

朱 华. 云南一条新的生物地理线 [J]. 地球科学进展, 2011, 26(9): 916-925. [Zhu Hua. A new biogeographical line between South Yunnan and Southeast Yunnan [J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(9): 916-925.]

云南一条新的生物地理线^{*}

朱 华

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要: 云南南部与东南部热带地区在地理上接近, 具有类似的热带季风气候和热带雨林植被, 它们的植物区系均以热带成分占优势, 在现代植物区系分区上都属于热带亚洲或印度—马来西亚植物区系。研究发现在云南东南部植物区系中具有丰富的东亚植物区系的代表成分, 如木兰科、山茱萸科、蓼科、茶科、安息香科、山矾科、忍冬科、冬青科、卫矛科等, 意味着它具有东亚植物区系起源背景, 而在云南南部植物区系中却有丰富的热带亚洲代表成分, 如楝科、番荔枝科、防己科、姜科、夹竹桃科、萝藦科等, 具有明显热带亚洲亲缘。云南南部植物区系中有 237 个属未见于云南东南部热带地区; 云南东南部热带植物区系中有 349 个属未见于云南南部, 包括 57 个东亚分布属, 53 个北温带分布属, 22 个中国特有分布属及 17 个东亚—北美间断分布属。

这些事实意味着云南南部植物区系与东南部植物区系可能具有不同的起源背景, 在云南南部与东南部之间可能存在一条历史生物地理线, 这条生物地理线暂命名为“华线(Hua line)”, 它的位置与走向大致与云南的李仙江一致, 这些建议也获得地质历史的支持。

关 键 词: 生物地理线; 植物区系; 云南南部与东南部热带地区

中图分类号: Q948.5; X173

文献标志码: A

文章编号: 1001-8166(2011)09-0916-10

1 引 言

云南在地质历史上被认为是古南大陆与古北大洲的一个交汇地带, 在生物地理上是热带亚洲生物区系向东亚亚热带—温带生物区系的一个过渡地带。云南生物区系的形成与演化受古地中海消退, 喜马拉雅隆升、东亚季风气候形成等地质历史事件的强烈影响, 使云南的生物区系组成与分布格局带有明显的地质历史烙印。对云南生物区系的地理成分及其分布格局进行研究, 能为揭示云南的地质历史提供线索。

20 世纪 50 年代, 前苏联学者费多罗夫在深入云南南部考察后, 首次探讨了中国西南部植物区系

的热带亚洲亲缘^[1], 随后, 吴征镒^[2]通过对中国种子植物属的地理成分分析, 进一步论证了中国植物区系具有热带亲缘。随着对中国南部地区植物区系的深入研究, 它们的热带亚洲亲缘被充分肯定^[3-10]。在中国南部热带地区, 特别是在云南南部、东南部, 广西西南部和海南, 不但具有热带亚洲特征的植物区系, 还分布有在生态外貌和物种组成上与东南亚热带雨林相同的真正的热带雨林^[11-13]。

在长期对云南热带地区植物区系与植被的调查和研究基础上, 进一步发现, 云南南部与东南部这 2 个相邻的热带地区, 虽具有类似的气候和植被类型(都有东南亚类型的热带雨林), 但在植物区系组成的一些深层次方面也有明显差异。云南东南部植物

* 收稿日期: 2011-01-04; 修回日期: 2011-07-11.

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“云南中山湿性常绿阔叶林植物种类对偶性及其生物地理研究”(编号: 41071040) 和“云南澜沧江流域河谷植被与植物区系的生物地理分异及其成因研究”(编号: 31170195) 资助。

作者简介: 朱华(1960-), 男, 云南昆明人, 研究员, 主要从事热带植物学研究. E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn

