

丹霞地貌沟谷生态效应

彭少麟¹, 李富荣¹, 周 婷¹, 陈磊夫¹, 陈宝明¹, 彭 华²

(1. 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510006; 2. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要:以广东省丹霞山为研究实例,探讨丹霞地貌特殊的沟谷生态效应。结果表明,丹霞地貌的特殊沟谷生态效应体现在以下两个方面:第一是丹霞地貌演变过程中形成了众多石峰隆起和沟谷凹陷,特殊的地貌环境使得沟谷中的生态因子与其它非丹霞地貌开阔区域产生差异,小气候相对封闭,水湿条件极好,为喜高温高湿的热带物种提供了较好的生存环境;沟谷所处位置的地理环境,如四周崖壁的光滑程度会影响到太阳光反射到沟谷的光强,这些都会对沟谷中的温湿度产生影响。第二是丹霞地貌特殊的生态条件,为沟谷地带孕育出一批热带性较强的分类群提供了可能,与相近纬度的诸多植被相比,丹霞地貌植物区系热带性明显增强,热带分布区类型所占比重比同纬度区域要大 10% 以上,大多数沟谷中热带性物种分布现象比较明显,藤本分布较多,蕨类植物也较丰富,耐水湿的植物区系发育良好;这实际上造成了植物水平分布上的移位,使中亚热带区域中分布有南亚热带甚至热带区域的物种,出现了由于其特殊的沟谷地貌效应而形成的与其地貌条件保持协调和平衡的演替顶级群落类型,称为地貌顶级群落。

关键词:丹霞地貌;沟谷地貌效应;地貌顶级群落;小气候;热带性物种

文章编号:1000-0933(2008)07-2947-07 中图分类号:Q143 文献标识码:A

The ecological ravine effects of Danxia Landform

PENG Shao-Lin¹, LI Fu-Rong¹, ZHOU Ting¹, CHEN Lei-Fu¹, CHEN Bao-Ming¹, PENG Hua²

1 State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China

2 Department of Geography Science and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 2947 ~ 2953.

Abstract: Danxia Mountain in Guangdong Province was investigated to inquire into the special ecological effects in ravines of Danxia Landform. The results showed that its geomorphologic ecological effects can be manifested in the following two aspects. Firstly, multitudinous ridgy stone peaks and hollow ravines were shaped in the forming process of Danxia Landform. Ecological factors were different between its ravines and other open regions. Relatively close microclimate and high moisture condition in ravines could provide suitable living environment for the tropical species which preferred to hot and humid environment. Ravine geomorphologic environment, like smooth degree of surrounding cliffs, would affect light intensity reflecting into ravines. All the aspects had influence on the temperature and humidity in ravines. Secondly, the special ravine ecological effects in Danxia Landform provided possibility for gestating a group of taxa with greater tropical characteristics. There tropical plant flora was markedly increased in compare with other vegetations on similar latitude. Tropical plant distributions were obvious in most ravines of Danxia Landform. Its proportion was 10% more than that of other regions on the similar latitude. The ravines in Danxia Landform were rich in liana, ferns and other high water-logging

基金项目:中国丹霞地貌申遗科研基金资助项目;国家自然科学基金资助项目(30670385);中山大学张宏达科学研究基金资助项目

收稿日期:2008-06-30; 修订日期:2008-07-10

作者简介:彭少麟(1956~),男,广东潮州人,博士,教授,主要从事生态学研究. E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Scientific Research Fund of Application for the World Heritage of Danxia Landform, China; National Natural Science Foundation of China (No. 30670385); the Scientific Research Fund of Hongda Zhang, Sun Yat-sen University

Received date: 2008-06-30; **Accepted date:** 2008-07-10

Biography: PENG Shao-Lin, Ph. D., Professor, mainly engaged in ecology. E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

resistance plants. Collectively the phenomena that some typical species in south subtropics appeared in mid-subtropics revealed latitudinal shift of plant distribution. This kind of climax communities, which were coordinated and balanceable with their geomorphologic environments due to the special ravine ecological effects in Danxia Landform, could be called geo-climax communities.

Key Words: Danxia Landform; geomorphologic ravine effect; geo-climax; microclimate; tropical species

丹霞山处于中国东南部,属中亚热带季风气候类型,气候温暖湿润,年均温 19.7℃,最热月(7 月份)平均 28.8℃。最冷月(1 月份)9.2℃,极端最低气温 -5.4℃,冬季偶有小雪,年平均降雨量 1640mm^[1]。季节性和突发性的降雨,不断对红层岩石产生极强的侵蚀和淋蚀,河流的纵向切割和溯源侵蚀,更有利于形成陡峭谷壁和深切沟谷,同时水流的参与又加剧了风化溶蚀和崩塌作用,不断地塑造和改造着业已形成的丹霞地貌^[2]。

由于丹霞地貌的地势陡峭,河谷深切,在其沟谷地带,小气候相对封闭,温湿条件优越,为孕育出一批热带性较强的分类群提供了可能。这种有明显热带物种分布的现象在刘蔚秋等^[3]的调查中有发现。分析这种热分布现象形成的原因,可能是因为由特殊的丹霞地貌引发了森林小气候的改变,进而对植被区系的分布造成了一定影响^[4]。但是,目前缺乏这方面的系统研究,其机理尚未明确,有待深入探讨。

