

汪珍川,卢硕闻,黄日铭,等.木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系特征[J].江西师范大学学报(自然科学版),2023,47(6):626-636.

WANG Zhenchuan, LU Shuowen, HUANG Riming, et al. The flora characteristics of evergreen and deciduous broad-leaved mixed karst forest in Mulun [J]. Journal of Jiangxi Normal University (Natural Science), 2023, 47(6): 626-636.

文章编号:1000-5862(2023)06-0626-11

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系特征

汪珍川^{1,2}, 卢硕闻^{1,2}, 黄日铭^{1,2}, 孙 君³, 黄庆青⁴, 王家妍⁴,
莫雅芳⁴, 李永聪⁴, 潘尚慧⁴

(1. 南宁师范大学地理与海洋研究院/北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西 南宁 530004;

2. 广西地表过程与智能模拟重点实验室, 广西 南宁 530004; 3. 广西木论国家级自然保护区管理中心,

广西 环江 547100; 4. 广西国有高峰林场, 广西 南宁 530001)

摘要:该文选取广西木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林为研究对象,分析区系植物组成特征及科、属地理成分,计算科、属区系热带与温带成分的比值(R/T),并与纬度值临近地区比较.研究表明:1)木论喀斯特植物区系被子植物 53 科 93 属 108 种,蕨类植物 7 科 7 属 7 种,研究区暂未发现裸子植物.2)在科的分布区类型中,热带成分 29 科,温带成分 10 科.3)在属的分布区类型中,热带成分 62 属,温带成分 24 属,中国特有属 4 属.4)热带与温带成分的被子植物物种丰富度较小,受岩溶区环境影响较大,同时区系植物岩溶性明显,体现喀斯特植物区系特征.5)植物区系科、属 R/T 值分别为 2.90 和 2.58,呈现温带向热带性质过渡的特点,这与该区海拔变化及复杂的地貌类型有关.6)区系起源古老,地理成分复杂.

关键词:常绿落叶阔叶混交林;植物区系;地理成分; R/T 值;喀斯特

中图分类号:Q 948.5 **文献标志码:**A **DOI:**10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2023.06.10

0 引言

喀斯特(即岩溶)是水对可溶性岩石的地质作用,主要通过化学溶解,辅以水蚀、浅蚀和崩塌等机械作用,以及这些作用产生的现象的总称^[1].世界喀斯特石山面积约占陆地总面积的 12%,中国是世界上喀斯特分布最广的国家,裸露的喀斯特分布面积为 120 万 km^2 ,中国西南喀斯特地区面积约 50 万 km^2 ,属于亚热带季风性湿润气候,大部分地区温度随季节变化差异较大,年降水丰富但时间分布不均,地带性植被为季节性雨林和常绿阔叶林^[2].西南喀斯特山地具有土层浅、土覆不连续、岩石裸露率高等特点,岩石多为碳酸盐岩,土壤富含钙且偏碱性,是土壤石漠化的高发地区^[3-4].这些特点导

致喀斯特植物对小空间、干旱、高钙等的生境适应性增强,形成西南喀斯特植物水平、垂直空间分布异质性格局.西南喀斯特地区的植物组成、多样性、生境适应机理及分布规律等研究对喀斯特生态系统恢复与重建、喀斯特生态治理与生产措施的制定都有着重要意义.

植物区系指某一地区、某一时期、某一分类群、某类植被等所有植物种类的总称^[5].植物区系的研究在揭示某地区植物的组成、发生和发展规律的同时,还能为当地植物资源利用、保护、生态恢复、农林业生态等方面提供科学依据.有关植物区系的研究主要集中于湿地、岛屿、山区、林场、自然保护区等地区.谭凯文等^[6]调查了广西马山县野生种子植物的物种组成,发现该区系种子植物种类丰富,包含 1 504 种,隶属于 170 科 740 属.黄玉林等^[7]发现

收稿日期:2023-05-18

基金项目:国家自然科学基金(42007086),广西自然科学基金(2021GXNSFBA075058),广西科技基地与人才专项课题(桂科 AD20297037)和南宁师范大学大学生创新创业训练计划(202210603063)资助项目.

作者简介:汪珍川(1990—),女,青海西宁人,助理研究员,博士,主要从事植物分类与区系地理研究.E-mail:zhenchuan_wang@126.com

在广东龙眼洞林场植物的区系中属的分布区类型以泛热带分布最多,种的区系成分比属的更为复杂,以亚热带与热带成分为主.徐国良等^[8]研究了九连山保护区苔藓植物区系,通过对比地理分布特征,发现其区系成分表现为由南亚热带向中亚热带的过渡类型.目前关于喀斯特地区植物的研究主要集中于植物多样性调查及养分循环利用方面^[9-13],缺乏对喀斯特植物区系的研究,有关西南喀斯特地区植物区系的研究更少,导致人们关于不同喀斯特植物对养分利用及其物质循环贡献的差异认识不足.为了研究喀斯特地区植物区系的特点及与其他非喀斯特地区植物区系的差异,本文调查统计了在广西木论国家级自然保护区内植物多样性和组成成分,分析木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系特征,并与 12 个纬度值临近地区进行 R/T 值比较,以期为喀斯特植物生态系统和喀斯特生态治理研究提供科学依据.

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

木论国家级自然保护区处于广西壮族自治区河池市环江毛南族自治县西北部(25°06′09″~25°12′25″N,107°53′29″~108°05′45″E),位于回归线以北,属于森林生态系统类型自然保护区,总面积为 10 829.7 hm²,海拔 400~1 000 m,该地为典型的中亚热带湿性季风区,平均温度为 15.0~18.7 ℃.最寒冷月份(1 月)平均气温为 3.4~8.7 ℃;最热月份(7 月)的平均温度为 23.0~26.7 ℃;≥10.0 ℃的年积温为 4 700~6 300 ℃,年降水量为 1 530~1 820 mm,且多集中于 4—8 月,全年的空气相对湿度约为 80%~90%,年平均无霜期为 235~290 d,气候温暖,降水充沛,土壤以石灰土为主,并含有少量

