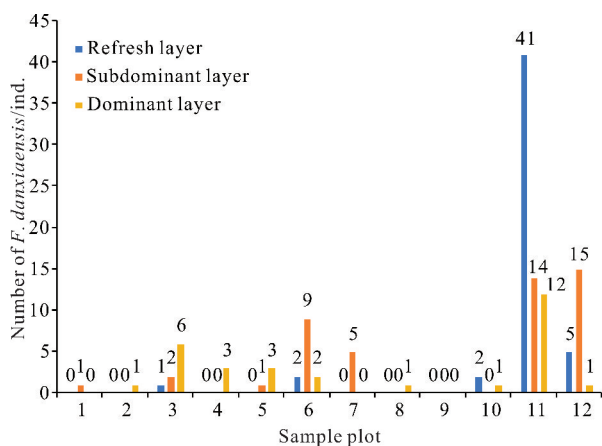


图1 丹霞梧桐群落高度结构

Fig. 1 Height structure of *F. danxiaensis* population

#### 2.2.1.2 丹霞梧桐群落高度结构对比

白湾丹霞梧桐群落中, 丹霞梧桐的平均树高为5.1 m, 最高为10.0 m, 最低为2.0 m; 高于丹霞山的2个丹霞梧桐群落(阳元石和锦湖)的平均树高(3.89、3.11 m); 高于柴岭群落(4.78 m), 低于鸳鸯湖群落(6.45 m)<sup>[10]</sup>。

### 2.2.2 种群年龄结构

#### 2.2.2.1 白湾丹霞梧桐群落年龄结构

种群年龄结构不仅能够反映物种种群的动态和发展趋势, 还能反映其在群落中的作用及地位<sup>[19]</sup>。将12个样方中丹霞梧桐的胸径结构代替年龄结构, 可划分为5个等级, 结果如表5所示。12个样方中丹霞梧桐的Ⅰ级幼苗56株, 占总株数的43.75%; Ⅱ级幼树27株, 占总株数的21.09%; Ⅲ级小树28株, 占总株数的21.88%; Ⅳ级中树8株, 占总株数的6.25%; Ⅴ级大树9株, 占总株数的7.03%。

#### 2.2.2.2 丹霞梧桐径级比较

白湾丹霞梧桐群落中, 丹霞梧桐的平均胸径为6.18 cm, 最大值13.2 cm, 最小值2.1 cm。白湾丹霞梧桐群落中丹霞梧桐的平均胸径大于丹霞山的阳元石群落和锦湖群落的丹霞梧桐平均胸径(4.47、3.78 cm), 小于南雄的柴岭群落和鸳鸯湖群落的丹霞梧桐平均胸径(6.93、9.11 cm)<sup>[10]</sup>。

表 5 丹霞梧桐群落径级结构

Table 5 Population diameter class of *F. danxiaensis*

径级 Diameter class	乔木 层/株 Tree layer/ ind.	灌草层/株 Shrub and grass layer/ind.	总计/株 Total/ind.	占比/% Ratio/%
I	5	51	56	43.75
II	27	0	27	21.09
III	28	0	28	21.88
IV	8	0	8	6.25
V	9	0	9	7.03

### 3 讨论

白湾丹霞梧桐群落物种(30科36属38种)和层间物种丰度特征(灌草层>乔木层)同白湾保护区典型石灰岩群落相似<sup>[20]</sup>,优势科均为豆科和大戟科。白湾丹霞梧桐群落同丹霞山、南雄和英德群落相比,物种的科数相近,属数和种数更少<sup>[5,10]</sup>。不同丹霞梧桐群落中物种组成差异可能同调查范围、生境及气候因子有关,调查范围较小,部分低频物种会被忽略;喀斯特地貌生态环境较恶劣,土层浅薄,蓄水能力差,对物种正常生长形成不利影响<sup>[20]</sup>;温度、降雨、日照时长等环境因子间的差异,也是影响群落中物种生长的重要因子<sup>[21]</sup>。

白湾丹霞梧桐群落中,27科种子植物中有10科为世界广布。在剩余17科种子植物中,13科为热带成分,占76.47%。热带成分中,泛热带成分占比最多,为52.94%。33属植物中有22属为热带成分,占总属数的66.67%。热带成分中,泛热带成分最多,占热带成分的50%,热带亚洲成分次之,占比31.82%,温带成分仅有4属。35种被子植物中有25种为热带成分,占总种数的71.43%。热带成分中,泛热带成分最多,占热带成分的44%;热带亚洲成分次之,占热带成分的32%。乔木层重要值排名前5的物种中,铁榄、青冈和圆叶乌桕为热带成分,重要值之和达到48.84%。灌草层重要值排名前5的物种均为热带成分,重要值之和达到70.55%。综合来看,该群落种子植物以热带成分为主,其中泛热带成分为主要类型,热带亚洲成分次之。这和丹霞山丹霞梧桐群落中的种子植物地理区系构成特征相似<sup>[11]</sup>,且和白湾丹霞梧桐群落的地理位置匹配<sup>[12,13]</sup>。因此,该群落中种子植物的植物区系和世界各地热带植物区系,尤其是泛热带和热带亚洲植物区系有密切联

