



中国特有种丹霞梧桐的新分布区和形态特征修订

李亚丽, 付琳, 雷宇阳, 李远球, 陈红锋

引用本文:

李亚丽,付琳,雷宇阳,李远球,陈红锋. 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.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4523>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

丹霞柿,广东柿属(柿科)一新组合及其一新异名

Diospyros danxiaensis (R. H. Miao & W. Q. Liu) Y. H. Tong & N. H. Xia (Ebenaceae), A New Combination and A New Synonym for A Persimmon from Guangdong

热带亚热带植物学报. 2019, 27(3): 346–348 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4053>

宜兴苦竹开花结实首次记录

The First Record of Flowering and Bearing about Pleioblastus yixingensis (Bambusoideae, Poaceae)

热带亚热带植物学报. 2018, 26(2): 171–177 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3792>

黄枝衣科中国新记录属和种

New Record Genus and Species of Teloschistaceae from China

热带亚热带植物学报. 2022, 30(4): 553–557 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4521>

孝顺竹(*Bambusa multiplex*)大孢子发生与雌配子体发育研究

Studies on Development of Megasporogenesis and Female Gametophyte of *Bambusa multiplex*

热带亚热带植物学报. 2018, 26(3): 278–284 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3779>

波缘水蕹,中国水蕹科一新记录种

Aponogeton undulatus Roxb., A Newly Recorded Species of Aponogetonaceae from China

热带亚热带植物学报. 2021, 29(3): 311–316 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4317>

向下翻页，浏览PDF全文

中国特有种丹霞梧桐的新分布区和形态特征修订

李亚丽^{1,2}, 付琳¹, 雷宇阳^{1,2}, 李远球³, 陈红锋^{1*}

(1. 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, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 广东石门台国家级自然保护区管理局, 广东 英德 513000)

摘要: 为完善丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)的形态描述, 对丹霞和喀斯特地貌 4 个分布点的植株宏观形态特征进行了比较研究。结果表明, 丹霞梧桐的叶柄、叶片、花序、雄蕊、蓇葖果、花萼等特征与其原始文献的描述明显不同, 且原始描述缺少败育雄蕊、败育子房、及花萼、果皮、种皮在发育过程中的颜色变化等特征。因此, 对丹霞梧桐形态描述进行了修订或补充, 并提供图片资料。

关键词: 丹霞梧桐; 新分布; 形态修订; 丹霞地貌; 喀斯特地貌

doi: 10.11926/jtsb.4523

New Distribution and Modification of Morphological Characteristics of *Firmiana danxiaensis*, an Endemic Species of China

LI Yali^{1,2}, FU Lin¹, LEI Yuyang^{1,2}, LI Yuanqiu³, CHEN Hongfeng^{1*}

(1. 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 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Administration of Guangdong Shimentai National Nature Reserve, Yingde 513000, Guangdong, China)

Abstract: In order to improve the morphological description of *Firmiana danxiaensis*, the macroscopic morphological characteristics of plants in four distribution points on Danxia and Karst landforms were compared. Specimens were collected at the three known distribution points (Danxia Mountain, Nanxiong, and Yingde) and the newly discovered distribution point (Shixing) during the flowering and fruiting periods. The results showed that there were obvious differences from the original description in petiole, leaf, inflorescence, stamens, follicle, calyx, etc. The original description lacked aborted stamens, aborted ovary, color changes in calyx, pericarp and seed coat during development. Therefore, the morphological description of *F. danxiaensis* was revised or supplemented, and pictures were also provided.