1 研究样地及研究方法

1.1 样地概况

选择广东省丹霞山的两个较为典型的丹霞地貌沟谷,以阳元山下的沟谷植被群落(N25°02'33.6",E113°43'52.5",海拔 125m)和阴元石下的沟谷植被群落(N25°02'25.5",E113°44'42.5",海拔 125m)作为实验样地;选择与实验样地相近纬度上无山峰四面包围的较为开阔的两个非丹霞地貌植被群落,作为对照样地,两处的对照分别为阳元山附近的一片风水林(N25°02'31.8",E113°44'12.4",海拔 126m)和阴元石附近观景台下的一片藜蒴林(N25°01'23.6",E113°44'38.5",海拔 123m)。分别对实验样地和对照样地进行群落调查。

1.2 样地小气候观测方法

采用自动记录温湿度计法,在 2008 年 5 月天气连续晴朗期间进行试验,同一天内在实验样地和对照样地(2 组对照,共 4 个样地)测量空气温湿度的 24h 逐时变化,设置仪器时将自动记录温湿度计 ZJ1-2A 放在离地 1.5m 高左右的位置悬空^[5]。每小时观测 1 次,计算日夜平均气温,并每天记录白天、夜间最高气温和最低气温,持续 2~3d。

2 研究结果

2.1 沟谷及其对照的植物群落组成分析

阳元山沟谷是较为典型的丹霞地貌沟谷(图 1),位于两座较高的山峰之间,三面环山,只有东面相对开阔,其中一面山壁较光滑,植被稀疏。沟谷植被群落中热带性或偏热带性物种(如毛鳞省藤 *Calamus thysanolepis*、榕属植物)比较丰富且所占比重较大,层间植物多藤本如菝葜(*Smilax china*)、秤钩风(*Diploclisia affinis*)、瓜馥木(*Fissistigma oldhamii*)、细圆藤(*Pericampylus glaucus*)、白花悬钩子(*Rubus leucanthus*)、藤黄檀(*Dalbergia hancei*)等,群落郁闭度 95% 以上。植物群落结构可分为 3 层,其中乔木层有 1 层,灌木层 1 层和草本层 1 层。植物群落高度一般在 10~15m 之间。其中乔木层主要有鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、山杜英(*Elaeocarpus syl-*



图 1 阳元山沟谷植被

Fig. 1 Vegetation of the ravine in Yangyuanshan

vestris)、黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、枫香(*Liquidambar formosana*)等;与之混交的灌木主要有省藤、粗叶榕(*Ficus hirta*)、三叉苦(*Evodia lepta*)、山黄皮(*Randia cochinchinensis*)、艳山姜(*Alpinia zerumbet*)、紫珠(*Callicarpa bodinieri*)、罗伞树(*Ardisia quinquegona*)、鲫鱼胆(*Maesa perlaris*)、大叶桂樱(*Laurocerasus zippeliana*)、葡蟠(*Broussonetia kaempferi*)、新木姜子(*Neolitsea aurata*)、大叶紫珠(*Callicarpa macrophylla*)等;林下草本植物较丰富,常见的有细辛(*Asarum sieboldii*)、过路黄(*Lysimachia christinae*)、仙茅(*Curculigo orchiodes*)、海芋(*Alocasia macrorrhiza*)、天南星(*Arisaema heterophyllum*)、星蕨(*Microsorium punctatum*)、中华复叶耳蕨(*Arachniodes chinensis*)等。

阳元山沟谷的对照群落位于阳元石景区门口村边,是保护良好的风水林(图2)。该次生林植被保护得较好,未遭破坏。主要有荷木(*Schima superba*)等亚热带成分,林下蕨类(主要是铁芒萁 *Dicranopteris linearis*)较多,郁闭度不到80%。坡向朝东,坡度10°。植物群落结构亦可分为3层,群落高度为8~12m,优势种为荷木和马尾松(*Pinus massoniana*)。林下灌木层为山黄皮、秀丽锥(*Castanopsis jucunda*)、山龙眼(*Helicia formosana*)、山乌柏(*Sapium discolor*)、三叉苦、皱叶烟斗柯(*Lithocarpus corneus* var. *rhytidophyllus*)、鸭脚木、漆树、毛冬青(*Ilex pubescens*)、省藤等。草本层以铁芒萁为优势,另有斑叶朱砂根(*Ardisia punctata*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、黑莎草(*Gahnia tristis*)等。群落中有少量藤本,偶有菝葜、千金藤(*Stephania japonica*)等分布于林间。与阳元山沟谷相比,本群落中热带成分较少,省藤以及层间藤本植物比较少见。



图2 阳元山对照群落

Fig. 2 The control site of the ravine in Yangyuanshan

阴元石下的沟谷也是较为典型的丹霞地貌沟谷(图3),三面环山,其中一面山坡植物较少,为半光滑石壁,另两面植被较密。该沟谷中植物群落结构与组成比较复杂,热带性成分所占比例明显偏大,郁闭度为95%以上。乔木物种丰富且生长较紧密,树冠互相重叠而比较连续,主要有山杜英、黄杞、荷木、枫香、岭南酸枣(*Spondias lakonensis*)、白花龙(*Styrax faberi*)、鸭脚木、欏木(*Loropetalum chinense*)等。林下灌木以省藤和一些榕属植物(如变叶榕 *F. variolosa*、粗叶榕、对叶榕 *F. hispida*、柳叶榕 *F. irregularis*)等为主,另有黄毛五月茶(*Antidesma fordii*)、艳山姜、麻楝(*Chukrasia tabularis*)、凤凰润楠(*Machilus phoenicis*)、天料木(*Homalium cochinchinense*)、鸭公树(*Neolitsea chuii*)等,草本植物蕨类植物较丰富,主要有中华复叶耳蕨、半边旗(*Pteris semipinnata*)、星蕨等;另常见有海芋、山菅兰(*Dianella ensifolia*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、三叉苦、见血青(*Liparis nervosa*)、北江十大功劳(*Mahonia fordii*)、鲫鱼胆、黑莎草等。另外,林间密布藤本,其中以龙须藤(*Bauhinia championii*)、小叶海金沙(*Lygodium scandens*)分布较多,另有少量千金藤、藤黄檀、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、菝葜、细圆藤等。