系,同温带和东亚植物区系联系较少<sup>[22]</sup>。

白湾群落中丹霞梧桐的径级划分(表5)表明,该群落的丹霞梧桐年龄结构较为合理,径级结构分布为金字塔形,小径级小树占比多数,随着径级增大,株数不断减少。树木胸径和年龄呈正比,因此该群落的丹霞梧桐群落处于发展和增长阶段<sup>[23]</sup>,呈稳定型,表明白湾这一丹霞梧桐群落集中的丹霞梧桐生长状态良好,为开展丹霞梧桐的保育研究提供了优质资源。其中,丹霞梧桐在乔木层中的重要值排第4,在灌草层中排第7。由于乔木层的物种数(21种)少于灌草层(30种),因此丹霞梧桐在乔木层有38.96%的植株处于优势层,种间竞争较少,更易生存;灌草层物种数多,种间竞争大,丹霞梧桐幼树面临更大的生存压力,应对幼树较多的群落进行重点监测保护。11号样地不但丹霞梧桐幼树数最多(41/51,80.39%),而且乔灌总数占比最高(52.34%),因此,此群落应作为丹霞梧桐重点就地保护对象。同时,12、6和3号样地中有较多丹霞梧桐植株,且灌草层和乔木层均有分布,因此应就地建立保护点,以便开展相关保育工作。另外可以考虑设立监测站点,对丹霞梧桐植株的种子萌发、幼苗生长、花果期、结实情况进行持续且长期的监测<sup>[22]</sup>。

### 4 结论

广东省清远市石潭镇白湾丹霞梧桐群落是继英德喀斯特地貌丹霞梧桐群落后发现的又一个在喀斯特地貌分布的丹霞梧桐群落。白湾丹霞梧桐群落有丹霞梧桐128株,群落物种共计30科36属38种,蕨类植物种类少,缺少裸子植物,被子植物占绝对优势。在该群落中,铁榄、青冈、化香树、丹霞梧桐和圆叶乌桕为群落乔木层优势种,并且群落中的铁榄、圆叶乌桕、黄梨木和竹叶花椒为石灰岩山体特有种。群落种子植物的地理区系以热带成分为主,泛热带和热带亚洲分布为主要类型。丹霞梧桐种群年龄结构合理,生长状态良好,其在乔木层的生长优势大于灌草层。该群落和丹霞地貌群落相比,物种丰度较低。白湾群落和丹霞山群落地理区系成分构成相近。白湾群落同英德群落相比,石灰岩山体特有种较少,但黄梨木为白湾群落特有。

综合白湾群落中丹霞梧桐的高度结构、年龄结构以及重要值等参数,建议将该群落设立为丹霞梧桐就地保护小区,11、12、6和3号这4个样方应作为重点保护群落,尤其是11号样方。此外,应尽早在该群落