Key words: *Firmiana danxiaensis*; New distribution; Morphological revision; Danxia landform; Karst landform

丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)是锦葵科(Malvaceae)梧桐属中国特有种, 仅零星分布在广东北部地区。在《中国高等植物红色名录》中, 被评为极危等级(CR)^[1]。2021 年 7 月发布的《“十四五”林业草原保护发展规划纲要》([http://www.forestry.gov.](http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210819/091113145233764.html)

[cn/main/5461/20210819/091113145233764.html](http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210819/091113145233764.html))中列出了 50 种极小种群野生植物抢救性保护名单, 有 15 种极危种, 丹霞梧桐名列其中。该种由徐祥浩等^[2]于 1987 年基于 2 号标本描述发表, 模式标本(黄智明 7415, CANT)于 1986 年 8 月 16 日采自丹霞山; 另

收稿日期: 2021-09-08

接受日期: 2021-11-03

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2020B1111530004); 国家林业和草原局野生植物保护管理项目(20190730)资助

This work was supported by the Project for Research and Development of Key Field in Guangdong (Grant No. 2020B1111530004), and the Project for Wild Plant Conservation and Management of State Forestry and Grassland Administration (Grant No. 20190730).

作者简介: 李亚丽(1995 生), 女, 硕士研究生, 研究方向为丹霞梧桐保护生物学。E-mail: liyali@scbg.ac.cn

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: h.f.chen@scbg.ac.cn

一号标本由敖惠于 1986 年 5 月在丹霞山采集, 无采集号。丹霞梧桐自发表后一直被认为是丹霞山特有种, 然而, 2014 年钟平生在南雄市全安镇和古市镇丹霞地貌、2019 年李远球在英德市横石塘镇喀斯特地貌、2020 年笔者在始兴县丹霞地貌均发现丹霞梧桐的疑似植物, 并经笔者野外观察和标本鉴定后确认为丹霞梧桐的新分布点^[3-4]。至此, 丹霞梧桐在广东北部地区已有丹霞山、南雄、英德和始兴 4 个分布点, 并且在丹霞地貌和喀斯特地貌下均能正常生长繁育后代, 目前已在群落地理区系成分^[5]、遗传多样性^[6-7]、种子萌发^[8]、栽培保育^[9]、潜在适生区预测^[10]和 cpDNA 的特征^[11-13]等方面进行了研究。然而, 本种自发表后, 全面的形态学研究还未见报道。准确的物种鉴定和形态描述是珍稀濒危植物保护的基础, 本文对 2 种地貌(丹霞地貌及喀斯特地貌)下的植株宏观形态特征进行了比较研究, 从而完善丹霞梧桐的形态描述, 以期提供全面、准确的分类学鉴定特征。

1 材料和方法

1.1 材料

于 2020 年 12 月、2021 年 1、4、5 和 7 月前往丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)的 4 个分布点对 15 个居群进行野外观察, 拍摄植株、叶、花和果实等特征的照片, 记录丹霞梧桐的生态学及生物学特

性, 观测其生长和分布情况, 并采集标本。

1.2 方法

每分布点选择 5 株开花、结实植株进行形态观测, 共采集 20 份标本。测量树高、胸径、花序大小, 同时记录树干颜色、花序类型及着生方式、被毛情况。将采集的叶、花、果标本带回实验室, 测量叶柄和叶片长度, 在体视显微镜下解剖并观察花和种子的结构并拍照。

2 结果和分析

2.1 始兴新分布的发现

2020 年 12 月笔者前往始兴, 对护林员发现的疑似丹霞梧桐新分布点进行确认。丹霞梧桐为落叶乔木, 12 月叶已落, 仅看到绿色的树干及树下枯黄的近圆形叶片, 初步判断是梧桐属植物。笔者于 2021 年 5 月丹霞梧桐花期再次前往进行确认, 根据紫色顶生花序确定是丹霞梧桐。在始兴有 3 处分布(图 1), 至此始兴丹霞地貌为丹霞梧桐在广东北部地区的第 4 个分布点(表 1)。

2.2 英德新居群的发现

2020 年报道丹霞梧桐在英德新分布共 10 株, 其中英城镇 4 株, 横石塘镇 6 株^[4]。在 2021 年 4 和 5 月丹霞梧桐花期于英德进行野外调查时, 根据生