区系虽以热带成分占优势,并以热带亚洲分布属在各地成分中比例最高,在现代植物区系分区上属于热带亚洲或印度—马来西亚植物区系的北缘部分,但其植物区系中具有相当比例的东亚植物区系的代表成分,在植物区系的地方特征或起源上与其相邻的云南南部植物区系明显不同。云南南部植物区系中东亚植物区系的代表成分相对较少,但却有丰富的热带亚洲代表成分,具有明显热带亚洲亲缘。这些不同与地质历史相互印证,暗示了在云南南部与东南部之间可能存在一条生物地理线。本文依据翔实的植物区系资料,通过对云南南部与东南部植物区系比较研究,结合地质历史,探讨它们之间可能存在的生物地理线。

2 材料与方法

在本研究中,我们利用的云南东南部热带地区涉及北回归线与中—越交界,在 $22^{\circ}26' \sim 23^{\circ}26'N$, $104^{\circ}27' \sim 108^{\circ}48'E$ 的区域,海拔从75 m的红河河谷至3 047 m的西隆山顶,包括屏边、河口、金平、绿春、元阳及红河6个县,总面积14 389 km²。这6个县基带均为热带,并且热带地区占有较大面积,具有东南亚类型的热带雨林分布,它们也是云南东南部最靠近云南南部的几个热带县。马关、文山、麻栗坡等其他滇东南的县,由于以亚热带山地为主,与云南南部离得也相对较远,为使研究有尽量大的可比性,它们未被包括在界定的云南东南部热带地区。云南东南部热带地区具有一个典型的热带季风气候,以河口县气象站资料为例,年平均温度22.8℃, $\geq 10^{\circ}C$ 年积温8 246℃;年降雨量1 764 mm,其中干季(11月至翌年4月)降雨约330 mm,占全年的18.7%,年均相对湿度86%。

基于资料收集^[4]及调查研究,云南东南部热带地区这6个县具有野生种子植物186科,1 357属,4 996种及亚、变种^[5]。

云南南部热带地区亦即西双版纳州, $21^{\circ}09' \sim 22^{\circ}36'N$, $99^{\circ}58' \sim 101^{\circ}50'E$ 之间,包括景洪、勐海和勐腊3个县,海拔从澜沧江河谷的480 m至北部山顶的2 403 m,总面积19 690 km²。云南南部热带地区也具有典型的热带季风气候,亦具有东南亚类型的热带雨林分布。以勐腊县气象站资料为例,年均温21℃, $\geq 10^{\circ}C$ 积温7 639℃;年降雨量1 531.9 mm,干季(11月至翌年4月)降雨282 mm,湿季(5~10月)降雨1 250 mm,相对湿度80%。

基于近50年的标本采集,云南南部热带地区具

有野生种子植物182科,1 176属,3 340种^[6]。

科的范围和大小统一使用W3TROPICOS of Missouri Botanical Garden (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>)系统。种子植物属的分布区类型依据吴征镒^[5]的划分方案。

根据这些植物名录,分析和比较了其植物区系组成,地理成分,科、属、种相似性,结合这些地区的地质历史,讨论它们的植物区系分异的可能原因及其生物地理亲缘。

3 研究结果

3.1 云南南部与东南部植物区系的组成和地理成分

云南东南部热带地区具有野生种子植物186科,1 357属,4 996种及亚、变种^[5]。云南南部热带地区具有野生种子植物182科,1 176属,3 340种^[6]。云南东南部热带植物区系以豆科(285种)、兰科(276种)、茜草科(235种)、禾本科(219种)、菊科(180种)、樟科(141种)、荨麻科(134种)、大戟科(126种)、蔷薇科(124种)、壳斗科(109种)等为优势科(表1)。云南南部热带植物区系的前10名优势科中有8个科与云南东南部热带植物区系相

表1 云南南部和东南部植物区系前20个优势科
Table 1 The twenty families with most species richness among the floras of south and southeast Yunnan