图3 阴元石沟谷植被群落

Fig. 3 Vegetation in the ravine of Yinyuanshi

其对照点位于阴元石观景台下,四周山峰距离较远,为比较开阔的区域(图4)。该区域植物种类较少,结构简单,郁闭度为90%,植物群落高度为10~14m之间。乔木层的优势植物主要为单一的藜蒭(*Castanopsis fissa*),另外有少量的鸭脚木、银合欢(*Leucaena*

leucocephala)、异叶花椒 (*Zanthoxylum ovalifolium*) 等。林下植物中藜蒴小苗较丰富, 偶有省藤和少量藤本(如菝葜、小叶海金沙、龙须藤等)分布其间。与阴元石沟谷相比, 其热带性较强的分类群分布不明显, 物种也比较单一。

2.2 各沟谷观测期内日平均温度比较

整理各样地日平均温度数据, 分析结果如图 5 所示。

对阳元山和阴元石两组对照进行连续观测后发现, 阳元山观测点沟谷和对照点的日平均温度分别为 19.8℃ 和 21.1℃, 阴元石观测点为 18.1℃ 和 18.6℃; 观测期内沟谷的日平均温度均低于对照点的日平均温度, 两组观测点的沟谷与对照日平均温度差分别为 1.4℃ 和 0.5℃。

2.3 各沟谷温度日变化对比分析

仪器记录各样地温度 24h 的日变化, 结果用折线图表示, 见图 6 及图 7。

从图中可见, 在观测期内, 阳元山沟谷观测点白天最高温度达 28℃, 出现在 13:00, 相比之下, 对照点白天最高温度达 29℃, 出现在 14:00。沟谷夜间最低温度为 14℃, 出现在 6:00, 而对照点夜间最低温也同样为 14℃, 出现在 5:00 至 6:00。

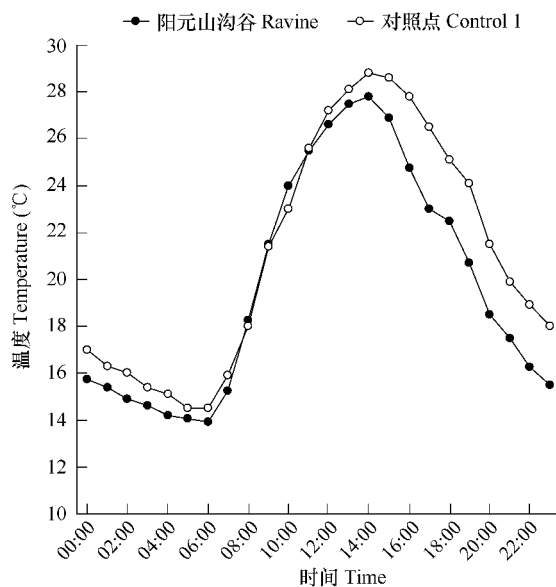


图 6 阳元山沟谷及其对照样地的温度日变化曲线

Fig. 6 Diurnal temperature variations in the sites of Yangyuanshan



图 4 阴元石沟谷对照

Fig. 4 The control site of the ravine in Yinyuanshi

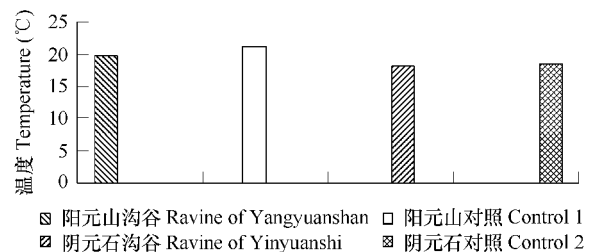


图 5 各样地日平均温度

Fig. 5 Daily mean temperature in each site

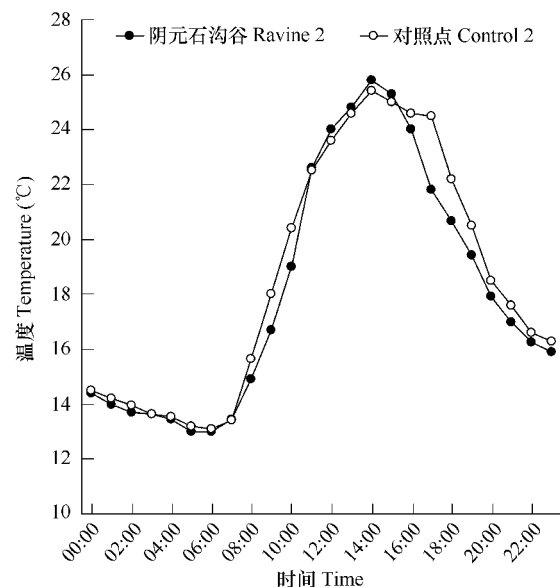


图 7 阴元石沟谷及其对照样地温度日变化曲线

Fig. 7 Diurnal temperature variations in the sites of Yinyuanshan

从上图中可见, 在观测期内, 阴元石沟谷白天最高温度为 26℃, 出现在 14:00 至 15:00, 对照点白天最高温也为 26℃, 且同样出现在 14:00 至 15:00。沟谷夜间最低温度为 11℃, 出现在 5:00 至 6:00, 对照点夜间最低温度为 11℃, 出现在 6:00。