表 1 丹霞梧桐始兴新分布

Table 1 New distribution of *Firmiana danxiaensis* in Shixing

地点 Location	编号 No.	株数 Number	经度 (E) Latitude	纬度 (N) Longitude	海拔 (m) Altitude
始兴县太平镇神江 Shenjiang, Taiping Town, Shixing County	SX1	80	114°04'13"	25°01'06"	99.3
始兴县马市镇 Mashi Town, Shixing County	SX2	30	114°13'41"	25°00'35"	190.5
始兴县马市镇山口 Yamaguchi, Mashi Town, Shixing County	SX3	150	114°11'39"	24°58'24"	150.0



图 1 丹霞梧桐在始兴的新分布点。SX1~SX3 见表 1。

Fig. 1 New distribution of *Firmiana danxiaensis* in Shixing. SX1 - SX3 see Table 1.

境相似性原理和紫红色花序顶生的群落外貌特征,更新其在横石塘镇分布的株数,约有80株。同时发现丹霞梧桐在英德更多的分布点,旗山(113°21'39" E, 24°23'33" N)约有100株,黄花镇(112°54'16" E, 24°12'17" N)约有10株。

2.3 形态特征

丹霞梧桐叶簇生于小枝顶端,小枝圆柱状。叶柄长4~25 cm,无毛;叶片近圆形,8~25 cm,薄革质,全缘或稀顶端3裂,基部心形,顶端尾尖,无毛,基出脉7条。

花序紫红色,顶生于枝顶或生于多年生枝。花序由总状花序构成,单个花序长5~15 cm,多个总状花序交互互生在明显伸长的花序轴上组成圆锥花序,长20~50 cm,宽10~30 cm,3~12个圆锥花序聚生枝顶构成大型复合花序,由约300~1 500朵花组成。

花浅紫色;萼片5深裂至基部,从花初开到完全开放,经历180°翻折,相互缠绕(图2: A, B)。萼片正面底部红色,长0.5 mm,向上有白色长柔毛,长1 mm,其余密被白色短柔毛(图2: C)。花初开时萼片正面基部1/3处呈黄绿色(图2: A),之后逐渐变为紫红色(图2: B)。背面基部深紫色,其余浅紫色,密被白色短柔毛(图2: D)。雌花的败育雄蕊由5部分组成,每部分有3~5个花药互生向上堆叠,共同包被子房基部到中上部(图2: A, B)。花药17~25枚,不纵裂没有花粉粒展露(图2: E),缺少雄性功能,因此雌花属于形态型两性花,功能型雌花。子房紫色,被白色星状毛,5室,每室胚珠2~5枚(图2: F, G)。柱头伸长远高于子房,5花柱在柱头合生,花初开柱头白紫色,受精后变为褐色。

雄花的雄蕊群在雌雄蕊柄顶端,由5部分花药聚合组成,排列方式同败育雄蕊,花药纵裂露出黄色花粉粒,约7 500~15 000个(图2: I)。雄蕊群在花粉散尽后由黄色变成褐色(图2: H),接着掉落。在体视显微镜下发现雌雄蕊柄顶端是5角形开口,开口的下方有类似柱头结构(图2: J),进一步解剖看到完整的雌蕊,紫褐色,被白色星状毛(图2: K)。横切发现有黄色胚珠,为败育雌蕊。因此雄花属于形态型两性花,功能型雄花。雄花花萼长度、颜色及被毛等情况同雌花(图2: A)。

在体视显微镜下解剖花结构并拍照,测量和计算14个数量性状(表2)。丹霞梧桐的多数数量性状

在4个分布点相近,丹霞山居群的子房直径、败育花药明显小于南雄、始兴和英德居群,但花药数目明显多于其他3个分布点。

雄花的花粉粒被昆虫带走或受到干扰后掉落。雌花继续发育,合生花柱分开,蓇葖果5室围绕花梗向四周生长(图3: B)。败育雄蕊在子房生长过程中变硬,由黄色变为褐色,退至子房基部逐渐脱落。花萼逐渐萎蔫干枯脱落(图3: A)。花梗进入果期后继续生长,由紫色变为绿色,由肉质变为木质(图3: B)。沿腹缝线切开果皮,正常发育胚珠白色,败育胚珠墨绿色。