云南南部植物区系			云南东南部热带植物区系		
植物科	种数	% 植物区系	植物科	种数	% 植物区系
兰科 Orchidaceae	328	9.82	豆科 Fabaceae	285	5.70
豆科 Fabaceae	211	6.32	兰科 Orchidaceae	276	5.52
茜草科 Rubiaceae	142	4.25	茜草科 Rubiaceae	235	4.70
禾本科 Poaceae	132	3.95	禾本科 Poaceae	219	4.38
大戟科 Euphorbiaceae	117	3.50	菊科 Asteraceae	180	3.60
菊科 Asteraceae	106	3.17	樟科 Lauraceae	141	2.82
桑科 Moraceae	73	2.19	荨麻科 Urticaceae	134	2.68
姜科 Zingiberaceae	72	2.16	大戟科 Euphorbiaceae	126	2.52
荨麻科 Urticaceae	72	2.16	蔷薇科 Rosaceae	124	2.48
樟科 Lauraceae	70	2.10	壳斗科 Fagaceae	109	2.18
爵床科 Acanthaceae	68	2.04	桑科 Moraceae	104	2.08
唇形科 Lamiaceae	61	1.83	杜鹃花科 Ericaceae	96	1.92
萝藦科 Asclepiadaceae	58	1.74	唇形科 Lamiaceae	91	1.82
夹竹桃科 Apocynaceae	51	1.53	莎草科 Cyperaceae	87	1.74
番荔枝科 Annonaceae	49	1.47	爵床科 Acanthaceae	85	1.70
马鞭草科 Verbenaceae	48	1.44	茶科 Theaceae	81	1.62
葫芦科 Cucurbitaceae	46	1.38	苦苣苔科 Gesneriaceae	79	1.58
蔷薇科 Rosaceae	46	1.38	百合科 Liliaceae	64	1.32
葡萄科 Vitaceae	45	1.35	卫矛科 Celastraceae	65	1.30
壳斗科 Fagaceae	44	1.32	五加科 Araliaceae	64	1.28

注: 黑体字为云南南部与东南部植物区系中各自的优势科

同,故二者排名在前的优势科较为一致,但在排名较后的优势科上却明显不同。云南南部植物区系中的姜科、萝藦科、夹竹桃科、番荔枝科、马鞭草科、葫芦科等热带性较强的科仍在种类较多的优势科之列,但在云南东南部热带植物区系中,则是蔷薇科、壳斗科、杜鹃花科、莎草科、茶科、百合科、卫矛科、五加科等东亚温带、亚热带特色的科在种数较多的优势科之列。

在地理成分的构成上,仍显示了同样的格局。

云南南部与东南部热带植物区系均以热带成分占优势。在云南南部热带成分占总属数的 78.3%,在云南东南部占总属数的 68.8%,其中,又以热带亚洲分布属比例最高,在云南南部占总属数的 30.2%,在云南东南部占总属数的 27.3%。另一方面,热带分布诸成分的比例在云南南部植物区系中均稍高于云南东南部热带植物区系,反之,温带分布诸成分的比例在云南南部植物区系中均低于云南东南部热带植物区系(图 1)。