两组地点对比发现,阳元山观测点白天最高温度比阴元石观测点高 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$,其夜间最低温度同样偏高 3°C ,阳元山观测点白天最高温度出现时间为 13:00 至 14:00,阴元石观测点白天最高温度出现在 14:00 至 15:00,与阳元山相比出现得略晚,夜间最低温度出现的时间在两组地点表现得较为一致,均为 5:00 至 6:00。

温度是影响植物生存和生长的重要气候因子。在林地中,由于进入冠层的乱流涡旋体受到枝叶的阻截和磨擦作用,被破碎为更小的形状不一的、大小不等的乱流涡旋体,使乱流交换强度发生变化,从而导致其温度与空旷地产生差异^[6]。且一般夏季林内温度低于空旷地^[7],在丹霞山的调查结果正与这一结论一致。另外,通常林内冬季的温度要高于空旷地^[7],丹霞沟谷中的其它生态条件有待进一步的调查研究。

2.4 各沟谷日平均湿度变化对比分析

阳元山观测点沟谷和对照点的日平均湿度分别为 66% 和 60%,而阴元石观测点分别为 71% 和 69%;可见观测期内沟谷的日平均湿度均高于对照点的日平均湿度,两组观测点的沟谷与对照日平均湿度差分别为 6% 和 2%;两观测点间对比显示,阳元山观测点沟谷和对照的日平均湿度均低于阴元石观测点,组间沟谷湿度差为 5%,对照点湿度差为 9% (图 8)。

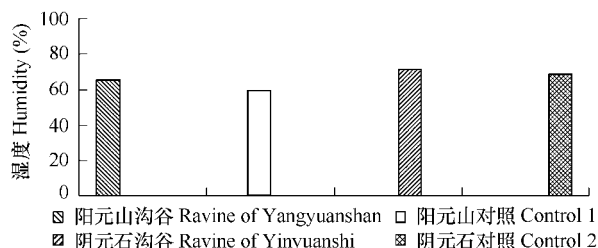


图 8 各样地日平均湿度

Fig. 8 Daily mean relative humidity in each site

2.5 各沟谷湿度日变化对比分析

在观测期内,阳元山沟谷观测点的最低湿度为 27%,出现在 13:00,最高湿度为 93%,出现在 7:00;阳元山对照观测点的最低湿度也为 27%,出现在 15:00,最高湿度为 91%,出现在 6:00 (图 9)。

结合日平均湿度对比图可见,阳元山沟谷内湿度在全天 24h 内几乎均高于对照点湿度,且沟谷夜间湿度升高速率较快,原因可能是沟谷特征的地形在夜间更易于水汽的沉积。

与阳元山观测点相似,阴元石沟谷夜间湿度升高速率相对于对照也较快 (图 10)。阴元石沟谷观测点的最低湿度为 27%,出现在 15:00,最高湿度为 92%,出现在 7:00;对照观测点的最低湿度也为 37%,出现在 14:00,最高湿度为 91%,出现在 7:00,沟谷与对照的最高湿度十分接近,但沟谷观测点的最低湿度更低。在丹霞沟谷地带,林内水分自成小循环,使其与开阔区域的对照相比保持了高湿环境。

