

欧阳杰, 彭华, 罗晓莹, 等. 国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐空间分布的微地貌环境特征研究 [J]. 地理科学, 2017, 37(10): 1585-1592. [Ouyang Jie, Peng Hua, Luo Xiaoying et al. Environmental Features of the Micro-landforms of the Spatial Distribution of the National Rare Species of *Firmiana danxiaensis* on the Danxiashan Mountain. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(10): 1585-1592.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.10.016

# 丹霞山国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐 空间分布的微地貌环境特征研究

欧阳杰<sup>1,2</sup>, 彭华<sup>3</sup>, 罗晓莹<sup>4</sup>, 陈再雄<sup>5</sup>, 张安新<sup>1,2</sup>, 马育宣<sup>2</sup>

(1. 广东开放大学文法系, 广东 广州 510091; 2. 广东理工职业学院文法系, 广东 广州 510091; 3. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510075; 4. 韶关学院旅游与地理学院, 广东 韶关 512005; 5. 韶关市丹霞山旅游投资经营有限公司, 广东 韶关 512300)

**摘要:**以广东丹霞山狮子岩—阳元山景区为研究地,以国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)的空间分布为研究内容,通过实地考察获取其空间分布的数据(经纬度、海拔、坡度和坡向等),利用ArcGIS10.0在精度为1 m的DEM地形数据上进行空间分析,总结丹霞梧桐空间分布的微地貌环境特征。研究发现:① 研究区丹霞梧桐主要分布在海拔180 m等高线穿过坡度60°附近的土壤比较贫瘠的垂直节理或水平层理比较发育的崖壁上,并与圆叶小石积(*Osteomeles subrotunda*)、忽地笑(*Lycoris aurea*)、卷柏(*Selaginella tamariscina*)等植物伴生,属于比较耐旱的崖壁植物;② 丹霞梧桐的空间分布不受坡向因素的严格制约,坡度和海拔是影响丹霞梧桐分布的2个重要因素。根据以上分布规律,可以推测180 m等高线穿过坡度60°地带的丹霞山其他崖壁地带,亦可能会有丹霞梧桐的分布,并建议在目前已经发现丹霞梧桐分布比较集中的狮子岩东南坡,设立国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐重点保护带。

**关键词:**丹霞梧桐;空间分布;丹霞地貌;广东丹霞山

**中图分类号:** Q948.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2017)10-1585-08

自徐祥浩等<sup>[1]</sup>于1987年首次发现新种丹霞梧桐(*Firmiana danxiaensis*)以来,关于丹霞梧桐的研究主要集中在梧桐科植物在全球和中国的宏观分布<sup>[2,3]</sup>,丹霞梧桐群落的地理区系成分分析<sup>[4]</sup>,以及丹霞梧桐遗传多样性等领域<sup>[5,6]</sup>。但是,关于丹霞梧桐的数量及其空间分布微地貌环境特征、广东丹霞山丹霞梧桐重点保护带界定与划分的研究还不多。研究区广东丹霞山是丹霞地貌的命名地,目前,在丹霞地貌研究领域内,关于丹霞地貌空间分布、丹霞山顶与山谷的生态效应等方面的研究

成果比较多<sup>[7-14]</sup>,丹霞地貌(尤其是微地貌)与植被的关系研究较少。

广东丹霞山(介于113°36'15"E~113°46'40"E和24°51'49"N~25°03'36"N之间)由于地处南岭山脉中段南麓这一特殊的地理位置,使其成为南北植被的天然分界线。丹霞山既是许多热带种类自然分布的北界,也是很多暖温带种类分布的南界。从中国植物分区的大空间来看,丹霞山位于“中国-日本森林植物亚区”中“华南地区”的北部<sup>[15]</sup>。丹霞山植被类型丰富多样,是重要的植物种源基地和物

**收稿日期:** 2016-11-29; **修订日期:** 2017-02-13

**基金项目:** 国家科技基础性工作专项重点项目(2013FY111900)、广东省自然科学基金项目(2016A030307046)、广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目(YQ2014157)、广东大学生科技创新培育专项资金(PDJH2017b0606)、广东开放大学广东理工职业学院重点科研课题(1735)资助。[Foundation: The Special Program for Key Basic Research of the Ministry of Science and Technology of China(2013FY111900); Natural Science Foundation of Guangdong Province(2016A030307046); the Outstanding Young Teachers Train Plan of General Institutes of High Education of Guangdong Province(YQ2014157); the Special Funds for the Cultivation of Guangdong College Students' Scientific and Technological Innovation(PDJH2017b0606); the Key Scientific Research Project of the Open University of Guangdong and Guangdong Polytechnic Institute(1735).]