的硅质土^[14].该区的顶极植被属于中亚热带石灰岩常绿落叶阔叶混交林,同时森林生态系统具有全球代表性和典型性,属于隐域性喀斯特森林植被顶级群落类型,从山顶到谷地甚至在洼池中均有分布,在山脊或 800 m 以上的山顶分布有含针叶树成分的常绿落叶阔叶混交林^[15].该区森林植被具有显著的分层特征,完整包含了草本、灌木和乔木 3 个层次,其中乔木又可划分为 3 个亚层^[16],其中第 1 亚层一般高为 16~20 m 左右,胸径 20~60 cm,总盖度为 70%~90%,林冠多为连续,樟科(Lauraceae)在第 1 亚层占据主导地位;乔木在第 2 亚层中,树冠多不连续,以樟科所占比例较大,少数为木兰科(Magnoliaceae)以及壳斗科(Fagaceae)等;第 3 亚层在一些情况下倾向于和较高的灌木层相互交叉.该区森林植被有良好的连续性,保存较完整,具有明显的原始特征,森林覆盖率高达 93.4%.由于受地球内部动力、地质作用、气候高温多雨且分布差异大等因素综合影响,再加上该保护区位于中国植物区系的交错区和交接过渡的中心地带,形成了高度异质性的植被和生境,因此该地区是中亚热带最具代表性的喀斯特森林生态系统^[4].

1.2 研究方法

1.2.1 群落调查 在广西木论自然保护区中选取具有代表性的 3 个区域作为研究区(见表 1).每个区域采用样方法分别设置 17 个 10 m×10 m 的标准样方,样方间隔 10 m 以上,共 51 个样方,并对在样方内的植被进行调查,记录种名、株数、冠幅等.参照宋同清^[4]的方法,记录 10 m×10 m 标准样方内胸径≥1.0 cm 且高≥1.3 m 的所有乔木植物,记录 10 m×10 m 标准样方内胸径<1.0 cm 且高<1.3 m 的所有灌木植物,草本植物则在 10 m×10 m 的标准样方内按“五点取样法”设置 5 个 1 m×1 m 的小样方,分别记录在样方内所有草本植物.

表 1 3 个研究区基本信息

研究区编号	经度	纬度	海拔/m	坡度/(°)	植物群落名称
1	108°00′34″	25°07′59″	439	16	长序厚壳桂(<i>Cryptocarya metcalfiana</i>)
2	108°00′16″	25°08′05″	481	25	剑叶木姜子(<i>Litsea lancifolia</i>)
3	107°59′58″	25°08′11″	542	38	香港大沙叶(<i>Pavetta hongkongensis</i>)

1.2.2 区系划分 科的区系地理成分分析参照吴征镒等^[17]的植物区系划分方法.属的区系地理成分根据文献^[18]来划分,将植物进行统计种名,查找有关资料记录植物的科、属名,再根据该文献对应的科、属,进行植物区系划分归类.

1.2.3 R/T 值分析 R/T 值为热带成分(R)与温带成分(T)的科或属数目的比值. R/T 值能在大体上反映植物区系的性质, R/T 值大于 1 说明该植物区系以热带成分分布为主, R/T 值小于 1 说明该植物区系以温带分布为主. R/T 值越大热带性质越强,反

之亦然.

1.2.4 物种重要值计算 在复杂的群落中,以重要值来衡量各个物种的生长优势情况更为准确^[19-20].重要值的计算公式为

乔木层物种重要值=(相对显著度+相对频度+相对密度)/3,

灌木、草本层物种重要值=(相对盖度+相对频度+相对密度)/3.

1.2.5 数据处理与分析 利用 SPSS 19.0 软件分析研究区植物科、属和种的组成成分以及科属的区系地理成分;通过统计植物科、属、种的数目分析研究区的优势科、优势属;计算植物区系属的热带与温带成分比值(R/T 值),分析木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林的植物区系成分,并根据公开发表的文献,与乐业、南宁、武鸣、珠海、宁德、崑山、贵阳、荔波、黔桂边境六县、台湾省、西双版纳、喜马拉雅东

部雅鲁藏布江大峡弯河地区共 12 个纬度值临近的地区进行比较.

2 结果与分析

2.1 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物种类组成

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物共 115 种,隶属于 60 科 100 属(见图 1).其中,被子植物(含双子叶植物和单子叶植物)53 科 93 属 108 种,科、属和种分别占全部植物组成的 88.33%、93.00%和 93.91%;蕨类植物 7 科 7 属 7 种,科、属、种分别占全部植物组成的 11.67%、7.00%和 6.09%;在研究区内未发现有裸子植物.由此可见,木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林以被子植物为主,且双子叶植物占优势,蕨类植物较贫乏且均为单科单属单种.

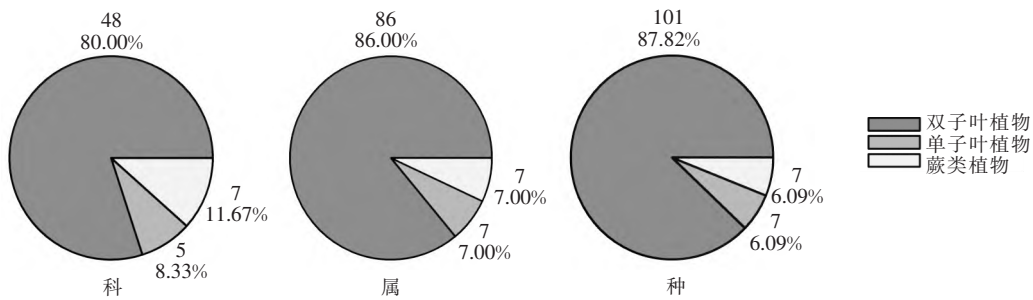


图 1 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物的科属种组成

2.2 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物科属种组成分析

2.2.1 科的组成特征 按科所含种数,将木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物所属的科分别划分为 4 个不同的等级,即大科(6~12 种)、中等科(4~6 种)、寡种科(2~3 种)和单种科(含 1 种)(见表 2).在本研究区被子植物中单种科有 38 科,在 4 个植物科级别中占比最高(71.70%),这表明本研究区系自然演化趋势以科内植物为主.大科和中等科共有 52 种,占全科的 48.14%,寡种科、单种科共有 56 种,占全科的 51.86%,这说明研究区科内植物分化程度较高.