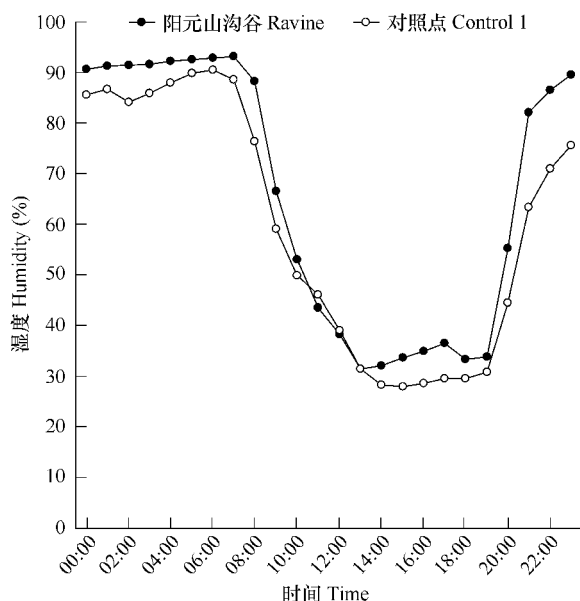


图 9 阳元山沟谷及其对照样地的湿度日变化曲线

Fig. 9 Diurnal humidity variations in the sites of Yangyuanshan

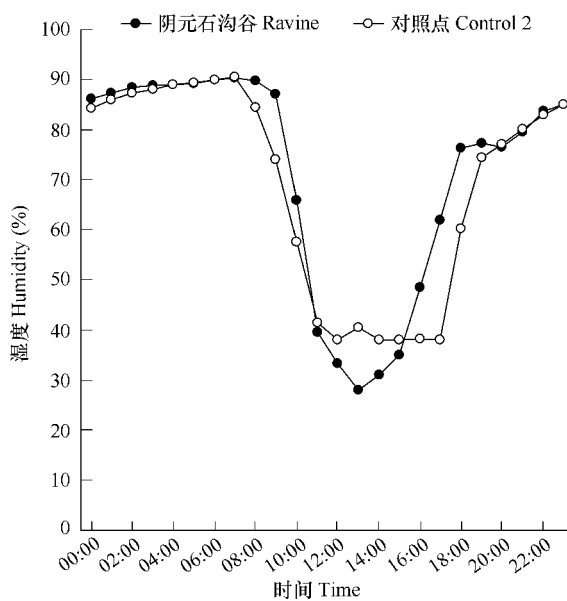


图 10 阴元石沟谷及其对照样地的湿度日变化曲线

Fig. 10 Diurnal humidity variations in the sites of Yinyuanshi

3 讨论

3.1 丹霞地貌沟谷群落具有较多热带成分的形成机制

丹霞地貌演变过程中形成了众多石峰隆起和沟谷凹陷,特殊的地貌环境使得沟谷中的生态因子与其它开阔区域产生差异,小气候相对封闭,水湿条件极好,为喜高温高湿的热带物种提供了较好的生存环境;沟谷所处位置的地理环境,如四周的崖壁的光滑程度和坡度等会影响到太阳光反射到沟谷的光强,这些都会对沟谷中的温湿度产生影响,进而影响到植物的生长^[8,9];生态环境因子的其它方面,如土壤、养分、微生物等也会影响到植物的分布。丹霞地貌的特殊的生态效应,为沟谷地带孕育出一批热带性较强的分类群提供了可能。

从植被调查中发现丹霞地貌的大多数沟谷中热带种分布现象比较明显。沟谷中藤本分布较多,蕨类植物也较丰富,耐水湿的植物区系发育良好。如毛鳞省藤为棕榈科旧世界热带分布,适于生活在水热条件良好的热带雨林^[10],因此在中国主要分布在南方潮湿的季风常绿阔叶林地区,其出现标志着在丹霞景观区域的沟谷中水热充沛。胭脂(*Artocarpus tonkinensis*)、麻楝、橄榄(*Canarium album*)、岭南酸枣等热带种类在丹霞沟谷中也比较多见^[1]。与纬度相近的大东山、八宝山和车八岭相比,丹霞山植被区系的热带性明显更强,其沟谷内有水东哥科(*Saurauaceae*)、牛栓藤科(*Connaraceae*)、山榄科(*Sapotaceae*)、肉实树科(*Sarcospermaceae*)、蛇菰科(*Balanophoraceae*)等热带性较强的科的特有分布^[3]。在丹霞地貌山谷林地中,树生的蔓藤生长十分茂盛,它们悬挂在树干和树枝上,构成了典型的南亚热带常绿林景观。丹霞山植物区系相对于其地理位置来说,热带性成分所占比重明显偏大,热带分布区类型约为 70%,比同纬度区域的多 10% 以上^[3]。上述结果表明,丹霞地貌的特殊的生态效应,是其沟谷群落具有较强热带区系的形成机制。

3.2 丹霞地貌沟谷生态效应的科学意义

丹霞地貌沟谷生态效应体现在以下两个方面:其一是丹霞地貌的特殊性导致了其沟谷的生态因子与非丹霞地貌的相近生境形成差异;其次是生态的差异使其与相近纬度的诸多植被相比,丹霞地貌植物区系热带性明显增强。后者实际上是造成了一些热带性强的物种的分布范围北移,即植物水平分布上的移位,使本应为中亚热带物种分布的地区,却出现了南亚热带甚至热带的植物区系类型。这一现象在丹霞沟谷中表现为形成稳定的沟谷雨林,与“到达稳定阶段的群落和当地气候条件保持协调和平衡形成气候顶级(climatic climax)^[11~15]”相似,在丹霞沟谷地貌中出现的这种由于其特殊的沟谷地貌效应而形成并与其地貌生态条件保持协调和平衡的演替顶级群落类型,可称为地貌顶级群落(geo-climax community)。与其它的顶极类型相比,这是具有特殊地貌意义的顶极群落类型。

丹霞地貌沟谷特殊的生态效应为研究生态环境因子如何影响植物物种的分布范围提供了良好的研究基地。在丹霞地貌沟谷中形成的与沟谷地貌条件保持协调和平衡稳定的地貌顶级群落,为演替顶级学说提供了独特的研究对象,必将丰富群落演替理论。

References:

- [1] He D Q, Ao H X, Wu H M. The vegetation and its conservation in Danxia Mountains. *Tropical Geography*, 1991, 11(3): 261—207.
- [2] Huang J. A basic way of the slope development of Danxia landforms. *Tropical Landform*, 1982, 3(2): 107—134.
- [3] Liu W Q, Li Z H, Liu L F. A preliminary on the flora of the tourist landform of Danxiashan, Guangdong, China. *Guihaia*, 1999, 19(1): 15—21.
- [4] Stewart J R, Lister A M. Cryptic northern refugia and the origins of the modern biota. *Trends in Ecology and Evolution*, 2001, 16: 608—613.
- [5] Ye Y H, Zhou K, Song L Y, *et al.* Dew amounts and its correlations with meteorological factors in urban landscapes of Guangzhou, China. *Atmospheric Research*, 2007, 86: 21—29.
- [6] Yan J H, Zhou G Y. Environment of microclimate of monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2000, 18(5): 397—40.
- [7] Wang B S, Huang Q C. The microclimate of the forest communities in Dinghushan, Guangdong. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1965, 3: 366—380.
- [8] Hennenberg K J, Bruelheide H. Ecological investigations on the northern distribution range of *Hippocrepis comosa* L. in Germany. *Plant Ecology*,

2003, 166: 167—188.