蓇葖果发育过程中,果皮由紫色变为绿色(图3: D, E),成熟时黄褐色(图3: F, G),由肉质变为膜质(图3: H, I),成熟时薄而脆(图3: J, K),胚珠由白色变为绿色(图3: D, E),成熟时棕褐色,种皮起皱(图3: N)。每总状花序结果1~2个,多见1个(图3: C)。蓇葖果每室有种子1~4粒(图3: H, J),有4粒种子的占46%,仅有1粒的占10%(表3)。

2.4 形态修订或补充

基于4分布点15个丹霞梧桐居群的野外调查和体视显微镜解剖观测,本研究总结的丹霞梧桐形态特征和徐祥浩等^[2]发表新种时的描述存在不同程度的差异;如叶柄长度、叶片大小、花序大小、雄蕊数目、蓇葖果每室种子数及花序、花萼被毛等;徐祥浩等^[2]的描述缺少败育雄蕊、败育子房、花萼在开花前后期颜色变化和果皮、种皮发育前后颜色变化等特征。为提供全面及准确的分类学特征,对丹霞梧桐形态描述进行修订或补充。

Firmiana danxiaensis H. H. Hsue & H. S. Kiu J. S. China Agric. Univ. 8(3): 2. 1987.

落叶乔木,3~8 m高;树干绿色或黑棕色,小枝圆柱状,带绿色,无毛。叶柄4~25 cm,无毛;叶片近圆形,8~25 cm,薄革质,全缘或稀顶端3裂,基部心形,顶端尾尖,无毛,基出脉7条。圆锥花序顶生或侧生于多年生枝条,长20~50 cm,宽10~30 cm,花序轴粗壮,明显伸长,3~12个圆锥花序聚生枝顶构成大型复合花序;花萼紫色,深裂至基部,花初开到完全成熟翻折180°,两面密被白色绒毛,正面底部红色,基部有白色长柔毛,基部1/3处花初开时黄绿色,成熟后期变为紫红色,背面基部深紫色,9~12 mm×2~3 mm;雄花的雄蕊群在雌

雄蕊柄顶端, 由 5 部分花药聚合组成, 雌雄蕊柄顶端包被的败育子房梨形且甚小; 雌花子房圆球形, 紫色, 被白色星状毛, 5 室, 败育雄蕊包被在子房外围, 花药 17~25 个, 黄色, 不纵裂。蓇葖果成熟前肉质, 绿色, 成熟时膜质, 黄褐色, 有柄, 成熟前开裂成叶状, 倒披针形, $6\sim 10\text{ cm}\times 2\sim 4\text{ cm}$ 。蓇

葖果每室有种子 1~4 个, 成熟前绿色, 种皮光滑, 成熟时褐色, 种皮起皱; 种子椭球状, 横径 $8\sim 10\text{ mm}$, 纵径 $5\sim 8\text{ mm}$ 。花期 4—6 月, 果期 7—8 月。

分布于广东丹霞山、南雄、始兴和英德, 生于丹霞地貌和喀斯特地貌, 多见于海拔 $100\sim 300\text{ m}$ 的石山陡坡。



图 2 花结构。A: 雌花初开阶段; B: 雌花受精后; C: 萼片正面; D: 萼片背面; E: 败育雄蕊; F: 子房纵切; G: 子房横切; H: 雄花初开(左)和花粉散尽(右); I: 雄蕊群和雌雄蕊柄; J: 雌雄蕊柄; K: 雌雄蕊柄顶端的败育雌蕊。

Fig. 2 Flower structure. A: Early anthesis of female; B: Female flower after fertilization; C: Front of sepal; D: Back of sepal; E: Aborted stamens; F: Ovary longitudinal section; G: Ovary cross section; H: Early anthesis (left) and pollen shedding (right) of male; I: Stamens and androgynophore; J: Androgynophore; K: Aborted pistil on apex of androgynophore.