表 2 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物科级统计

科内含种数	科		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%
大于 6 种(大科)	2	3.77	19	17.58
4~6 种(中等科)	7	13.21	33	30.56
2~3 种(寡种科)	6	11.32	18	16.67
1 种(单种科)	38	71.70	38	35.19
合计	53	100.00	108	100.00

优势科包含的属、种总数占区系 50% 以上的科,一般构成相应植物区系种类组成的部分主体^[21].在本研究区内植物有 15 个优势科,共 55 属 70 种,分别占总属数和总种数的 59.16%和 64.82%(见表 3).在 15 个优势科中,大戟科(Euphorbiaceae,8 属 12 种)物种数最多,分别占总属数的 8.60%和总种数的 11.11%,其次是樟科(5 属 7 种),分别占总属数的 5.38%和总种数的 6.48%.在研究区内 15 个优势科中,除了茜草科(Rubiaceae)、报春花科(Primulaceae)、无患子科(Sapindaceae)、豆科(Fabaceae)、梧桐科(Sterculiaceae)和马兜铃科(Aristolochiaceae)6 科外,其余均为广西种子植物区系的优势科.

2.2.2 属的组成分析 依据属内含有的植物种数,将木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物属划分为 2 个级别,即寡种属(2~3 种)和单种属(含 1 种)(见图 2).进一步地,选取了属内种数最多的 12 个属,发现属内种数最多为 3 种(见表 4),这表明木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林属内植物分化程度不高.在选取的属内种数最多的 12 个属中,在

寡种属中属内种数为 3 种的有紫金牛属(*Ardisia*)、土蜜树属(*Bridelia*)和榕属(*Ficus*);属内种数为 2 种的有厚壳桂属(*Cryptocarya*)、楼梯草属(*Elatostema*)、苹婆属(*Sterculia*)、守宫木属(*Sauropus*)、铁仔属(*Myrsine*)、细辛属(*Asarum*)、羊蹄甲属(*Bauhinia*)、野桐属(*Mallotus*)和樟属(*Cinnamomum*)。单种属数量有 81 属,在研究区所有植物属中占比最高(87.10%),占主导地位,如紫珠属(*Callicarpa*)、子楝树属(*Decaspermum*)、长喙木兰属(*Liriodendron*)、鱼骨木属(*Psidium*)、野独活属(*Millettia*)、山香圆属(*Turpinia*)等均为单种属,这表明木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物的优势属组成不明显,且研究区被子植物依托其独特的自然条件已经进行一定程度的分化,但分化潜力仍较大。

表 3 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物优势科的属种组成

科	属		种	
	数量	比例/%	数量	比例/%
大戟科 Euphorbiaceae	8	8.60	12	11.11
樟科 Lauraceae	5	5.38	7	6.48
茜草科 Rubiaceae	6	6.45	6	5.56
报春花科 Primulaceae	3	3.23	6	5.56
蔷薇科 Rosaceae	5	5.38	5	4.63
无患子科 Sapindaceae	4	4.30	4	3.70
楝科 Meliaceae	4	4.30	4	3.70
豆科 Fabaceae	3	3.23	4	3.70
桑科 Moraceae	2	2.15	4	3.70
鼠李科 Rhamnaceae	3	3.23	3	2.78
天南星科 Araceae	3	3.23	3	2.78
芸香科 Rutaceae	3	3.23	3	2.78
梧桐科 Sterculiaceae	2	2.15	3	2.78
马兜铃科 Aristolochiaceae	2	2.15	3	2.78
荨麻科 Urticaceae	2	2.15	3	2.78
合计	55	59.16	70	64.82

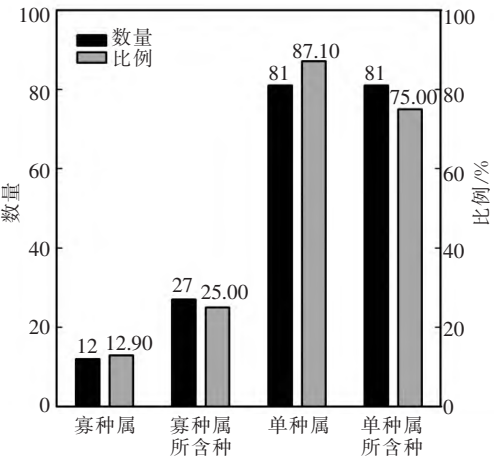


图 2 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物属级统计

2.2.3 种的组成分析 本研究统计了在木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林 51 个 10 m × 10 m 样方(共 5 100 m²)中乔木层、灌木层和草本层的重要值,排名前 15 的植物如表 5 所示.其中长序厚壳桂(*Cryptocarya metcalfeana*)在乔木层与灌木层中的重要值

表 4 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物优势属组成

属	种	
	数量	比例/%
紫金牛属 <i>Ardisia</i>	3	2.78
土蜜树属 <i>Bridelia</i>	3	2.78
榕属 <i>Ficus</i>	3	2.78
厚壳桂属 <i>Cryptocarya</i>	2	1.85
楼梯草属 <i>Elatostema</i>	2	1.85
苹婆属 <i>Sterculia</i>	2	1.85
守宫木属 <i>Sauropus</i>	2	1.85
铁仔属 <i>Myrsine</i>	2	1.85
细辛属 <i>Asarum</i>	2	1.85
羊蹄甲属 <i>Bauhinia</i>	2	1.85
野桐属 <i>Mallotus</i>	2	1.85
樟属 <i>Cinnamomum</i>	2	1.85
合计	27	24.99

高于其他物种在乔木层和灌木层中的重要值,分别为 0.236 和 0.524,其生境趋荫趋湿,所需光照时间短,是喀斯特峰洼池及其边缘地区优势种的体现^[22].草本植物的翠云草(*Selaginella uncinata*)是生长在研究区主要的蕨类植物,其重要值高于冷水花(*Pilea notata*)的重要值,翠云草较强的耐阴、耐寒性等特点,使其在岩溶环境中更具有优势.