- [9] Bennie J, Huntley B, Wiltshire A, *et al.* Slope, aspect and climate: Spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling* 2008, 216: 47—59.
- [10] Xing Y W, Wang K L, Yang Y M. Floristic Geography of Calamus (Palmae: Calamoideae) in China. *Acta Botanica Yunnanica*, 2006, 28(5): 461—467.
- [11] Clements F E. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, 1936, 24: 252—284.
- [12] Whittaker R H. Climax concepts and recognition. In: R. Knapp ed. *Vegetation dynamics. Handbook of vegetation science* 8. Junk, The Hague, 1974. 110—125.
- [13] Loucks O L. Concepts, theory, and models of forest succession. In: West D C, Shugart H H, Botkin D B, eds. *Springer-Verlag*, New York, U. S. A., 1981. 7—9.
- [14] Peng S L. *Dynamics of forest communities in south subtropics*. Beijing: Science Press, 1996. 8—9.
- [15] Li B, Yang C, Ling P. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 155—156.

参考文献:

- [1] 何道泉, 敖惠修, 伍辉民. 丹霞山植被及其保护. *热带地理*, 1991, 11(3): 261~207.
- [2] 黄进. 丹霞地貌坡面发育的一种基本方式. *热带地理*, 1982, 3(2): 107~134.
- [3] 刘蔚秋, 李植华, 刘兰芳. 丹霞山风景地貌的植物区系研究. *广西植物*, 1999, 19(1): 15~21.
- [6] 闫俊华, 周国逸. 鼎湖山季风常绿阔叶林小气候特征分析. *武汉植物学研究*, 2000, 18(5): 397~40.
- [7] 王伯荪, 黄庆昌. 广东鼎湖山森林群落的小气候. *中山大学学报(自然科学版)*, 1965(3): 366~380.
- [10] 星耀武, 王慷林, 杨宇明. 中国省藤属(棕榈科)区系地理研究. *云南植物研究*, 2006, 28(5): 461~467.
- [14] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学. 北京: 科学出版社, 1996. 8~9.
- [15] 李博, 杨持, 林鹏. *生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2000. 155~156.

resistance plants. Collectively the phenomena that some typical species in south subtropics appeared in mid-subtropics revealed latitudinal shift of plant distribution. This kind of climax communities, which were coordinated and balanceable with their geomorphologic environments due to the special ravine ecological effects in Danxia Landform, could be called geo-climax communities.

Key Words: Danxia Landform; geomorphologic ravine effect; geo-climax; microclimate; tropical species

丹霞山处于中国东南部,属中亚热带季风气候类型,气候温暖湿润,年均温 19.7°C ,最热月(7月份)平均 28.8°C 。最冷月(1月份) 9.2°C ,极端最低气温 -5.4°C ,冬季偶有小雪,年平均降雨量 1640mm ^[1]。季节性和突发性的降雨,不断对红层岩石产生极强的侵蚀和淋蚀,河流的纵向切割和溯源侵蚀,更有利于形成陡峭谷壁和深切沟谷,同时水流的参与又加剧了风化溶蚀和崩塌作用,不断地塑造和改造着业已形成的丹霞地貌^[2]。

由于丹霞地貌的地势陡峭,河谷深切,在其沟谷地带,小气候相对封闭,温湿条件优越,为孕育出一批热带性较强的分类群提供了可能。这种有明显热带物种分布的现象在刘蔚秋等^[3]的调查中有发现。分析这种热分布现象形成的原因,可能是因为由特殊的丹霞地貌引发了森林小气候的改变,进而对植被区系的分布造成了一定影响^[4]。但是,目前缺乏这方面的系统研究,其机理尚未明确,有待深入探讨。

1 研究样地及研究方法

1.1 样地概况

选择广东省丹霞山的两个较为典型的丹霞地貌沟谷,以阳元山下的沟谷植被群落($\text{N}25^{\circ}02'33.6''$, $\text{E}113^{\circ}43'52.5''$,海拔 125m)和阴元石下的沟谷植被群落($\text{N}25^{\circ}02'25.5''$, $\text{E}113^{\circ}44'42.5''$,海拔 125m)作为实验样地;选择与实验样地相近纬度上无山峰四面包围的较为开阔的两个非丹霞地貌植被群落,作为对照样地,两处的对照分别为阳元山附近的一片风水林($\text{N}25^{\circ}02'31.8''$, $\text{E}113^{\circ}44'12.4''$,海拔 126m)和阴元石附近观景台下的一片藜蒴林($\text{N}25^{\circ}01'23.6''$, $\text{E}113^{\circ}44'38.5''$,海拔 123m)。分别对实验样地和对照样地进行群落调查。