**作者简介:** 欧阳杰(1969-),男,安徽蚌埠人,博士,副教授,主要从事旅游景区开发与管理、丹霞地貌、会展旅游等方面研究。E-mail: 910432328@qq.com

**通讯作者:** 彭华,教授。E-mail: eesph@mail.sysu.edu.cn

种基因库<sup>[16]</sup>。加之其独特的丹霞地貌形态<sup>[17-19]</sup>,致使区内保存了大量孑遗种、珍稀濒危物种。这些珍稀濒危植物,是全人类的共同财富,它们在揭示物种起源、系统进化、遗传育种、生殖生态,以及了解古地质、古气候等方面均具有重要意义<sup>[20,21]</sup>。所以,当务之急是要查明国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐的数量,总结丹霞梧桐空间分布的微地貌环境特征,并在丹霞山丹霞梧桐分布比较密集的地方设立丹霞梧桐重点保护地带。

### 1 材料与方 法

丹霞梧桐在“中国物种红色目录”(CSRL, 2004)第一卷评估中被列为极危(CR)等级<sup>[22]</sup>,是国家Ⅱ级重点保护野生植物,属于落叶小乔木,每年6月左右开紫花,雄花花药15枚,雌花子房近球形,种子圆球形,淡黄褐色,其花朵艳丽,树形优美,是优美的观赏植物。丹霞梧桐树皮黑褐色,嫩枝圆柱形,青绿色,无毛。树叶近圆形,薄革质,顶端浑圆,基部心形。每年10月左右树叶变黄后脱落,是进行野外调查与识别,找出其空间分布地带的最佳时机。

选取丹霞山狮子岩—阳元山景区(图1)为研究区,在实地考察获取丹霞梧桐的数目、丹霞梧桐

空间分布范围及海拔高程等数据的基础上,与丹霞山1 m分辨率的DEM数据叠加,利用ArcGIS10.0空间分析模块,归纳总结丹霞梧桐在研究区范围内分布的坡度、坡向等微地貌环境特征,根据这些微地貌环境参数,对研究区范围外丹霞山其他地方可能会有丹霞梧桐分布的地带进行推测。

为明确研究区丹霞梧桐的数量及空间分布,笔者及研究团队先后于2016年1月(表1)、6月、10月2~24日多次赴丹霞山实地考察、拍照(2 650多幅)、GPS定位(180多处)等。已获得狮子岩—阳元山景区丹霞梧桐的数量(约157株),部分照片如图2所示。其数量统计如下:狮子岩南坡—东南坡一带126株;其中,阳元山票站附近10株;怪面石附近60株;阳元石入口附近20株;入口西侧崖壁一带23株;通泰桥路口3株;玄机台对面崖壁10株。阳元山一带31株;其中,玄机台下部崖壁20株;西坡放鹤池附近崖壁10株;九九天梯南侧1株。

### 2 分析与讨论

#### 2.1 丹霞梧桐分布的海拔分析

通过对丹霞山植被群落的初步调查(表1)发现,在丹霞山顶和山麓地带丹霞梧桐极少分布,

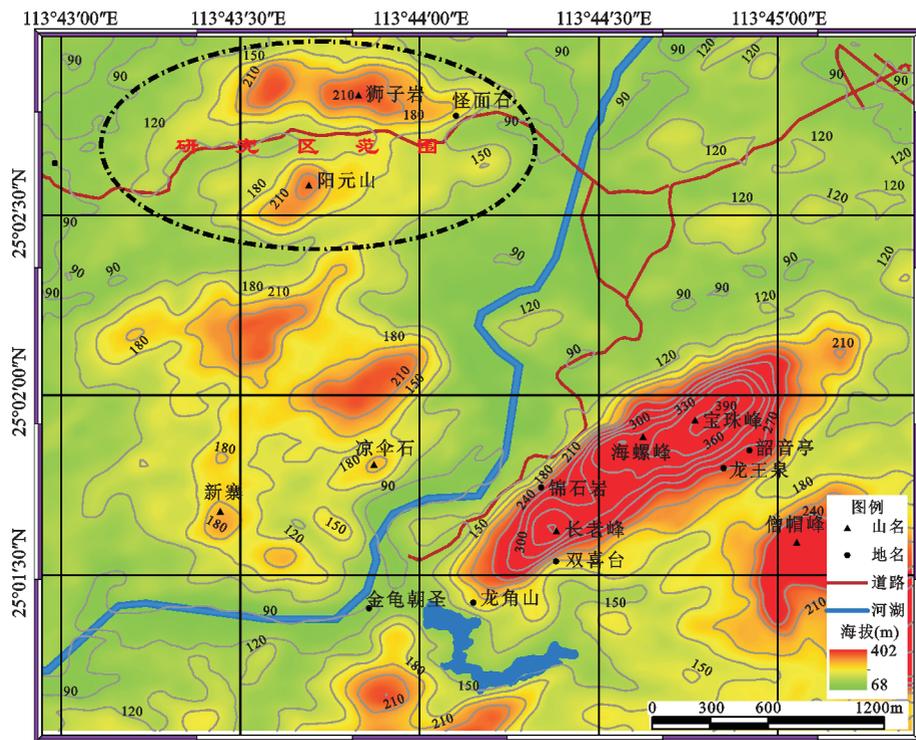


图1 研究区狮子岩—阳元山在丹霞山的位置与范围示意图

Fig.1 The position and the scope of the study area of the Shiziyang-Yangyuanshan on the Danxia Mountain