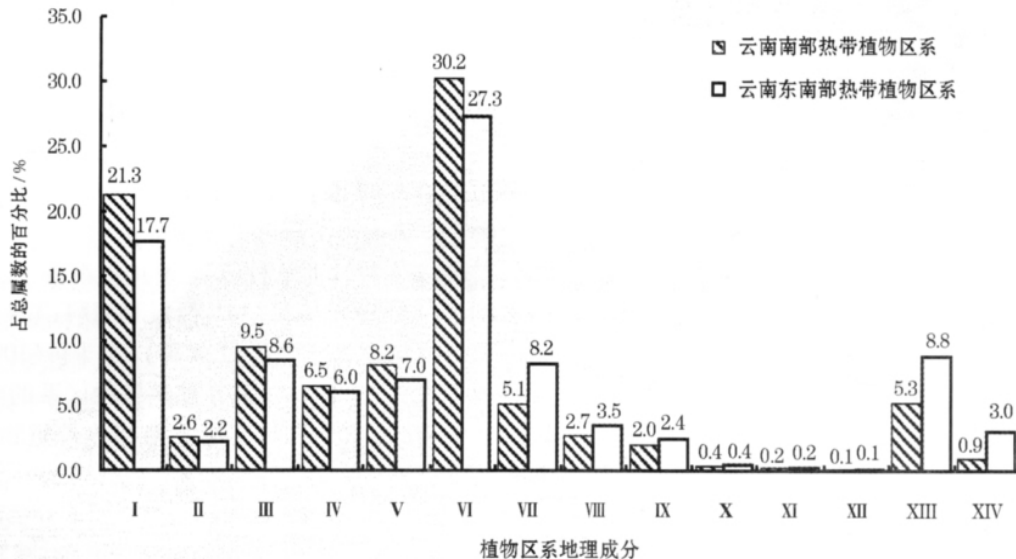


图 1 云南南部与东南部热带植物区系地理成分的比较

Fig. 1 Comparison of geographical elements from the floras of south and tropical southeast Yunnan

- I. 泛热带分布; II. 热带亚洲—热带美洲间断分布; III. 旧世界热带分布; IV. 热带亚洲—热带澳洲分布; V. 热带亚洲—热带非洲分布;
 VI. 热带亚洲分布; VII. 北温带分布; VIII. 东亚和北美洲间断分布; IX. 旧世界温带分布; X. 温带亚洲分布;
 XI. 地中海区、西亚至中亚分布; XII. 中亚分布; XIII. 东亚分布; XIV. 中国特有分布
 I. Pantropic; II. Tropical Asia and Tropical America disjunct; III. Old World Tropic; IV. Tropical Asia to Tropical Australia; V. Tropical Asia to Tropical Africa; VI. Tropical Asia or Indo-Malesia; VII. North Temperate; VIII. East Asia and North America disjunct; IX. Old World Temperate; X. Temperate Asia; XI. Mediterranean, W. Asia to C. Asia; XII. Center Asia; XIII. East Asia; XIV. Endemic to China

从植物区系优势科(主体成分)的组成和地理成分构成特征上,反映了云南南部与东南部热带植物区系均是热带性质的植物区系,在植物区系分区上属于热带亚洲或印度—马来西亚植物区系,这与它们地处热带亚洲北缘的地理位置相一致。云南南部植物区系的热带性更强,热带亚洲特征更明显。

3.2 云南南部与东南部植物区系的代表成分

如果按该科在各地区植物区系的种数占其世界种数百分比排名,可获得与优势科不同的格局,云南南部与东南部热带植物区系产生了明显差异(表 2)。按占该科世界种数百分比,排名在前的科在一定程度上能反映其植物区系的地方特征,可视为该

植物区系的代表科,它们在一定程度上也反映了该植物区系的发生或起源特征。

在云南南部植物区系中,防己科、楝科、姜科、夹竹桃科、番荔枝科、旋花科、芸香科、梧桐科、萝藦科等有较强的代表性,它们均为泛热带分布的科。在云南东南部热带植物区系中,则主要以东亚亚热带—温带植物区系的代表科为主,如木兰科、山茱萸科、蓼科、茶科、安息香科、山矾科、忍冬科、冬青科、卫矛科等。这种差异意味着云南南部与东南部热带植物区系在起源背景上不同。

3.3 云南南部与东南部植物区系分异

云南东南部热带植物区系与云南南部植物区系

表 2 云南南部、东南部植物区系代表科

Table 2 The representative families ranking by their species percentage in the total of the family