2.3 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物科属的区系地理成分分析

2.3.1 科的区系地理成分分析 本研究区被子植物科分属于 7 个分布区类型和 2 个亚型,分别为世界广布、泛热带分布、东亚(热带、亚热带)及热带南

美间断分布、旧世界热带分布、热带亚洲至热带大洋洲分布、北温带分布和东亚及北美间断分布区类型,亚型分别为全分布区东达新几内亚分布(7d)和北温带和南温带间断分布(8-4 型)区类型(见表 6),其中世界广布型中有 14 科,占总类型科数的 26.42%.在前 15 的优势科中有 6 种属于世界广布类型.按科内种数从高到低排序分别为茜草科、报春花、蔷薇科(*Rosaceae*)、桑科(*Moraceae*)、鼠李科(*Rhamnaceae*)、天南星科(*Araceae*).由于这些世界分布类型的科分布极广,在研究和确定植物区系性质方面的意义不大,因此本文不作过多分析.

表 5 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林乔木层、灌木层和草本层重要值排序

乔木层		灌木层		草本层	
植物名称	重要值	植物名称	重要值	植物名称	重要值
长序厚壳桂 <i>Cryptocarya metcal-fiana</i>	0.236	长序厚壳桂 <i>Cryptocarya metcal-fiana</i>	0.524	翠云草 <i>Selaginella uncinata</i>	0.224
剑叶木姜子 <i>Litsea lancifolia</i>	0.065	罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	0.087	冷水花 <i>Pilea notata</i>	0.171
梾子皮 <i>Itoa orientalis</i>	0.063	野独活 <i>Miliusa balansae</i>	0.079	菰蓝 <i>Isatis tinctoria</i>	0.102
香港大沙叶 <i>Pavetta hongkon-gensis</i>	0.060	广西海桐 <i>Pittosporum kwang-siense</i>	0.073	细辛 <i>Asarum heterotropoides</i>	0.087
罗伞 <i>Brassaiopsis glomerulata</i>	0.044	剑叶木姜子 <i>Litsea lancifolia</i>	0.055	楼梯草 <i>Elatostema involucratum</i>	0.063
伞花木 <i>Eurycorymbus cavaleriei</i>	0.037	杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	0.032	肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i>	0.063
土蜜树 <i>Bridelia tomentosa</i>	0.037	广西密花树 <i>Myrsine kwangsiensis</i>	0.031	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	0.042
香叶树 <i>Lindera communis</i>	0.034	九里香 <i>Murraya exotica</i>	0.016	巢蕨 <i>Asplenium nidus</i>	0.030
五角槭 <i>Acer pictum</i>	0.031	厚壳桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	0.015	凤尾蕨 <i>Pteris cretica</i>	0.028
菜豆树 <i>Radermachera sinica</i>	0.029	南方紫金牛 <i>Ardisia thyrsoiflora</i>	0.015	小叶楼梯草 <i>Elatostema parvum</i>	0.025
杜茎山 <i>Maesa japonica</i>	0.026	小叶栲树 <i>Boniodendron minus</i>	0.015	石柑子 <i>Pothos chinensis</i>	0.025
野独活 <i>Miliusa balansae</i>	0.027	润楠 <i>Machilus nanmu</i>	0.015	麒麟叶 <i>Epipremnum pinnatum</i>	0.022
羊蹄甲 <i>Bauhinia purpurea</i>	0.023	子楝树 <i>Decaspermum gracilentum</i>	0.015	接骨木 <i>Sambucus williamsii</i>	0.020
粗糠柴 <i>Mallotus philippensis</i>	0.018	鱼骨木 <i>Psyrdrax dicocca</i>	0.014	印度野牡丹 <i>Melastoma mala-bathricum</i>	0.015
白毛长叶紫珠 <i>Callicarpa longifolia</i>	0.016	紫金牛 <i>Ardisia japonica</i>	0.013	落葵薯 <i>Anredera cordifolia</i>	0.015

热带性分布区类型(2-7 型)共 29 科,在本区系内总科数占比最高(54.71%),这符合广西植物区系的特点^[23].其中占比最高的为泛热带分布型,为 22 科,有 9 科属于排名前 15 的优势科,按优势科排名从高到低分别为大戟科、樟科、无患子科、楝科(*Meliaceae*)、豆科、芸香科(*Rutaceae*)、梧桐科、马兜铃科、荨麻科(*Urticaceae*).东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布 3 科,它们分别为五加科

(*Araliaceae*)、省沽油科(*Staphyleaceae*)和马鞭草科(*Verbenaceae*).旧世界热带分布 2 科,它们为海桐科(*Pittosporaceae*)和八角枫科(*Alangiaceae*).热带亚洲至热带大洋洲分布和全分布区东达新几内亚分布都只有 1 科,它们分别为姜科(*Zingiberaceae*)、龙脑香科(*Dipterocarpaceae*).

温带性分布区类型(8-9 型)有 10 科,占本区系总分布区类型科的 18.87%.其中北温带分布及其变

型最为丰富(9 科),是仅次于热带分布类型与世界广布类型的第 3 大分布型,北温带分布有 3 科,它们分别为百合科(Liliaceae)、五福花科(Adoxaceae)、大麻科(Cannabaceae)。其亚型北温带和南温带间断分布有 6 科,它们分别为胡桃科(Juglandaceae)、杨柳科(Salicaceae)、亚麻科(Linaceae)、槭树科(Aceraceae)、壳斗科、山茱萸科(Cornaceae)。东亚及北美间断分布只有木兰科。在温带性分布区类型中没有排名前 15 的优势科且全为单种科,这原因可能与本研究区地处北回归线附近且生境更适于热带和亚热带的植物科有关。

表 6 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物科的分布区类型

序号	分布区类型	科数	百分比/%
1	世界广布	14	26.42
2	泛热带分布	22	41.50
3	东亚(热带、亚热带)及热带南美间断分布	3	5.66
4	旧世界热带分布	2	3.77
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	1	1.89
7d	全分布区东达新几内亚分布	1	1.89
8	北温带分布	3	5.66
8-4	北温带和南温带间断分布	6	11.32
9	东亚及北美间断分布	1	1.89
合计		53	100.00