表1 丹霞山丹霞坡面植被情况

Table 1 The plants surveyed at the Danxia slope on the Danxiashan Mountain

| 编号          | 经度(E)    | 纬度(N)   | 坡面形态、坡向 | 海拔(m) | 植被群落   |
|-------------|----------|---------|---------|-------|--|
| DXS-160601  | 113.755° | 25.035° | 山坡、西北坡  | 390   | 低矮灌丛、植物密集,主要有乌冈栎( <i>Quercus phillyraeoides</i> )、金竹( <i>Phyllostachys sulphurea</i> )、圆叶小石积、仙草( <i>Mesona chinensis</i> )等。土壤颜色较黑,颗粒细腻,较干燥,含较多植物残体,上覆杂草。                          |
| DXS-160602  | 113.748° | 25.033° | 宝珠峰山顶   | 395   | 山顶矮林,主要有山黄皮( <i>Clausena excavata</i> )、白桂木( <i>Artocarpus hypargyreus</i> )、网脉山龙眼( <i>Helicia reticulata</i> )等,灌丛明显稀少。土壤颜色较黑、松散,上覆杂草、较干燥。  |
| DXS-160603  | 113.747° | 25.032° | 山坡、东南坡  | 384.4 | 金竹林,土壤可能含有密花树( <i>Myrsine seguinii</i> )、山黄皮等树种的花粉。土壤颜色较黑、上覆杂草、松软。   |
| DXS-160604  | 113.746° | 25.031° | 山脊、北向   | 363.8 | 亚热带常绿阔叶林,平均高20 m,灌丛一般以木荷( <i>Schima superba</i> )、樟( <i>Cinnamomum camphora</i> )为主。土色浅黑,质地松软。   |
| DXS-160605  | 113.743° | 25.03°  | 山坡、东坡   | 381.1 | 亚热带针阔混交林,以马尾松( <i>Pinus massoniana</i> )、樟、木荷、黄杞( <i>Engelhardtia roxburghiana</i> )四大类为主,高20~35 m。  |
| DXS-160606  | 113.74°  | 25.028° | 山顶、东向   | 351.3 | 山顶灌丛,以乌饭树( <i>Vaccinium bracteatum</i> )、乌冈栎、映山红( <i>Rhododendron simsii</i> )、飞龙掌血( <i>Toddalia asiatica</i> )、石楠( <i>Photinia serrulata</i> )等为主。                                |
| DXS-160607  | 113.738° | 25.027° | 山坡、西坡   | 360   | 亚热带常绿阔叶林,以杜英( <i>Elaeocarpus decipiens</i> )、樟、黄杞、秀丽锥( <i>Castanopsis jucunda</i> )为主。   |
| DXS-160608  | 113.736° | 25.024° | 山坡、东南坡  | 309   | 毛竹( <i>Phyllostachys heterocycla</i> )林地。  |
| DXS-160609  | 113.742° | 25.05°  | 山麓崩岩    | 174   | 崩岩表层苔藓。  |
| DXS-160610  | 113.743° | 25.05°  | 山麓岩壁    | 168   | 岩壁表面苔藓。  |
| DXS-160611  | 113.747° | 25.023° | 山坳平地    | 113.8 | 草本植物密集,以芦苇( <i>Phragmites australis</i> )、朝天罐( <i>Osbeckia opipara</i> )、莎草( <i>Cyperus glomeratus</i> )、鳞毛蕨属( <i>Dryopteris</i> )、禾本科( <i>Gramineae</i> )植物为主。沼泽地,2条溪流汇合处,土壤含水量大。 |
| DXS-1606012 | 113.747° | 25.021° | 山麓谷地    | 125   | 孝顺竹( <i>Bambusa multiplex</i> )林地。沼泽地,沟谷长约1 km,面积较大。   |
| DXS-1606013 | 113.743° | 25.02°  | 山麓      | 140   | 乔木稀少,以灌木、草本为主,有毛鳞省藤( <i>Calamus thysanolepis</i> )、粤柳( <i>Salix mesnyi</i> )等。沼泽地,土层发育较厚。  |
| DXS-1606014 | 113.744° | 25.02°  | 山坡、东北向  | 153   | 亚热带针阔混交林,以灌木、芒萁( <i>Dicranopteris pedata</i> )、马尾松、木荷、两广杨桐( <i>Adinandra glischroloma</i> )、山茶( <i>Camellia japonica</i> )等为主。   |

反而在丹霞崖壁上,丹霞梧桐成群散布较多。这可能是因为在景区的山顶和山麓地带,受到较多的人类活动影响,加之其他植物难于在丹霞崖壁上生存,故研究区的丹霞崖壁为丹霞梧桐的生存和发育提供了相对有利的空间。

为了准确分析丹霞梧桐在研究区分布的海拔范围,本研究使用 ArcGIS10.0 的空间分析模块 3D Spatial Tools 工具中的 Raster Surface-Contour List 功能,在精度为 1 m 的 DEM 地形数据中提取特征等高线,通过等高线数据判读发现,狮子岩东南坡和南坡的丹霞梧桐基本沿着海拔 180 m 等高线分布,其中东南坡丹霞梧桐分布密集地带的海拔高