表 2 丹霞梧桐的花性状

Table 2 Flower traits of *Firmiana danxiaensis*

性状 Trait	居群 Population				平均 Mean
	YD	SX	NX	DX	
花萼长度 Calyx length (mm)	—	10.26~10.87	12.10~12.40	9.03~9.33	9.03~12.40
花萼宽度 Calyx width (mm)	—	2.15~2.67	2.73~3.12	2.15~2.41	2.15~3.12
子房直径 Ovary diameter (mm)	2.97	2.05	2.25	1.75	2.26
花苞子房直径 Flower bud ovary diameter (mm)	—	1.38	1.17	—	1.28
败育子房直径 Abortion ovary diameter (mm)	0.78	0.71	0.81	1.11	0.85
每室胚珠数 Number of ovules per locule	3, 4, 5	—	3, 4	—	3, 4, 5
胚珠直径 Ovule diameter (mm)	0.30	0.15	0.31	0.21	0.24
雄蕊群直径 Stamen diameter (mm)	2.31	2.40	2.49	2.52	2.43
花药个数 Number of anthers	18	17~19	17~19	21~25	17~25
花药长度 Anther length (mm)	1.08~1.22	—	0.79~1.08	—	0.79~1.22
花药宽度 Anther width (mm)	0.43~0.59	—	0.46~0.58	—	0.43~0.46
不育花药长度 Sterile anther length (mm)	1.14~1.36	0.82~1.23	0.67~1.33	0.56~1.49	0.56~1.49
不育花药宽度 Sterile anther width (mm)	0.32~0.55	0.31~0.51	0.42~0.67	0.21~0.46	0.21~0.67
花粉粒直径 Pollen grain diameter (mm)	0.043	0.043	0.041	0.046	0.043

YD: 英德; SX: 始兴; NX: 南雄; DX: 丹霞。下表同。

YD: Yinde; SX: Shixing; NX: Nanxiong; DX: Danxia. The same is following Table.

表 3 丹霞梧桐的果实性状

Table 3 Fruit structure of *Firmiana danxiaensis*

居群 Population	每果皮种子数占比 % of seeds per peel				果皮长度 (cm) Peel length	果皮宽度 Peel width (cm)	种子长度 (mm) Seed length	种子宽度 Seed width (mm)
	1	2	3	4				
YD2	20.00	33.00	20.00	27	3.3~6.5	1.3~3.0	8.0	5.0
YD3	50.00	12.67	8.33	29	4.5~8.2	1.7~3.3	10.8	8.6
SX1	0.00	32.00	24.00	44	6.0~8.5	2.3~3.3	8.8	7.2
SX2	0.00	40.00	60.00	0	7.1~8.2	3.7~4.0	8.0	7.0
SX3	0.00	13.00	33.00	54	6.0~7.2	2.3~2.9	8.7	7.0
NX	21.00	21.00	21.00	37	5.5~7.7	2.1~3.5	8.2	6.8
DX1	0.00	0.00	0.00	100	6.5~8.2	2.6~3.2	8.0	7.7
DX3	6.67	0.00	33.33	60	6.5~9.0	2.7~3.6	9.7	7.7
DX4	0.00	33.00	40.00	27	7.0~8.1	2.3~3.2	9.0	8.0
DX7	0.00	7.00	7.00	86	8.0~10.5	3.5~4.2	10.3	7.7
平均 Mean	10.00	19.00	25.00	46	3.3~10.5	1.3~4.2	9.0	7.3

3 讨论

自 2014 年报道丹霞梧桐在南雄的新分布^[3]后,对丹霞梧桐的研究日趋增加,但缺少形态学研究,形态描述依旧沿用 1987 年^[2]版本。丹霞梧桐在丹霞山首次发现时仅有 8 株,数量有限。但目前丹霞梧桐在广东北部地区已知有 4 个县级分布点,已开展了居群调查,因此,有必要开展修订形态描述,为物种鉴定提供全面、准确的分类学特征。本文结合实地调查和体视显微镜解剖观察,整理出丹霞梧桐的形态特征,对原始描述^[2]进行了修订或补充,4 个分布点的丹霞梧桐形态特征相同,但有几个数量