2.3.2 属的区系地理成分分析 本研究区被子植物的 93 属可划分为 13 个分布区类型和 4 个亚型(见表 7),它们分别为世界分布型、热带性分布区型(2-7 型)和温带性分布区类型(8-9 型),亚型分别为越南(或中南半岛)至华南或西南分布区类型(7-4型)、北温带和南温带间断分布区类型(8-4 型)、地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布区类型(10-1 型)和中国-日本分布区类型(14SJ 型)。此外,在研究区中还发现了中国特有属(15 型)。其中世界分布属类型生态幅大、适应性强的有 3 属,占比 3.23%,它们分别是秋枫属(*Bischofia*)、鼠李属(*Rhamnus*)、越南茜属(*Rubrovietnamia*)。

热带性分布区类型(2-7 型)62 属,占总分布区类型的 66.67%。其中泛热带分布最丰富,共 19 属,占总分布区类型的 20.43%,在该区域植物群落中的乔木层优势属厚壳桂属属于此类型;热带亚洲(印度-马来西亚)分布丰富度仅次于泛热带分布丰富

度,共 15 属,占总分布区类型的 16.13%;旧世界热带分布属数为 12 属,占总分布区类型的 12.90%。在泛热带分布型中寡种属的数量相比于其他分布区类型最多,有 5 属,属内种数为 3 种的有紫金牛属、榕属 2 属,其中榕属不仅是广西植物区系的优势属,还是热带亚热带的典型属;属内种数为 2 的有羊蹄甲属、厚壳桂属和苹婆属 3 个属;属内种数为 1 的有马兜铃属(*Aristolochia*)、紫珠属、朴属(*Celtis*)、木防己属(*Cocculus*)、巴豆属(*Croton*)、柿属(*Diospyros*)、算盘子属(*Glochidion*)等 14 个属。此外,剩下的均为单种属,如热带亚洲和热带美洲间断分布在广西石灰岩山地中占优势的山香圆属、苦木属(*Picrasma*),以及广西亚热带森林植被主要建群种木姜子属(*Litsea*)、单种属落葵薯属(*Anredera*);旧世界热带分布有八角枫属(*Alangium*)、合欢属(*Albizia*)、毛茛属(*Antirhea*)、鱼骨木属(*Canthium*)等;热带亚洲至热带大洋洲分布有樟属、野牡丹属(*Melastoma*)、小芸木属(*Micromelum*)等;热带亚洲至热带非洲分布有土蜜树属和在广西森林中较为常见的浆果楝属(*Cipadessa*)、铁仔属;还有热带亚洲(印度-马来西亚)分布的海芋属(*Alocasia*)、罗伞属(*Brassaiopsis*)、麻楝属(*Chukrasia*)、子楝树属等;以及热带亚洲(印度-马来西亚)的变型越南(或中南半岛)至华南或西南分布的黄梨木属(*Boniiodendron*)、梔子皮属(*Itoa*)和在石灰岩植被中较常见的青篱柴属(*Tirpitzia*)。

温带性分布区类型(8-9 型)共 24 属,占总分布区类型的 25.80%。其中北温带分布区及其变型北温带和南温带间断分布区与东亚和北美间断分布区在温带性分布中最多,共 7 属。温带性分布区类型属数占比小,为 7.52%,且属内种数皆为 1 种,植物生长发育在本区域中不占优势。其中细辛属、黄连属(*Coptis*)、山茱萸属(*Cornus*)、李属(*Prunus*)、榆属(*Ulmus*)和广西植物区系表征属槭属(*Acer*)都属于北温带分布,共 6 属,其变型北温带和南温带间断分布只有 1 属,为接骨木属(*Sambucus*);属于东亚和北美间断分布的有水甘草属(*Amsonia*)、皂荚属(*Gleditsia*)、柯属(*Lithocarpus*)等。其他分布区类型属数较少,如旧世界温带分布只有菰蓝属(*Isatis*)1 属,其变型地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布有女贞属(*Ligustrum*)与火棘属(*Pyracantha*);温带亚洲分布只有马兰属(*Kalimeris*)1 属;东亚分布有枇杷属(*Eriobotrya*)、栲属(*Koelreuteria*)和石斑木属(*Rhaphiolepis*),其变型有枳椇属(*Hovenia*)、化香树属(*Platycarya*)和香花木属(*Spermadictyon*)。

表 7 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物属的分布区类型

序号	分布区类型	属数	百分比/%
1	世界分布	3	3.23
2	泛热带分布	19	20.43
3	热带亚洲和热带美洲间断分布	4	4.30
4	旧世界热带分布	12	12.90
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	6	6.45
6	热带亚洲至热带非洲分布	3	3.23
7	热带亚洲(印度-马来西亚)分布	15	16.13
7-4	越南(或中南半岛)至华南或西南分布	3	3.23
8	北温带分布	6	6.45
8-4	北温带和南温带间断分布	1	1.08
9	东亚和北美间断分布	7	7.52
10	旧世界温带分布	1	1.07
10-1	地中海区、西亚(或中亚)和东亚间断分布	2	2.15
11	温带亚洲分布	1	1.07
14	东亚分布	3	3.23
14-2	中国-日本	3	3.23
15	中国特有分布	4	4.30
合计		93	100.00

此外,在本研究区内发现中国特有属 4 属,它们分别为悬竹属(*Ampelocalamus*)、伞花木属(*Eurycorymbus*)、平舟木属(*Handeliodendron*)和鸡仔木属(*Sinoadina*),这说明木论自然保护区植被具有一定的区域特有性.

2.4 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系的分析

2.4.1 科、属的 R/T 值分析 R/T 值能在一定程度上反映植物区系的地带性格局,本研究区被子植物的科与属的 R/T 值均显示出热带亚热带性质,其 R/T 值分别为 2.90 和 2.58(见图 3).该区系以热带成分为主,又伴有部分温带成分,呈现温带性质向热带性质过渡的特点,且在热带亚热带性质中科的分布比属更明显.研究区位于北回归线北侧,但该区又显示出明显的热带亚热带性质,这可能与喀斯特地形地貌及所处的海拔高度和热量分布有关,这对于理解植物区系起源、迁移以及分布等方面具有重要意义^[24].