度最低在 110 m 左右,研究区丹霞梧桐分布的海拔高度一般不超过 220 m 等高线(图 3)。

## 2.2 丹霞梧桐分布的坡度分析

利用 ArcGIS10.0 的空间分析模块 3D Spatial Tools 工具中的 Raster Surface-slope 功能,在精度为 1 m 的 DEM 地形数据中计算研究区的坡度,结合实际观察发现,研究区坡度在 60° 以上的崖壁地带丹霞梧桐分布较多(图 4)。实地观察还发现,海拔 180 m 等高线穿过坡度 60° 的崖壁有节理或层理发育的地带,丹霞梧桐分布往往比较集中。

## 2.3 丹霞梧桐分布的坡向分析

通过 ArcGIS10.0 的空间分析模块 3D Spatial

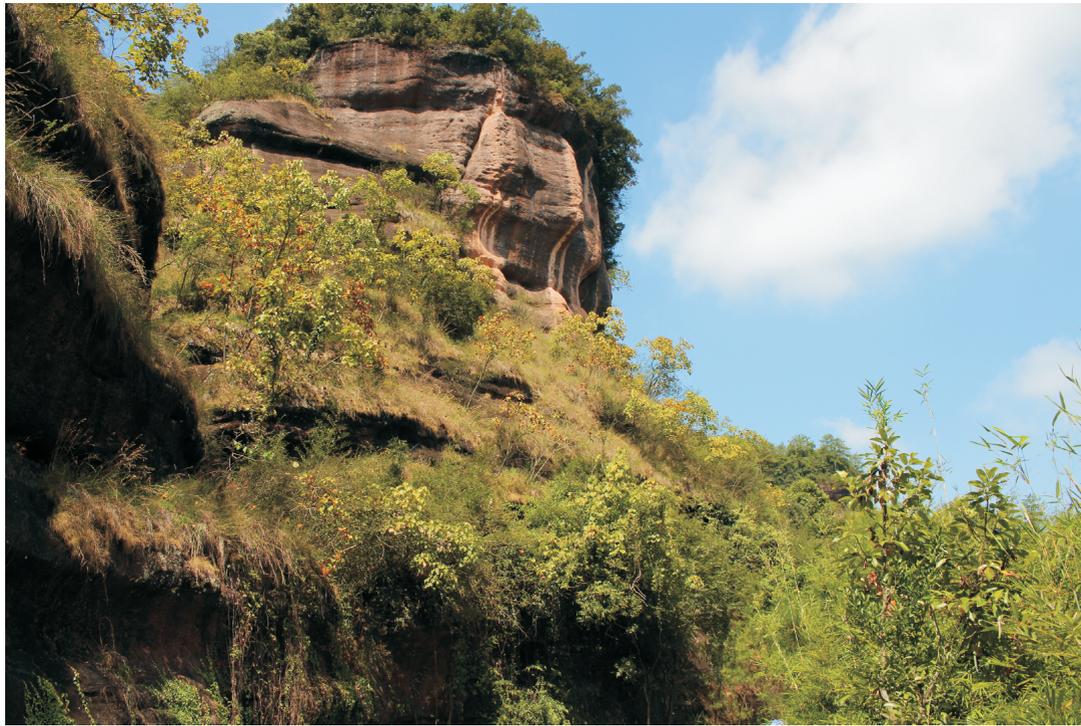


图2 狮子岩东南坡崖壁上丹霞梧桐树叶变黄最佳观测期照片(拍摄于2016年10月23日广东省中国丹霞山世界地质公园)  
 Fig.2 The yellow leaves of the *Firmiana danxiaensis* of the southeast cliff of the Shiziyan during the best observation period