特征存在明显差异,如丹霞山分布的丹霞梧桐子房和败育花药明显小于其他 3 个分布点,雄蕊数目则明显多于其他 3 个分布点,这可能和 4 个分布点的小气候及土壤营养状况差异有关。

在丹霞梧桐落叶期及花、果期进行实地调查和标本鉴定,确认了丹霞梧桐在始兴的新分布,更新了丹霞梧桐在英德横石塘镇的分布现况,同时发现其在英德旗山和黄花镇的新居群。丹霞地貌和喀斯特地貌在广东分布广泛,丹霞地貌有 66 处,其中丹霞山面积最大^[14],喀斯特地貌总面积 6 208 km²,集中在广东北部地区及西北地区^[15]。根据生境相似性原理,结合丹霞梧桐在花期紫红色花序顶生显著的

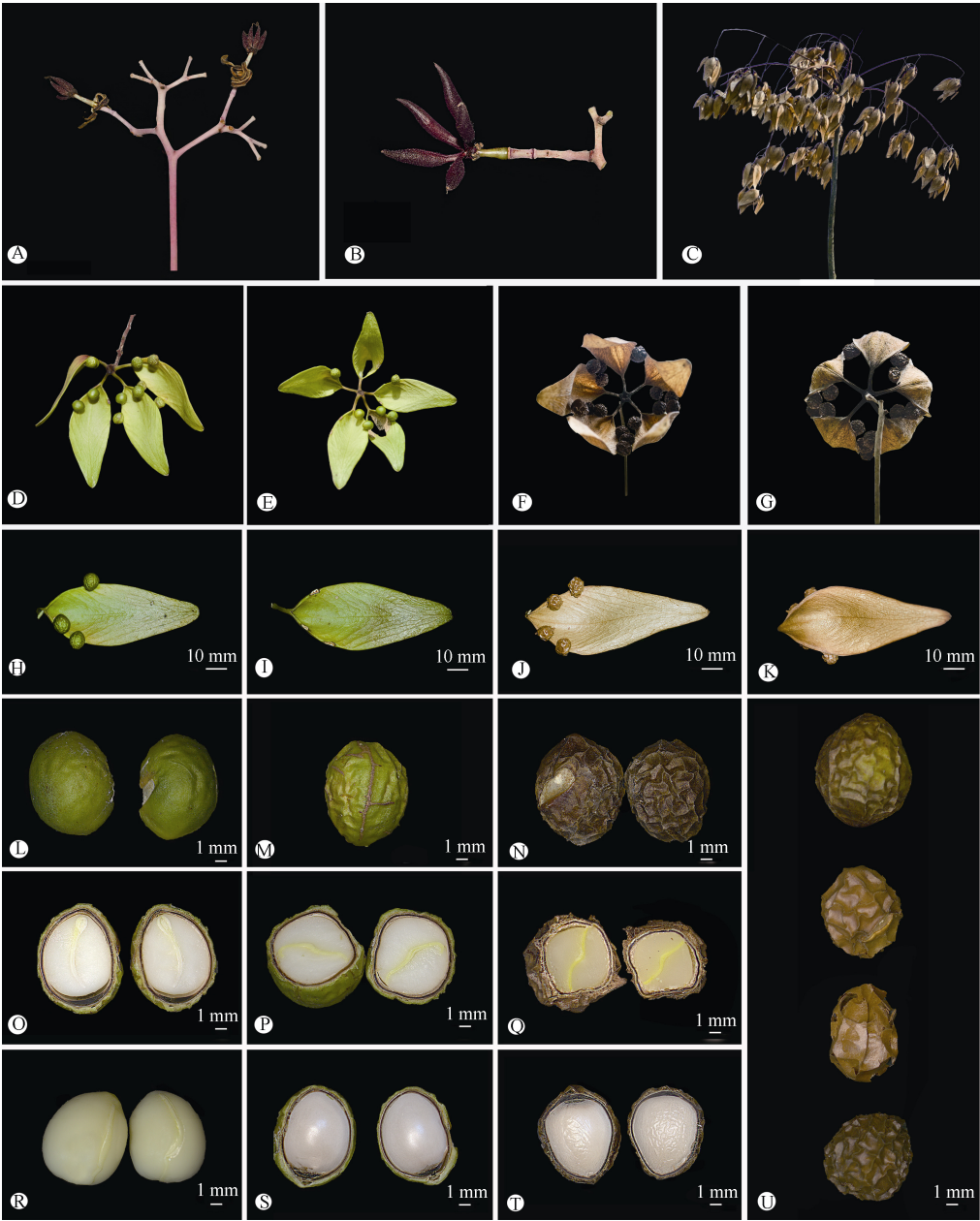


图 3 果实发育。A: 果实着生位置; B: 幼果; C: 果序; D, E: 幼嫩种子; F, G: 成熟种子; H~K: 种子着生位置; L~N: 幼嫩种子-中间-成熟种子; O: 幼嫩种子纵切; P: 幼嫩种子横切; Q: 成熟种子横切; R: 子叶; S: 幼嫩种子种皮; T: 成熟种子种皮; U: 从上往下分别为英德、始兴、南雄、丹霞山的种子。
Fig. 3 Development of fruit. A: Position of fruit; B: Young fruits; C: Infructescence; D, E: Young seeds; F, G: Mature