2.4.2 不同区系间的比较 R/T 值是植物区系热带成分与温带成分的比值,数值越高代表热带性质越强.为探究研究区喀斯特常绿落叶阔叶混交林与

其他类型植物区系之间的关系,将木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林与乐业^[25]、南宁^[26]、武鸣^[27]、珠海^[28]、宁德^[29]、崑山^[30]、贵阳^[31]、荔波^[32]、黔桂边境六县^[33]、台湾省^[34]、西双版纳^[35]、喜马拉雅东部雅鲁藏布江大峡弯河地区^[36] 12 个纬度值临近地区进行了植物区系科、属 R/T 值的比较(见表 8).其中获得 8 个地区科的 R/T 值的大小顺序依次为珠海(4.32)>木论(2.90)>武鸣(2.77)>黔桂边境六县(2.69)>宁德(2.66)>乐业(2.03)>喜马拉雅东部雅鲁藏布江大峡弯河地区(1.67)>贵阳(1.51).

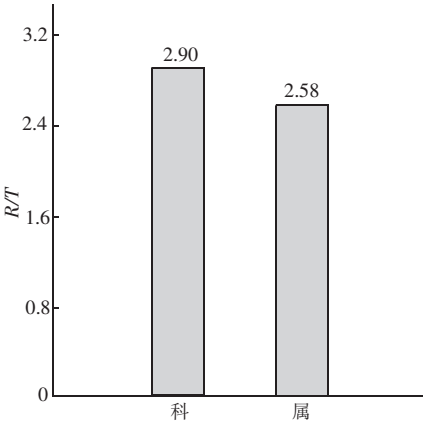


图 3 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物科、属 R/T 值

12 个地区属的 R/T 值大小顺序依次为西双版纳(7.91)>珠海(5.18)>武鸣(3.17)>南宁(3.08)>木论(2.58)>黔桂边境六县(2.45)>台湾省(2.14)>荔波(1.69)>乐业(1.51)>喜马拉雅东部雅鲁藏布江大峡弯河地区(1.49)>宁德(1.42)>崑山(1.00)>贵阳(0.98).除南宁外,木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物科的热带亚热带性质比其余 7 个地区的更明显.然而,在属级水平上与其余 12 个纬度值临近地区的植物区系相比较,木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物属的热带亚热带属性并不突出,这进一步表明木论喀斯特植物区系具有一定的区系过渡性,呈现温带性质向热带性质过渡.

表 8 各纬度值临近地区植物区系科、属的 R/T 值

序号	地区	纬度	热带科数 量 R_1	温带科数 量 T_1	R_1/T_1	热带属数 量 R_2	温带属数 量 T_2	R_2/T_2
1	木论	25°07'01"~25°12'22"	29	10	2.90	62	24	2.58
2	广西乐业县大围石天坑	24°51'50"~24°56'06"	67	33	2.03	232	154	1.51
3	广西南宁市	22°13'~23°32'	—	—	—	768	249	3.08
4	广西南宁市武鸣区	22°59'~23°33'	97	35	2.77	627	198	3.17
5	广东珠海市	21°48'~22°27'	108	25	4.32	508	98	5.18
6	福建宁德市	26°18'27"~27°40'49"	77	29	2.66	313	220	1.42
7	湖南崑山镇	26°15'06"~26°55'22"	—	—	—	280	281	1.00
8	贵州贵阳市	26°11'~26°55'	77	51	1.51	333	340	0.98
9	贵州荔波县	25°09'~25°39'	—	—	—	258	153	1.69
10	黔桂边境六县	—	86	32	2.69	509	208	2.45
11	台湾省	21°45'~25°56'	—	—	—	742	346	2.14
12	云南西双版纳傣族自治州	21°09'~22°36'	—	—	—	910	115	7.91

注:“—”表示未收集到相应数据.

3 讨论

3.1 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物成分特征

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物单种科、单种属分别占总科与总属的 71.70%和 87.10%,与其他 12 个纬度值临近地区热带与温带植物科、属数量相比,木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物的热带与温带成分的植物物种丰富度较小.与谭卫宁等^[15]的研究结果略有不同,这可能与喀斯特地区土壤的高钙、高镁、高盐、高 pH 值、养分周转速率低和植物生长空间狭小等特点导致植物生长所适应的要求极高、大部分种类植物难以生长^[14,37]或研究区样方选取尺度^[38]等有关.

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系具有一定的特有性.本研究发现中国特有属 4 属,与韦毅刚^[39]得出广西已知的中国特有种属总数位居中

国第 4 的结果存在一定的差距.Huang Jihong 等^[40]研究发现特有属丰富度与物种属丰富度的相关性较低,而与空间因子和生境异质性的相关性显著.因此,在本研究结果中较少的中国特有属分布可能与样方空间尺度和研究区地理格局有关^[38].

3.2 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系特征

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系植被类型丰富.在热带分布区类型中,樟科是组成广西南亚热带和中亚热带地带性常绿阔叶林的主要组成成分,大戟科、无患子科、楝科、梧桐科、龙脑香科是广西热带季节雨林和沟谷雨林的重要成分,在温带分布区中,壳斗科是广西南亚热带季风常绿阔叶林以及中亚热带常绿阔叶林的重要成员.多数地理纬度相同的不同气候带类型典型植物科均能适应研究区环境,由此体现出木论喀斯特地形复杂,形成的微生境和生态位丰富、植被具有高度异质性^[22].热带、温带分布区的森林主要组成植物科的

占比具有一定差异,这表明木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系的地带性植被类型呈现热带北缘向亚热带过渡^[15],该区域的地理纬度靠近北回归线北侧这一特点也能体现出植物区系的过渡性^[14]。由此可见,木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林是一个功能稳定、结构复杂、可更新资源突出、群落类型多样、综合性和稳定性相对较高的生态系统。

此外,在木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系中岩溶植物长势明显。在本研究优势科中大戟科、无患子科、楝科、鼠李科以及非优势科如槭树科、禾本科(Poaceae)、壳斗科等都是岩溶生态系统的主要成分,能形成该区域的植物多样性和明显的生长优势的原因是岩溶环境的岩溶景观类型、地貌部位、小生境养分、坡向坡度的差异明显,生境异质性在该区域的不同空间尺度上均存在,较小空间尺度间的生境异质性导致在岩溶生态系统中的植物多样性常表现为少属科、寡种属^[41],这也与本文所得的研究结果相符,其在一定程度上体现了研究区的喀斯特地域性特征。