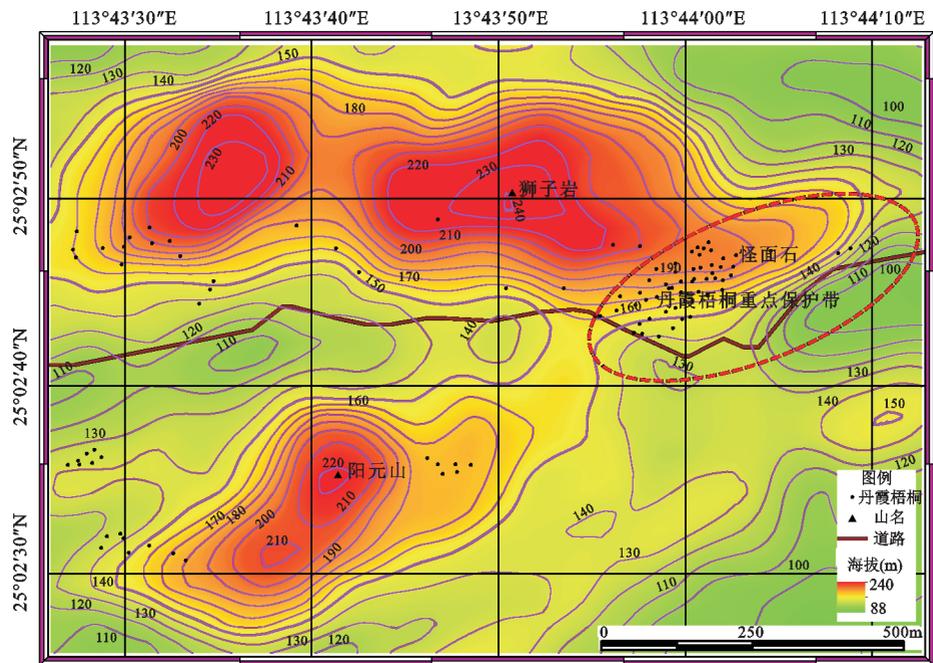


图3 研究区丹霞梧桐分布海拔  
 Fig.3 The altitude to the distribution of the *Firmiana danxiaensis* in the study area

Tools 工具中的 Raster Surface-aspect 功能,在精度为 1 m 的 DEM 地形数据中计算研究区的坡向,发

现在狮子岩东南-南坡一带岩壁,丹霞梧桐分布比较密集,在阳元山的北坡和西坡,也有丹霞梧桐小

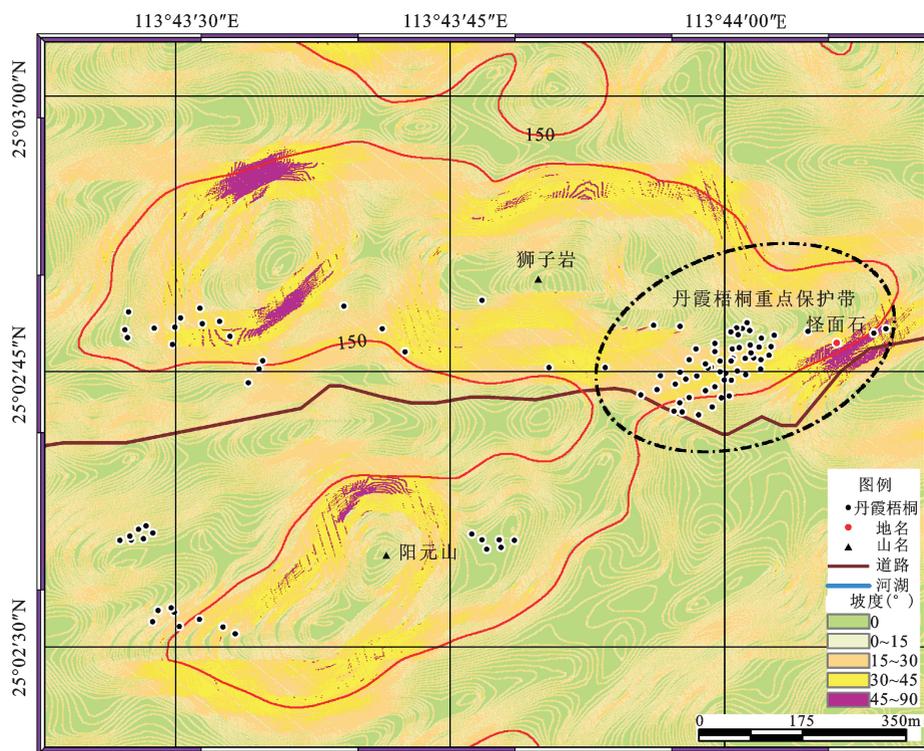


图4 研究区丹霞梧桐分布坡度

Fig.4 The slope to the distribution of the *Firmiana danxiaensis* in the study area

范围聚集散布(图5)。以上分析表明,研究区的坡向不是严格制约丹霞梧桐空间分布最重要的微地貌因素。根据以上对狮子岩-阳元山丹霞梧桐空间分布的海拔、坡度和坡向的地貌环境分析,可以推测在丹霞山本次研究区以外的长老峰景区、翔龙湖景区以及其他尚未开发的地带,在海拔180 m等高线穿过坡度大于60°崖壁的相似微地貌环境地带,也可能会有丹霞梧桐的分布,这为下一步全面重点考察丹霞山丹霞梧桐的数量及其空间分布奠定研究基础。

但是,等高线180 m穿过坡度大于60°的地带,只是丹霞梧桐比较适宜生长发育的丹霞微地貌环境特征,这并不意味着所有符合这2个条件的丹霞崖壁上都会布满丹霞梧桐。实际上,影响丹霞梧桐分布的其他非地貌因素还很多,也很复杂。比如,区域的气温、降水、湿度、光照、成土母质及其土壤属性等因素,都会对丹霞梧桐的分布造成不同程度的影响。甚至丹霞崖壁形成的时间对丹霞梧桐的分布都会有影响。如果丹霞崖壁形成的时间较晚,丹霞崖壁岩性均一且无节理或层理发育,加之外力雨水冲刷迅速,致使在这样的丹霞崖壁上很难保存