seeds; H~K: Position of seed; L~N: Young seed-Middle-mature seed; O: Longitudinal section of young seed; P: Cross section of young seed; Q: Cross section of mature seed; R: Cotyledons; S: Young seed coat; T: Mature seed coat; U: Seeds of Yingde, Shixing, Nanxiong, Danxia Mountain from up to low).

外貌特征，在广东北部地区的丹霞地貌和喀斯特地貌进行系统全面的调查，可能会发现更多丹霞梧桐居群的分布；截至 2021 年，已知的 4 个分布点中，丹霞山面积最大，大量丹霞梧桐居群分布其中，数量多；南雄全安镇苍石寨的丹霞梧桐居群分布集中且株数多，但古市镇仅约有 10 株；英德和始兴分布的丹霞梧桐居群小且株数少，彼此间空间距离较

远。可见 4 个分布点的居群特征存在差异，可在此基础上研究不同地貌不同分布点丹霞梧桐的野外维持机理，针对性地提出丹霞梧桐的保育策略，促进其繁育。

致谢 在野外调查和采集标本过程中，得到了丹霞山管委会陈昉副主任、陈再雄园长，南雄市林业局钟平生工程师和

始兴林业局陈尚福局长的大力支持,并派出护林员参与野外调查,在此深表谢意!