3.3 与其他地区植物区系 R/T 值的比较

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物区系热带属性特征明显,且呈现温带性质向热带性质过渡的特征。属的分布区系更能反映较小范围的区系性质与特点^[7],在 13 个地区(乐业、南宁、武鸣、珠海、宁德、崑山、贵阳、荔波、黔桂边境六县、台湾省、西双版纳、喜马拉雅东部雅鲁藏布江大拐弯河地区与木论喀斯特区)的植物区系特征中,除崑山与贵阳外,其余地区科的 R/T 值均大于 1。西双版纳和珠海处于北回归线以南,位于热带北缘-南亚热带区间,因此其植物区系热带性质鲜明。台湾省、南宁市以及南宁武鸣区所处位置被北回归线穿过,受气候条件的影响,其植物具备较强的热带性质的同时,还兼备部分温带植物呈现过渡趋势。乐业、荔波、贵阳、崑山、宁德、黔桂边境六县和喜马拉雅东部雅鲁藏布江大拐弯河地区位于北回归线以北、中亚热带-南亚热带过渡区,与其他地区相比,其温带分布区植物数量多,区系呈现亚热带性质^[26]。木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林与北回归线以北、中亚热带-南亚热带过渡区这一纬度近似地区植物的 R/T 值相比,其科的 R/T 值最高,且在热带性质中表现最明显。对于木论喀斯特区植物科表现出不符合该区系所处纬度的热带属性,其原因可能与木论喀斯特区较大的海拔变化以及复杂的地貌类型有关^[24]。因为海拔的变化会伴随着降水、光照等条件的改变,所以

导致植被类型发生变化^[42]。喀斯特森林的土壤覆盖厚度浅且不规则,导致土壤水源的蓄积、营养元素的供给非常有限且空间差异大^[22],这也会造成植被的生长类型不遵循纬度地带性分布规律。

3.4 木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物地理特征

木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物起源较早,地理成分复杂。樟科、桑科、壳斗科、桃金娘科(Myrtaceae)起源于白垩纪,到新生代晚期,樟科、壳斗科、胡桃科、芸香科、大戟科已经在广西内形成优势的热带、亚热带植物区系景观^[43],同时樟科、桑科均属于木论喀斯特地区的优势科,反映出该研究区植物区系起源的古老性。在壳斗科中的属只有一个种,单种属或寡种属大多是古老的残遗植物。再加之在研究区中发现了一定数量的蕨类植物,蕨类植物也是一类比较古老的植物,由此可推断木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林植物起源久远。

总之,本研究发现:1)木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林被子植物共有 53 科 93 属 108 种,蕨类植物 7 科 7 属 7 种,暂未发现裸子植物;2)研究区物种丰富度较小,植被生长受岩溶区环境影响较大,与喀斯特地区土壤性质、植物生长空间受限制等因素有关;3)存在中国特有属 4 属,区系具有一定的特有性;4)植物区系地理成分复杂,地带性植被类型具有过渡性,植物区系成分涵盖了部分岩溶植被区系,具有一定的喀斯特地域性特征;5)区系的分化程度不高,与岩溶环境有关,植物单种科、单种属占比高;6)植物区系热带属性特征明显,且呈现温带性质向热带性质过渡的特点;7)植物区系地理起源久远。

4 参考文献

- [1] WANG Kelin, ZHANG Chunhua, CHEN Hongsong, et al. Karst landscapes of China: patterns, ecosystem processes and services [J]. Landscape Ecology, 2019, 34(12): 2743-2763.
- [2] 罗旭玲, 王世杰, 白晓永, 等. 西南喀斯特地区石漠化时空演变过程分析 [J]. 生态学报, 2021, 41(2): 680-693.
- [3] JIANG Zhongcheng, LIAN Yanqing, QIN Xiaoqun. Rocky desertification in Southwest China: impacts, causes, and restoration [J]. Earth-Science Reviews, 2014, 132(3): 1-12.
- [4] 宋同清. 西南喀斯特植物与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [5] JARAMILLO C, RUEDA M J, MORA G. Cenozoic plant di-