下来丹霞梧桐或者其他植物的种子,导致这些丹霞崖壁上形成寸草不生的“裸岩”。这样的情况在丹霞山很多,典型的地方有锦石岩寺的赤壁丹崖和阳元山北坡的晒布岩等“裸岩”崖壁。

以上分别从丹霞坡面形态、海拔、坡度和坡向等方面,分析了丹霞梧桐空间分布的微地貌环境特点。反之,微地貌环境又会影响甚至制约植物的生长和发育,使其和环境相适应。最主要表现是,为了能够适应在比较贫瘠的崖壁上生存,丹霞梧桐的树干挺拔,根系特别发达,这样既能够固定本身的生长发育,接受阳光照射,同时,还能最大限度的吸收水分并存活下来。丹霞梧桐是比较耐旱的小乔木,主要沿着丹霞崖壁节理或层理处土壤稀薄贫瘠的地方分布。尤其值得注意的是,丹霞梧桐分布地带经常见到的圆叶小石积、忽地笑、卷柏等植物,也基本都具备耐旱、较低矮、根系发达等特征,这充分反映了在相似的微地貌环境的制约下,植物适应环境生存的趋同性。

### 3 结果与展望

1) 丹霞梧桐属于比较耐旱的崖壁植物,在研

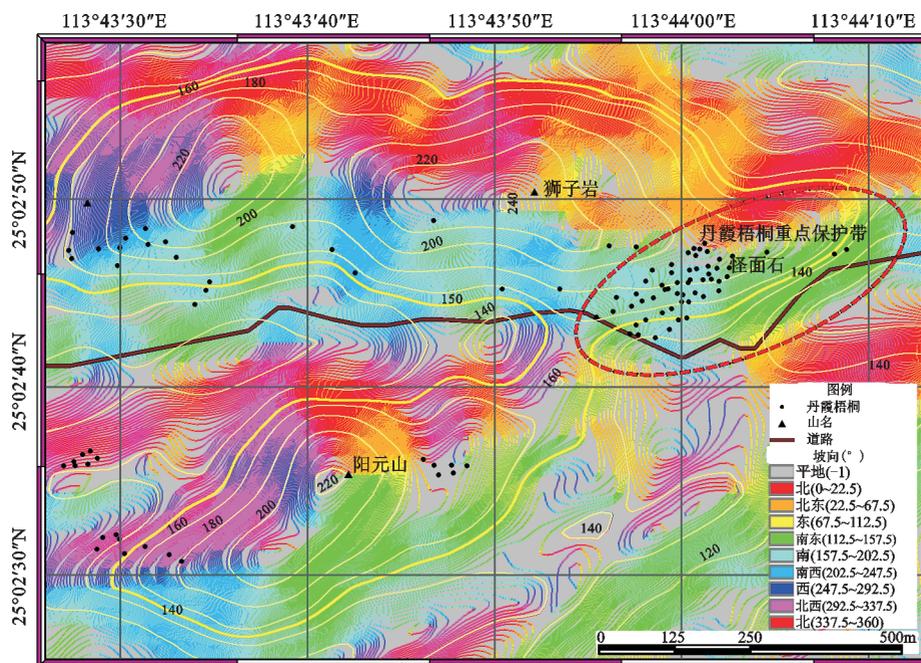


图5 研究区丹霞梧桐分布的坡向

Fig.5 The aspect to the distribution of the *Firmiana danxiaensis* in the study area

究区的空间分布是主要沿着阳元山-狮子岩景区崖壁的节理或层理处成群聚集,在山顶和山麓地带分布较少。在研究区狮子岩的东南、南坡崖壁海拔在180 m左右、坡度大于60°且有垂直节理和水平层理发育、土壤相对比较贫瘠的岩壁地带,丹霞梧桐集中分布,并与圆叶小石积、忽地笑、卷柏等植物伴生。

2) 基于本文总结的丹霞梧桐空间分布规律,可以推测在丹霞山坡度60°左右,180 m等高线穿过的有节理或层理发育、土壤比较贫瘠的崖壁地带,可能会有丹霞梧桐的分布,实际情况亟待进一步的深入调查和验证。积极建议在狮子岩东南坡丹霞梧桐密集分布地带,尽快建立丹霞山国家珍稀濒危物种丹霞梧桐重点保护地带(如图3~5所示),以宣传珍稀物种保护的重要性,增强民众的保护意识。

3) 当研究较大范围丹霞山(核心区168 km<sup>2</sup>)国家珍稀濒危保护植物(如丹霞梧桐)的空间分布规律时,在研究手段上,需要将实地考察与卫星遥感、信息识别与提取技术相结合。根据植被的季节变化特点(丹霞梧桐在每年6月份开紫花以及10月份叶子变黄这2个不同于其他植物的显著特征),辅助于无人机低空高分辨信息获取、识别与

算法研究,既能准确快速的提取丹霞梧桐空间分布的范围,又能定量分析和计算丹霞梧桐的数量以及空间分布的微地貌环境参数等,使丹霞地貌的研究,向着定量、微观的纵深领域发展。