参考文献

- [1] QIN H N, YANG Y, DONG S Y, et al. Threatened species list of China's higher plants [J]. Biodiv Sci, 2017, 25(7): 696–744. doi: 10.17520/biods.2017144.
覃海宁, 杨永, 董仕勇, 等. 中国高等植物受威胁物种名录 [J]. 生物多样性, 2017, 25(7): 696–744. doi: 10.17520/biods.2017144.
- [2] XU X H, QIU H X, XU S J. New species and variety of Sterculiaceae from China [J]. J S China Agric Univ, 1987, 8(3): 1–5.
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.
- [3] LIAO C H. *Firmiana danxiaensis* in Cangshi Village, Quan'an, Nan-xiong [N]. Shaoguan Daily, 2014-01-13(A01).
廖春花. 丹霞梧桐栖身全安苍石寨 [N]. 韶关日报, 2014-01-13(A01).
- [4] MIAO S Y, HUANG H Z, LI Y Q, et al. Resource survey and protection of the key national protected species *Firmiana danxiaensis* endemic to Guangdong, China [J]. Subtrop Plant Sci, 2020, 49(1): 71–75. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2020.01.013.
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. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2020.01.013.
- [5] LUO X Y, CHEN Q H, CAI C R, et al. Analysis on geographical elements of the community of plant species with extremely small populations *Firmiana danxiaensis* [J]. J Shaoguan Univ, 2015, 36(12): 28–31. doi: 10.3969/j.issn.1007-5348.2015.12.007.
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. doi: 10.3969/j.issn.1007-5348.2015.12.007.
- [6] CHEN L, ZHOU H, WANG M Q, et al. Community characteristics comparison of *Firminan danxiaensis* species [J]. Chin Wild Plant Resour, 2018, 37(2): 46–49. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2018.02.010.
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. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2018.02.010.
- [7] CHEN S F, LI M W, HOU R F, et al. Low genetic diversity and weak population differentiation in *Firmiana danxiaensis*, a tree species endemic to Danxia landform in northern Guangdong, China [J]. Biochem Syst Ecol, 2014, 55: 66–72. doi: 10.1016/j.bse.2014.02.029.
- [8] ZHANG W, HUANG Y T, ZHONG P S, et al. Study on the characteristics of seed germination of the endangered plant *Firmiana danxiaensis* [J]. For Environ Sci, 2018, 34(6): 51–55. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2018.06.008.
张薇, 黄雅婷, 钟平生, 等. 珍稀濒危植物丹霞梧桐种子萌发特性研究 [J]. 林业与环境科学, 2018, 34(6): 51–55. doi: 10.3969/j.issn.1006-4427.2018.06.008.
- [9] ZHANG Q M, LUO X Y, CHEN Z X. Conservation and reintroduction of *Firmiana danxiaensis*, a rare tree species endemic to southern China [J]. ORYX, 2014, 48(4): 485. doi: 10.1017/S0030605314000581.
- [10] WANG W, YANG J J, LUO X Y, et al. Assessment of potential habitat for *Firmiana danxiaensis*, a plant species with extremely small populations in Danxiashan National Nature Reserve based on Maxent model [J]. Sci Silv Sin, 2019, 55(8): 19–27. doi: 10.11707/j.1001-7488.20190803.
王卫, 杨俊杰, 罗晓莹, 等. 基于 Maxent 模型的丹霞山国家级自然保护区极小种群植物丹霞梧桐的潜在生境评价 [J]. 林业科学, 2019, 55(8): 19–27. doi: 10.11707/j.1001-7488.20190803.
- [11] LU Q F, LUO W H, HUANG Z H. The complete chloroplast genome of *Firmiana danxiaensis*, an endangered species endemic to Danxia landform in southern China [J]. Mitochondr DNA B, 2019, 4(2): 4071–4072. doi: 10.1080/23802359.2019.1689861.
- [12] LIN X Y, CHEN Z H, YANG Y Y, et al. The complete chloroplast genome sequence of *Firmina danxiaensis* [J]. Mitochondr DNA B, 2020, 5(1): 908–909. doi: 10.1080/23802359.2020.1715294.
- [13] LU Q F, HUANG Z H, LUO W H. Characterization of complete chloroplast genome in *Firmiana kwangsiensis* and *F. danxiaensis* with extremely small populations [J]. Biodiv Sci, 2021, 29(5): 586–595. doi: 10.17520/biods.2020263.
陆奇丰, 黄至欢, 骆文华. 极小种群濒危植物广西火桐、丹霞梧桐的叶绿体基因组特征 [J]. 生物多样性, 2021, 29(5): 586–595. doi: 10.17520/biods.2020263.
- [14] HUANG J, CHEN Z J, QI D L. Study on distribution of Danxia landform in China (I) [J]. Moun Res, 2015, 33(4): 385–396. doi: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000049.
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. doi: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000049.
- [15] CHEN C H. A study of the management and development of limestone mountain region in Guangdong Province [J]. Trop Geogr, 1992, 12(4): 309–314.
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.