- versity in the Neotropics [J]. Science, 2006, 311: 1893-1896.
- [6] 谭凯文,卢惠莹,李林,等.广西马山县野生种子植物区系研究[J].热带作物学报,2023,44(8):1579-1587.
- [7] 黄玉林,廖宇杰,洪维,等.广东省龙眼洞林场维管束植物的区系特征分析[J].热带亚热带植物学报,2022,30(4):533-542.
- [8] 徐国良,曾晓辉.九连山自然保护区苔藓植物区系研究[J].热带作物学报,2021,42(7):2094-2101.
- [9] LI Dejun, WEN Li, YANG Liqiong, et al. Dynamics of soil organic carbon and nitrogen following agricultural abandonment in a karst region [J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2017, 122(1): 230-242.
- [10] WANG Zhenchuan, LI Dejun, ZHENG Mianhai, et al. Topography modulates effects of nitrogen deposition on symbiotic N₂ fixation in soil but not litter or moss in a secondary Karst forest [J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2019, 124(10): 3015-3023.
- [11] LIU Xin, ZHANG Wei, WU Min, et al. Changes in soil nitrogen stocks following vegetation restoration in a typical karst catchment [J]. Land Degradation & Development, 2019, 30(1): 60-72.
- [12] KIEW R, RAHMAN R A. Plant diversity assessment of karst limestone, a case study of Malaysia's Batu Caves [J]. Nature Conservation-Bulgaria, 2021, 44: 21-49.
- [13] YANG Shengtian, LI Chaojun, LOU Hezhen, et al. The impact of urban expansion on plant diversity change in karst regions of Southwest China [J]. Chinese Geographical Science, 2022, 32(3): 493-505.
- [14] 郑颖吾.木论喀斯特林区概论[M].北京:科学出版社, 1999:1-9.
- [15] 谭卫宁,罗柳娟,农素芸,等.广西木论国家级自然保护区植物物种多样性初步研究[J].广西植物,2023,43(12): 2182-2195.
- [16] 庄崇洋,黄清麟,马志波,等.典型中亚热带天然阔叶林各林层树高胸径关系研究[J].林业科学研究,2017,30(3):479-485.
- [17] 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.
- [18] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].云南植物研究,1991,13(S4):1-6.
- [19] 王艳红,李帅锋,郎学东,等.地形异质对云南普洱季风常绿阔叶林物种多样性的影响[J].植物生态学报, 2020, 44(10): 1015-1027.
- [20] 黄杰,李晓玲,王雪松,等.三峡库区不同消落带下中华蚊母树群落特征及其与土壤环境因子的关系[J].植物生态学报,2021,45(8):844-859.
- [21] 赵万义,刘忠成,叶华谷,等.罗霄山脉种子植物区系及其南北分化特征[J].生物多样性,2020,28(7): 842-853.
- [22] 陈惠君,杜虎,宋同清,等.木论喀斯特常绿落叶阔叶混交林群丛数量分类及稳定性[J].生物多样性,2019,27(10):1056-1068.
- [23] 苏宗明.广西植被植物区系研究[J].广西植物,1997, 17(1):60-68.
- [24] 冯建孟,徐成东.植物区系过渡性及其生物地理意义[J].生态学杂志,2009,28(1):108-112.
- [25] 沈利娜,侯满福,许为斌,等.广西乐业大石围天坑群种子植物区系研究[J].广西植物,2020,40(6):751-764.
- [26] 莫楚欣,李林,和太平.南宁市野生种子植物区系研究[J].热带作物学报,2023,44(2):302-309.
- [27] 刘晓寒,和太平.广西武鸣县种子植物区系研究[J].热带亚热带植物学报,2022,30(3):367-376.
- [28] 彭逸生,庄雪影,陈锡沐.广东珠海市种子植物区系研究[J].广西植物,2007,27(6):892-898,849.
- [29] 盖新敏.福建省宁德市种子植物区系研究[J].福建林业科技,2009,36(2):10-17,35.
- [30] 吴文文,袁穗波,刘帅成,等.湖南崀山丹霞地貌区维管植物区系特征分析及对比[J].植物资源与环境学报, 2010, 19(4): 84-91.
- [31] 陈志萍,张华海,钱长江,等.贵阳市野生种子植物区系研究[J].贵州科学,2011,29(3):50-55.
- [32] 陈谦海,王雪明.贵州荔波植物区系的初步研究[J].贵州科学,1985,3(2):90-100.
- [33] 李光照.黔桂边境六县植物区系组成及其特点[J].广西植物,1990,10(4):297-306.
- [34] 应俊生,徐国土.中国台湾种子植物区系的性质、特点及其与大陆植物区系的关系[J].植物分类学报, 2002, 40(1): 1-51.
- [35] 朱华,李延辉,许再富,等.西双版纳植物区系的特点与亲缘[J].广西植物,2001,21(2):127-136.
- [36] 孙航,周浙昆.喜马拉雅东部雅鲁藏布江大拐弯河谷地区植物区系的特点及来源[J].云南植物研究,1996,18(2):185-204.
- [37] ZHANG Zhonghua, HU Gang, NI Jian. Effects of topographical and edaphic factors on the distribution of plant communities in two subtropical karst forests, Southwestern China [J]. Journal of Mountain Science, 2013, 10(1): 95-104.
- [38] 张喜,霍达,向凯旋,等.样地面积对黔中喀斯特石漠灌丛植物多样性的影响[J].生态学杂志,2019, 38(5):1305-1313.
- [39] 韦毅刚.广西植物区系的基本特征[J].云南植物研究, 2008, 30(3): 295-307.
- [40] HUANG Jihong, MA Keping, HUANG Jianhua. Species diversity distribution patterns of Chinese endemic seed plants based on geographical regions [J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0170276.

- [41] 曹建华,袁道先,杨慧,等.岩溶生态系统中的植物[J]. 中国岩溶,2022,41(3):365-377. 180-188.
- [42] 梁锦桃,邓艳,李旭尧,等.岩溶断陷盆地不同海拔植物水分利用效率分析[J]. 中国岩溶,2020,39(2): 1996,14(3):56-63.
- [43] 薛跃规,陆祖军,张宏达.广西地质、地理和植物区系起源与发展[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 1996,14(3):56-63.

The Flora Characteristics of Evergreen and Deciduous Broad-Leaved Mixed Karst Forest in Mulun

WANG Zhenchuan^{1,2}, LU Shuowen^{1,2}, HUANG Riming^{1,2}, SUN Jun³, HUANG Qingqing⁴, WANG Jiayan⁴,
MO Yafang⁴, LI Yongcong⁴, PAN Shanghui⁴

(1. Institute of Geography and Oceanography, Nanning Normal University, Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Nanning Guangxi 530004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning Guangxi 530004, China; 3. Management Center for Guangxi Mulun National Nature Reserve, Huanjiang Guangxi 547100, China; 4. Guangxi Gaofeng State Owned Forest Farm, Nanning Guangxi 530001, China)

Abstract: The selected research object is the mixed broad-leaved forest of evergreen and deciduous karst in Mulun, Guangxi, in order to analyze the characteristics of the plant composition and the geographic components of families and genera, calculate the ratio of tropical and temperate components (R/T) of families and genera, and compare it with adjacent regions based on latitude. The results are as follows. The flora of Mulun karst consists of 108 species of angiosperms in 53 families and 93 genera, 7 species of ferns in 7 families and 7 genera. No gymnosperms are found in the study area. Among the distribution types of families, there are 29 tropical components and 10 temperate components. Among the distribution types of genera, there are 62 tropical components, 24 temperate components, and 4 unique genera to China. The species richness of angiosperms with tropical and temperate components are relatively small, and the flora is greatly affected by the environment of karst areas. The flora is characterized by a clear karst specificity. The R/T values of families and genera are 2.9 and 2.58, respectively, showing a transitional characteristic from temperate to tropical, which is related to the changes in altitude and complex landform types in the area. The flora has a long history of origin and a complex geographic component.

Key words: evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest; flora; geographical components; the value of R/T ; karst

(责任编辑:刘显亮)