通过对广东丹霞山国家珍稀濒危保护植物丹霞梧桐分布的坡面形态、海拔、坡度、坡向等微地貌环境特征的研究,不仅可以推测本次研究区之外更大范围区域丹霞梧桐分布的可能地带,还可以和中国丹霞另外5处世界自然遗产地(福建泰宁、贵州赤水、江西龙虎山-龟峰、湖南崀山、浙江江郎山)的国家珍稀濒危保护植物的空间分布及其微地貌环境特点进行对比、分析和总结,为建立和划分中国丹霞世界自然遗产地国家珍稀濒危植物保护带奠定基础。

致谢:感谢广州图灵遥感技术中心提供丹霞山高精度DEM数据、丹霞山管委会协助和支持此项研究及配合野外调查工作!

## 参考文献(References):

- [1] 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. [Xu Xianghao, Qiu Huaxing, Xu Songjun. New species and variety of Sterculiaceae from China. Journal of South China Agricultural University, 1987, 8(3): 1-5.]

- [2] 徐颂军, 徐祥浩. 梧桐科植物的地理分布[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(1): 19-30. [Xu Songjun, Xu Xianghao. Geographical distribution of Sterculiaceae. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2001, 9(1): 19-30.]
- [3] 徐颂军. 梧桐科植物在中国的地理分布[J]. 广西植物, 2002, 22(6): 494-498. [Xu Songjun. The distribution of the sterculiaceae plants in China. Guihaia, 2002, 22(6): 494-498.]
- [4] 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:自然科学版, 2015, 36(12): 28-31. [Luo Xiaoying, Chen Qiuhui, Cai Chunrong et al. Analysis on geographical elements of the community of plant species with extremely small populations *Firmiana danxiaensis*. Journal of Shaoguan University: Natural Science, 2015, 36(12): 28-31.]
- [5] Fan Q, Chen S F, Li M W et al. Development and characterization of microsatellite marks from the transcriptome of *Firmiana danxiaensis* (Malvaceae) [J]. Applications in Plant Sciences, 2013, 1(12): 13-47.
- [6] 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]. Biochemical Systematics and Ecology, 2014, (55): 66-72.
- [7] 欧阳杰, 黄进. 中国丹霞地貌空间分布探讨[J]. 地理空间信息, 2011, 9(6): 55-59. [Ouyang Jie, Huang Jin. Spatial distribution of Danxia landforms in China. Geospatial Information, 2011, 9(6): 55-59.]
- [8] 欧阳杰, 朱诚, 彭华, 等. 浙江方岩丹霞地貌类型及其空间组合[J]. 地理学报, 2009, 64(3): 349-356. [Ouyang Jie, Zhu Cheng, Peng Hua et al. Types and spatial combination of Danxia landform of Fangyan in Zhejiang Province, China. Journal of Geographical Sciences, 2009, 64(3): 349-356.]
- [9] 欧阳杰, 朱诚, 彭华, 等. 湖南崀山丹霞地貌岩体抗酸脆弱性的实验研究[J]. 地球科学进展, 2011, 26(9): 965-970. [Ouyang Jie, Zhu Cheng, Peng Hua et al. Experimental research on vulnerability of Danxia rocks to resistance against acid erosion in Langshan, Hunan Province. Advances in Earth Science, 2011, 26(9): 965-970.]
- [10] 彭华, 邱卓炜, 潘志新. 丹霞山顺层洞穴风化特征的试验研究[J]. 地理科学, 2014, 34(4): 3454-3463. [Peng Hua, Qiu Zhuo-wei, Pan Zhixin. Experimental study on the weathering features of bedding caves at Mt. Danxiashan. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(4): 3454-3463.]
- [11] 彭少麟, 李富荣, 周婷, 等. 丹霞地貌沟谷生态效应[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 2947-2953. [Peng Shaolin, Li Furong, Zhou Ting et al. The ecological ravine effects of Danxia landform. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 2947-2953.]
- [12] 吴瑾, 彭少麟, 林真光, 等. 丹霞地貌山顶生态效应[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3390-3400. [Wu Jin, Peng Shaolin, Lin Zhen-guang et al. The ecological effect on the hilltop of Danxia landform. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3390-3400.]
- [13] 刘蔚秋, 李植华, 刘兰芳. 丹霞山风景地貌的植物区系研究[J]. 广西植物, 1999, 19(1):15-21. [Liu Weiqiu, Li Zhihua, Liu Lanfang. A preliminary study on the flora of the tourist landform of Danxiashan, Guangdong, China. Guihaia, 1999, 19(1): 15-21.]
- [14] 欧阳杰, 朱诚, 彭华. 丹霞地貌的国内外研究对比[J]. 地理科学, 2011, 31(8):996-1000. [Ouyang Jie, Zhu Cheng, Peng Hua. A contrast introduction to Danxia landforms from a world wide references for similar landforms. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(8):996-1000.]
- [15] 何道泉, 敖惠修, 伍辉民. 丹霞山植被及其保护[J]. 热带地理, 1991, 11(3):261-270. [He Daoquan, Ao Huixiu, Wu Huimin. The vegetation and its conservation in the Danxia mountains. Tropical Geography, 1991, 11(3):261-270.]
- [16] 敖惠修, 何道泉. 红石公园, 绿色宝库[J]. 广东园林, 1992, (1): 33-36. [Ao Huixiu, He Daoquan. Red-stone park, green treasure house. Guangdong Garden, 1992, (1):33-36.]
- [17] 欧阳杰. 广东丹霞山丹霞地貌类型空间分布初探[J]. 城市地理, 2015, (1):16-17. [Ouyang Jie. Spatial distribution of types of Danxia landforms in Danxiashan, Guangdong Province. Global City Geography, 2015, (1):16-17.]
- [18] 欧阳杰. 广东丹霞山崩岩空间分布的初步研究[J]. 地球, 2014, (3):35-39. [Ouyang Jie. Spatial distribution of fallen stones in Danxiashan, Guangdong Province. The Earth, 2014, (3):35-39.]
- [19] 欧阳杰. 中国丹霞世界自然遗产地地貌类型的对比研究[J]. 当代旅游, 2010, (5), 81-85. [Ouyang Jie. Contrast study types of Danxia landforms in the World Natural Heritage sites of China Danxia. Tourism Today, 2010, (5), 81-85.]
- [20] 欧阳杰. 广东丹霞山表土孢粉研究的意义和价值[J]. 环球人文地理, 2016, (1):36-37. [Ouyang Jie. The importance and the value of studying pollen in the topsoil in Danxiashan, Guangdong Province. Cultural Geography, 2016, (1):36-37.]
- [21] 彭少麟, 廖文波, 李贞, 等. 广东丹霞山动植物资源综合科学考察[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 54-82. [Peng Shaolin, Liao Wenbo, Li Zheng et al. Scientific investigation to resources of animals and vegetations in Danxiashan, Guangdong Province. Beijing: Science Press, 2011: 54-82.]
- [22] 汪松, 解焱. 中国物种红色名录(第一卷)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 35-36. [Wang Song, Xie Yan. The China Species Red List (Vol. 1). Beijing: Higher Education Press, 2004: 35-36.]