云南南部 植物区系	% 该科 世界种数	云南东南部热 带植物区系	% 该科 世界种数
苧麻科 Urticaceae	6.86	木兰科 Magnoliaceae	31.52
防己科 Menispermaceae	6.67	山茱萸科 Cornaceae	23.33
桑科 Moraceae	6.64	壳斗科 Fagaceae	15.57
楝科 Meliaceae	6.55	藜科 Smilacaceae	13.44
姜科 Zingiberaceae	6.36	茶科 Theaceae	13.28
壳斗科 Fagaceae	6.29	苧麻科 Urticaceae	12.76
葫芦科 Cucurbitaceae	5.94	安息香科 Styracaceae	12.50
葡萄科 Vitaceae	5.29	山矾科 Symplocaceae	10.40
鸭跖草科 Commelinaceae	4.84	桑科 Moraceae	9.45
马鞭草科 Verbenaceae	4.17	忍冬科 Caprifoliaceae	8.81
夹竹桃科 Apocynaceae	2.76	冬青科 Aquifoliaceae	8.33
樟科 Lauraceae	2.46	葡萄科 Vitaceae	7.06
番荔枝科 Annonaceae	2.28	秋海棠科 Begoniaceae	5.67
旋花科 Convolvulaceae	2.25	葫芦科 Cucurbitaceae	5.29
芸香科 Rutaceae	2.22	马鞭草科 Verbenaceae	5.22
梧桐科 Sterculiaceae	2.20	卫矛科 Celastraceae	5.00
萝藦科 Asclepiadaceae	2.07	鸭跖草科 Commelinaceae	5.00
罂粟科 Acanthaceae	1.97	木犀科 Oleaceae	5.00
锦葵科 Malvaceae	1.89	樟科 Lauraceae	4.95
兰科 Orchidaceae	1.77	紫金牛科 Myrsinaceae	4.90

注: 黑体字为云南南部与东南部植物区系中各自具有的代表科

相比,科的相似性为 89.6%, 属的相似性为 79.9%, 种的相似性为 50.7%^[4], 也就是说, 它们的科组成很类似, 属组成基本共通, 但种类组成差别却较大。

尽管它们之间属的组成基本一致, 云南东南部热带植物区系中仍有 349 个属未见于云南南部植物区系, 而在后者中亦有 237 个属未见于云南东南部热带植物区系。如在热带分布属中, 泛热带分布的树参属 (*Dendropanax*)、土丁桂属 (*Evolvulus*), 热带亚洲—热带美洲分布的桫欏树属 (*Clethra*)、盖裂木属 (*Talauma*), 旧世界热带分布的假虎刺属 (*Carissa*), 热带亚洲至大洋洲分布轴榈属 (*Licuala*)、木花生属 (*Madhuca*), 热带亚洲分布的坡垒属 (*Hopea*)、龙脑香属 (*Dipterocarpus*)、黄桐属 (*Endospermum*)、琼榄属 (*Gonocarym*)、无忧花属 (*Saraca*)、马蹄荷属 (*Exbucklandia*)、蚊母树属 (*Distylium*)、穗花杉属 (*Amentotaxus*)、细子龙属 (*Amesiodendron*)、东京桐属 (*Deutzianthus*)、梭子果属 (*Eberhardtia*)、山茉莉属 (*Huodendron*)、龙眼参属 (*Lysidice*)、棱果树属 (*Pavieasia*)、木瓜红属 (*Rehderodendron*)、红花荷属 (*Rhodoleia*)、马尾树属 (*Rhoiptelea*) 等只见于云南东南部热带植物区系; 而龙果属 (*Pouteria*)、胡桐属 (*Calophyllum*)、裸花属 (*Gymnanthes*)、滨木患属 (*Ar-*