1.2 样地小气候观测方法

采用自动记录温湿度计法,在 2008 年 5 月天气连续晴朗期间进行试验,同一天内在实验样地和对照样地(2组对照,共 4 个样地)测量空气温湿度的 24h 逐时变化,设置仪器时将自动记录温湿度仪 ZJ1-2A 放在离地 1.5m 高左右的位置悬空^[5]。每小时观测 1 次,计算日夜平均气温,并每天记录白天、夜间最高气温和最低气温,持续 2~3d。

2 研究结果

2.1 沟谷及其对照的植物群落组成分析

阳元山沟谷是较为典型的丹霞地貌沟谷(图 1),位于两座较高的山峰之间,三面环山,只有东面相对开阔,其中一面山壁较光滑,植被稀疏。沟谷植被群落中热带性或偏热带性物种(如毛鳞省藤 *Calamus thysanolepis*、榕属植物)比较丰富且所占比重较大,层间植物多藤本如菝葜(*Smilax china*)、秤钩风(*Diploclisia affinis*)、瓜馥木(*Fissistigma oldhamii*)、细圆藤(*Pericampylus glaucus*)、白花悬钩子(*Rubus leucanthus*)、藤黄檀(*Dalbergia hancei*)等,群落郁闭度 95% 以上。植物群落结构可分为 3 层,其中乔木层有 1 层,灌木层 1 层和草本层 1 层。植物群落高度一般在 10~15m 之间。其中乔木层主要有鸭脚木(*Schefflera octophylla*)、山杜英(*Elaeocarpus syl-*



图 1 阳元山沟谷植被

Fig. 1 Vegetation of the ravine in Yangyuanshan

vestris)、黄杞(*Engelhardtia roxburghiana*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、枫香(*Liquidambar formosana*)等;与之混交的灌木主要有省藤、粗叶榕(*Ficus hirta*)、三叉苦(*Evodia lepta*)、山黄皮(*Randia cochinchinensis*)、艳山姜(*Alpinia zerumbet*)、紫珠(*Callicarpa bodinieri*)、罗伞树(*Ardisia quinquegona*)、鲫鱼胆(*Maesa perlaris*)、大叶桂樱(*Laurocerasus zippeliana*)、葡蟠(*Broussonetia kaempferi*)、新木姜子(*Neolitsea aurata*)、大叶紫珠(*Callicarpa macrophylla*)等;林下草本植物较丰富,常见的有细辛(*Asarum sieboldii*)、过路黄(*Lysimachia christinae*)、仙茅(*Curculigo orchiodes*)、海芋(*Alocasia macrorrhiza*)、天南星(*Arisaema heterophyllum*)、星蕨(*Microsorium punctatum*)、中华复叶耳蕨(*Arachniodes chinensis*)等。

阳元山沟谷的对照群落位于阳元石景区门口村边,是保护良好的风水林(图2)。该次生林植被保护得较好,未遭破坏。主要有荷木(*Schima superba*)等亚热带成分,林下蕨类(主要是铁芒萁 *Dicranopteris linearis*)较多,郁闭度不到80%。坡向朝东,坡度10°。植物群落结构亦可分为3层,群落高度为8~12m,优势种为荷木和马尾松(*Pinus massoniana*)。林下灌木层为山黄皮、秀丽锥(*Castanopsis jucunda*)、山龙眼(*Helicia formosana*)、山乌柏(*Sapium discolor*)、三叉苦、皱叶烟斗柯(*Lithocarpus corneus* var. *rhytidophyllus*)、鸭脚木、漆树、毛冬青(*Ilex pubescens*)、省藤等。草本层以铁芒萁为优势,另有斑叶朱砂根(*Ardisia punctata*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、黑莎草(*Gahnia tristis*)等。群落中有少量藤本,偶有菝葜、千金藤(*Stephania japonica*)等分布于林间。与阳元山沟谷相比,本群落中热带成分较少,省藤以及层间藤本植物比较少见。



图2 阳元山对照群落

Fig. 2 The control site of the ravine in Yangyuanshan

阴元石下的沟谷也是较为典型的丹霞地貌沟谷(图3),三面环山,其中一面山坡植物较少,为半光滑石壁,另两面临植被较密。该沟谷中植物群落结构与组成比较复杂,热带性成分所占比例明显偏大,郁闭度为95%以上。乔木物种丰富且生长较紧密,树冠互相重叠而比较连续,主要有山杜英、黄杞、荷木、枫香、岭南酸枣(*Spondias lakonensis*)、白花龙(*Styrax faberi*)、鸭脚木、欆木(*Loropetalum chinense*)等。林下灌木以省藤和一些榕属植物(如变叶榕 *F. variolosa*、粗叶榕、对叶榕 *F. hispida*、柳叶榕 *F. irregularis*)等为主,另有黄毛五月茶(*Antidesma fordii*)、艳山姜、麻楝(*Chukrasia tabularis*)、凤凰润楠(*Machilus phoenicis*)、天料木(*Homalium cochinchinense*)、鸭公树(*Neolitsea chuii*)等,草本植物蕨类植物较丰富,主要有中华复叶耳蕨、半边旗(*Pteris semipinnata*)、星蕨等;另常见有海芋、山菅兰(*Dianella ensifolia*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、三叉苦、见血青(*Liparis nervosa*)、北江十大功劳(*Mahonia fordii*)、鲫鱼胆、黑莎草等。另外,林间密布藤本,其中以龙须藤(*Bauhinia championii*)、小叶海金沙(*Lygodium scandens*)分布较多,另有少量千金藤、藤黄檀、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、菝葜、细圆藤等。