## Environmental Features of the Micro-landforms of the Spatial Distribution of the National Rare Species of *Firmiana danxiaensis* on the Danxiashan Mountain

Ouyang Jie<sup>1,2</sup>, Peng Hua<sup>3</sup>, Luo Xiaoying<sup>4</sup>, Chen Zaixiong<sup>5</sup>, Zhang Anxin<sup>1,2</sup>, Ma Yuxuan<sup>2</sup>

(1. Department of Culture and Law, the Open University of Guangdong, Guangzhou 510091, Guangdong, China; 2. Guangdong Polytechnic Institute, Guangzhou 510091, Guangdong, China; 3. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510075, Guangdong, China; 4. Institute of Tourism and Geography, Shaoguan University, Shaoguan 512005, Guangdong, China; 5. The Limited Company of Danxiashan Tourism Investment Management of Shaoguan City, Shaoguan, Guangdong 512300, China)

**Abstract:** The core areas Shiziyan-Yangyuanshan of Danxiashan of Guangdong Province are selected to study the spatial distribution of *Firmiana danxiaensis* which are the national rare and endangered plants. The micro-landforms environmental features of spatial distribution of *Firmiana danxiaensis* are summarized through the data (longitude, altitude, slope and aspect) which obtained by the investigation on-the-spot, and the space analysis on the DEM terrain data with 1 m resolution by using ArcGIS10.0. From the spatial distribution and slope morphology of Danxia, the *Firmiana danxiaensis* in the study areas are mainly distributed at the Danxia cliffs with vertical joints or horizontal beddings and the altitude of 180 m or so and the 60° slope with relative barren soil where always can be found some plants such as *Osteomeles subrotunda*, *Lycoris aurea*, *Selaginella (revive grass)*, etc. They all belong to drought to lerant plants. The spatial distribution of *Firmiana danxiaensis* is not restricted by the factor of the aspect, but the slope and the altitude are the two important influencing factors. According to the above distribution rules, the *Firmiana danxiaensis* presumably distribute at the cliffs of the Danxiashan outside of the study areas with the altitude of 180 m and the slope 60°. We actively recomned that it is necessary to establish the important protected belt for the *Firmiana danxiaensis* of the national rare and endangered plants in the southeast of Shiziyan of Danxiashan as early as possible. Our study is useful for comparing with the other five China Danxia World Natural Heritage sites (Taining of Fujian Province, Chishui of Guizhou Province, Longhushan-Guifeng of Jiangxi Province, Langshan of Hunan Province, Jianglangshan of Zhejiang Province). We can analyze and summarize the spatial distributions and environmental characteristics of micro landforms related to the national rare and endangered plants, and establish China Danxia World Natural Heritage key protection belts in the future.

**Key words:** *Firmiana danxiaensis*; spatial distribution; Danxia landforms; Danxiashan of Guangdong