ytera)、多香木属 (*Polyosma*)、榆绿木属 (*Anogeis-*
sus)、盾苞藤属 (*Neuropeltis*)、紫矿属 (*Butea*)、蕊木
属 (*Kopsia*)、蚁花属 (*Mezzettiopsis*)、荷包果属 (*Xanto-*
lis)、歧序野茉莉属 (*Bruinsmia*) 等只见于云南南部
地区。最为明显的是在云南东南部热带植物区系中
有 57 个东亚分布属, 53 个北温带分布属, 22 个中国
特有分布属及 17 个东亚—北美间断分布属均未见
于云南南部植物区系(表 3)。如东亚分布的五加属
(*Acanthopanax*)、领春木属 (*Euptelea*)、棕榈属 (*Trach-*
ycarpus)、人字果属 (*Dichocarpum*)、八角莲属 (*Dys-*
osma)、油杉属 (*Keteleeria*)、鞘柄木属 (*Toricellia*)、三
叶木通属 (*Akebia*)、化香树属 (*Platycarya*)、北温带
分布的七叶树属 (*Aesculus*)、细辛属 (*Asarum*)、小檗
属 (*Berberis*)、茶藨子属 (*Ribes*)、枸子属 (*Cotoneas-*
ter)、绣线菊属 (*Spiraea*)、红豆杉属 (*Taxus*)、椴属
(*Tilia*)、马桑属 (*Coriaria*) 等, 东亚—北美间断分布
的山核桃属 (*Carya*)、鹅掌秋属 (*Liriodendron*)、紫茎
(*Stewartia*)、六道木 (*Abelia*) 等, 中国特有分布的棕
榈属 (*Trachycarpus*)、茶条木属 (*Delavaya*)、金钱槭
属 (*Dipteronia*)、鹭鸶兰属 (*Diurathera*)、香果树属
(*Emmenopterys*)、蚬木属 (*Excentrodendron*)、铁竹属
(*Ferocalamus*)、水松属 (*Glyptostrobus*)、华盖木属
(*Manglietiastrum*)、梁王茶属 (*Metapanax*)、异叶苣苔
属 (*Whytockia*) 等都只见于云南东南部地区。故云
南东南部热带植物区系与云南南部植物区系尽管地

表 3 各自存在云南南部和东南部热带的属级地理成分

Table 3 Genera respectively in southern Yunnan and tropical southeastern Yunnan across geographical elements

属分布区类型	仅见于 云南南部		仅见于 云南东南 部热带	
		%		%
1 世界分布	8	3.38	6	1.72
2 全热带分布	47	19.83	27	7.74
3 热带亚洲至热带美洲间断分布	5	2.11	6	1.72
4 旧世界热带分布	16	6.75	9	2.58
5 热带亚洲至大洋洲分布	28	11.81	14	4.01
6 热带亚洲至热带非洲分布	19	8.02	23	6.59
7 热带亚洲分布	85	35.86	98	28.08
8 北温带分布	5	2.11	53	15.19
9 东亚—北美间断分布	2	0.84	17	4.87
10 旧世界温带分布	7	2.95	14	4.01
11 温带亚洲分布	1	0.42	2	0.57
12 地中海, 西亚至中亚分布	1	0.42	1	0.29
13 中亚分布	2	0.84	0	0.00
14 东亚分布	7	2.95	57	16.33
15 中国特有分布	4	1.69	22	6.30
总计	237	100.00	349	100.00

理上接近,有类似的热带季风气候和热带雨林植被,有类似的地理成分构成,在现代植物区系分区上无疑都属于热带亚洲或印度—马来西亚植物区系,但在植物区系的属种组成上有明显分异。

4 结论与讨论

云南南部和东南部热带地区植物区系在地理成分上均以热带成分占优势(在云南南部占总属数的 78.3%,在云南东南部占 68.8%),其中,又以热带亚洲分布属在各地地理成分中比例最高(在云南南部占总属数的 30.2%,在云南东南部占总属数的 27.3%)。这些特征反映了云南南部和东南部热带地区植物区系均是热带性质的植物区系,并受热带亚洲植物区系的强烈影响,在植物区系分区上属于热带亚洲或印度—马来西亚植物区系。

虽然都属于热带亚洲植物区系,但云南南部植物区系的热带性更强,热带亚洲亲缘明显,而在云南东南部热带植物区系中,蔷薇科、壳斗科、杜鹃花科、莎草科、茶科、百合科、卫矛科、五加科等东亚亚热带—温带特征的科在其含种数较多的优势科之列,故云南东南部热带植物区系与东亚植物区系有较密切联系。