设立监测站点,持续对丹霞梧桐监测,以了解丹霞梧桐种群动态,为开展科学保护研究提供依据。

#### 参考文献

- [1] ZHANG G L, CAI L, DUAN J Q, et al. *Firmiana danxiaensis* sp. nov. (Malvaceae) from southeast Yunnan China [J]. *Phytotaxa*, 2020, 456(2): 215-218.
- [2] 李芮芝, 胡希军, 韦宝婧, 等. 气候变化下中国八种梧桐属树种潜在适生区模拟[J]. *生态学报*, 2023, 43(14): 5937-5955.
- [3] 徐祥浩, 丘华兴, 徐颂军. 中国梧桐科植物的新种和新变种[J]. *华南农业大学学报*, 1987, 8(3): 1-5.
- [4] 廖春花, 张卿雄. 丹霞梧桐栖身南雄全安苍石寨[N]. *韶关日报*, 2015-01-15(A01).
- [5] 缪绅裕, 黄华章, 李远球, 等. 广东特有国家保护植物丹霞梧桐资源调查与保护研究[J]. *亚热带植物科学*, 2020, 49(1): 71-75.
- [6] 李亚丽, 付琳, 雷宇阳, 等. 中国特有种丹霞梧桐的新分布区和形态特征修订[J]. *热带亚热带植物学报*, 2022, 30(5): 735-741.
- [7] 黄进, 陈致均, 齐德利. 中国丹霞地貌分布(上)[J]. *山地学报*, 2015, 33(4): 385-396.
- [8] 陈朝辉. 广东省石灰岩山区治理与开发研究[J]. *热带地理*, 1992, 12(4): 309-314.
- [9] DAVIS S D, HEYWOOD V H, HAMILTON A C. Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation, Asia, Australasia and the Pacific [M]. Gland, Switzerland: IUCN/WWF, 1997.
- [10] 陈璐, 周宏, 王敏求, 等. 丹霞梧桐群落特征比较研究[J]. *中国野生植物资源*, 2018, 37(2): 46-49.
- [11] 罗晓莹, 陈秋慧, 蔡纯榕, 等. 极小种群植物丹霞梧桐群落的地理区系成分分析[J]. *韶关学院学报*, 2015, 36(12): 28-31.
- [12] 《清新年鉴》编纂委员会. 清新年鉴 2020(总第 19 卷) [M]. 广州: 广东省地图出版社, 2020.
- [13] 广东双木林科技有限公司, 广东省清远市清新区林业局, 广东省清远市清新区石潭镇人民政府. 清新白湾地方级自然保护区总体规划(2023-2030年)[Z]. 2023.
- [14] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. *云南植物研究*, 2003, 25(3): 245-257.
- [15] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. *植物分类与资源学报*, 1991, S4: 1-139.
- [16] 曾宪锋, 庄雪影, 刘全儒, 等. 广东东部植物区系与植物群落研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [17] 王琦. 湖北恩施桫欏群落特征研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [18] 严岳鸿, 陈红锋, 邢福武, 等. 广东石门台自然保护区石灰岩地区植物区系和植被[J]. *热带亚热带植物学报*, 2002, 10(4): 348-355.
- [19] 林鹏. 植物群落学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- [20] 贾薪玉, 温伟良, 张方友, 等. 广东省清新白湾自然保护区石灰岩地区植物组成及多样性[J]. *安徽农学通报*, 2018, 24(16): 99-101.
- [21] 李婷婷, 姬兰柱, 于大炮, 等. 东北阔叶红松林群落分类、排序及物种多样性比较[J]. *生态学报*, 2019, 39(2): 620-628.
- [22] 梁惠婷, 申益春, 王鑫凤. 海南水菜花群落特征和植物多样性研究[J]. *热带农业科学*, 2023, 43(3): 11-21.
- [23] 陈红锋, 严岳鸿, 秦新生, 等. 海南铜铁岭热带低地雨林群落特征研究[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(1): 103-112.

## Baiwan New Distribution Community Characteristics of *Firmiana danxiaensis*, an Endemic Species of China

JIA Xinyu<sup>1</sup>, LI Yali<sup>2,3</sup>, WEN Weiliang<sup>1</sup>, CHEN Hongfeng<sup>2\*\*</sup>

(1. Management Bureau of Guangdong Qingxin Baiwan Provincial Nature Reserve, Qingyuan, Guangdong, 511800, China; 2. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, Chinese Academy of Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510650, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

**Abstract:** *Firmiana danxiaensis* is a national key protected plant of Class II, and endemic to China. A new



concentrated distribution of *F. danxiaensis* was found based on the field survey in Baiwan Provincial Nature Reserve in Qingyuan City, Guangdong province. In order to understand the community structure and population characteristics of *F. danxiaensis* in limestone landscapes, we used sample methods to investigate and comparatively analyze the community characteristics of *F. danxiaensis* in different landscapes and among different distribution points. The results showed that: (1) A total of 38 vascular plants were recorded among 12 plots, which belong to 30 families and 36 genera. The angiosperms are absolutely dominant, with barely few ferns but no gymnosperms; and the seed plants are dominated by the tropical components, followed by the pantropical and tropical Asian components. (2) Plots 11, 12, 6, and 3 are the top 4 communities with the highest number of *F. danxiaensis*. The age structure of community is stable, the growth advantages of *F. danxiaensis* in the tree layer is greater than that of shrub and grass layer, respectively. (3) The species abundance of *F. danxiaensis* community in Baiwan distribution point is lower than that of Danxia Mountain, Nanxiong and Yingde. The floristic geographical elements are similar. In terms of height structure and diameter at breast height, the Baiwan communities of *F. danxiaensis* are both higher than Danxia Mountain communities, while lower than Nanxiong Yuanyang Lake communities. In summary, the *F. danxiaensis* grows well in Baiwan new distribution point, which provides resources for its conservation study. It is suggested that this new concentrated distribution point of *F. danxiaensis* should be set as a in situ protected district with continuous and stable monitoring system, which plots 11, 12, 6, and 3 as focus.

**Key words:** *Firmiana danxiaensis*; karst landform; new distribution; species composition; geographical elements

责任编辑: 陆雁, 陈少凡



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>