图3 阴元石沟谷植被群落

Fig. 3 Vegetation in the ravine of Yinyuanshi

其对照点位于阴元石观景台下,四周山峰距离较远,为比较开阔的区域(图4)。该区域植物种类较少,结构简单,郁闭度为90%,植物群落高度为10~14m之间。乔木层的优势植物主要为单一的藜蒭(*Castanopsis fissa*),另外有少量的鸭脚木、银合欢(*Leucaena*

leucocephala)、异叶花椒 (*Zanthoxylum ovalifolium*) 等。林下植物中藜蒴小苗较丰富, 偶有省藤和少量藤本 (如菝葜、小叶海金沙、龙须藤等) 分布其间。与阴元石沟谷相比, 其热带性较强的分类群分布不明显, 物种也比较单一。

2.2 各沟谷观测期内日平均温度比较

整理各样地日平均温度数据, 分析结果如图 5 所示。

对阳元山和阴元石两组对照进行连续观测后发现, 阳元山观测点沟谷和对照点的日平均温度分别为 19.8℃ 和 21.1℃, 阴元石观测点为 18.1℃ 和 18.6℃; 观测期内沟谷的日平均温度均低于对照点的日平均温度, 两组观测点的沟谷与对照日平均温度差分别为 1.4℃ 和 0.5℃。

2.3 各沟谷温度日变化对比分析

仪器记录各样地温度 24h 的日变化, 结果用折线图表示, 见图 6 及图 7。

从图中可见, 在观测期内, 阳元山沟谷观测点白天最高温度达 28℃, 出现在 13:00, 相比之下, 对照点白天最高温度达 29℃, 出现在 14:00。沟谷夜间最低温度为 14℃, 出现在 6:00, 而对照点夜间最低温也同样为 14℃, 出现在 5:00 至 6:00。



图 4 阴元石沟谷对照

Fig. 4 The control site of the ravine in Yinyuanshi

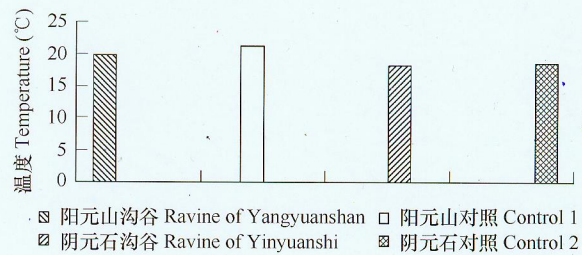


图 5 各样地日平均温度

Fig. 5 Daily mean temperature in each site

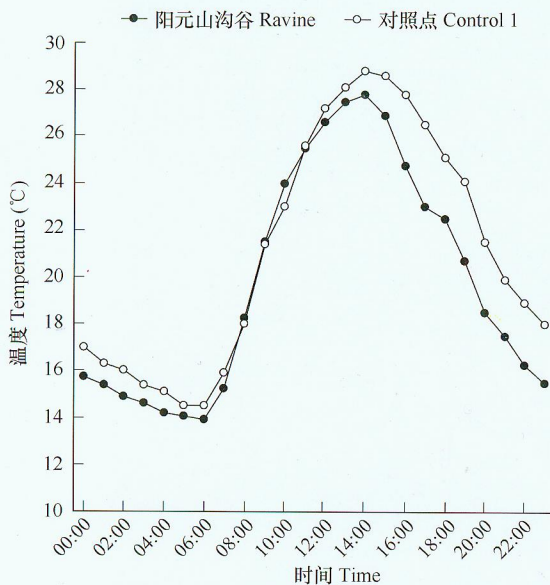


图 6 阳元山沟谷及其对照样地的温度日变化曲线

Fig. 6 Diurnal temperature variations in the sites of Yangyuanshan

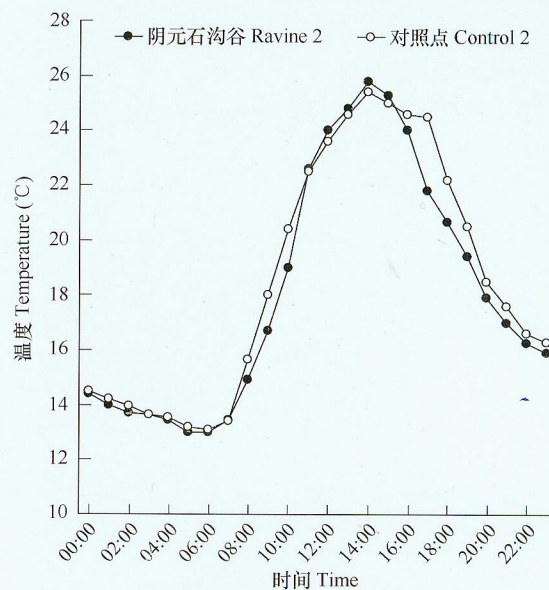


图 7 阴元石沟谷及其对照样地温度日变化曲线

Fig. 7 Diurnal temperature variations in the sites of Yinyuanshan

从上图中可见, 在观测期内, 阴元石沟谷白天最高温度为 26℃, 出现在 14:00 至 15:00, 对照点白天最高温也为 26℃, 且同样出现在 14:00 至 15:00。沟谷夜间最低温度为 11℃, 出现在 5:00 至 6:00, 对照点夜间最低温度为 11℃, 出现在 6:00。