比较云南东南部热带植物区系与云南南部及广西西南部植物区系的相似性,显示云南东南部热带与云南南部植物区系科相似性为 89.6%,属相似性为 79.9%,与广西西南部植物区系科相似性为 95.2%,属相似性为 84.68%^[3]。虽然云南热带东南部与云南南部相毗邻,但植物区系相似性却低于与其相距较远的广西西南部植物区系,这暗示了在云南东南部与云南南部之间存在某种地理隔离。同样,也曾比较了云南南部与西南部热带地区(德宏州)和东南部热带植物区系的关系,显示了云南南部与西南部热带地区植物区系科相似性达 98.4%,属相似性为 80.4%^[4]。云南西南部热带地区位于 23°50′~25°20′N,97°31′~98°43′E 之间,与云南南部地区若按中心点相差约 2 个纬度和 1.5 个经度,亦即相距较远,但它们之间的相似性在科水平上甚至高于云南南部与东南部热带植物区系的相似性,这似乎也暗示了在云南热带东南部与云南南部之间存在某种地理隔离。

按其种数占世界种数百分比排名而确定的代表性科,与按种丰富度而确定的优势科不同,云南东南部与南部植物区系显示了更为明显的差异。云南东南部的热带植物区系中木兰科、山茱萸科、菝葜科、

茶科、安息香科、山矾科、忍冬科、冬青科、卫矛科等在其前 20 名代表科中,它们均是东亚植物区系的代表成分;一些东亚和喜马拉雅特征科,如岩梅科、十齿花科、领春木科、茶藨子科和鞘柄木科也只在云南东南部植物区系中出现。在云南南部植物区系中,防己科、楝科、姜科、夹竹桃科、番荔枝科、旋花科、芸香科、梧桐科、萝藦科等热带分布科却在其代表科之列。这个现象反映了云南东南部植物区系与东亚植物区系有内在联系。在云南东南部植物区系的代表科中有许多是系统发育上较原始的类群,意味着这种内在联系是古老的联系。

云南南部植物区系中有 237 个属未见于云南东南部热带植物区系,反之,在后者中有 349 个属未见于云南南部植物区系。在云南东南部热带植物区系,有 57 个东亚分布属,53 个北温带分布属,22 个中国特有分布属及 17 个东亚—北美间断分布属未见于云南南部植物区系。这些特征与它们靠近的地理位置和具有同样的热带季气候和热带雨林植被看似不对应,显然还有其他原因。

再以云南古老的苏铁属植物为例,云南东南部热带地区有苏铁属植物 6 种,云南南部仅有 2 种,它们在相当于云南李仙江的地方分界,云南东南部与南部之间无共有种^[14],云南东南部与南部之间也是苏铁属植物 2 个组 *sect. Stangorioides* 与 *ssect. Indosinenses* 的分界线^[17]。这一格局很清楚地显示了云南东南部与南部之间存在地理隔离(图 2)。

根据地质历史资料,云南东南部曾溯源于南中国地质板块或扬子板块(South China Geoblock or Yangzi Block),而云南南部则溯源于掸—泰地质板块(Shan-Thai Geoblock or Simao Block)^[18-21](图 3)。云南东南部与南部植物区系的差异很好地反映了这些地区的地质历史过程。

朱华等^[22-24]曾提出云南东南部在印度板块楔入亚洲大陆、喜马拉雅隆升过程中可能发生了南移,我们现在的研究结果也支持这个观点。

日本学者 Tanaka^[25]根据柑桔种系的地理分布曾提出了一条从云南西北部(28°N, 98°E)向东南部延伸至大约 18°45′N 或 19°N, 108°E 的中国广西—越南北部东京湾的植物地理分界线,他起名为“柑桔分布的田中线”(Tanaka Line),在该线以西是“*Archicitrus*”为主,以东则是“*Metacitrus*”为主,并暗示了这条线在限定一些东亚植物区系成分和印度—马来西亚成分上有意义。Li 等^[26]通过对云南产的东亚分布属的研究,探讨了“田中线”在中国西

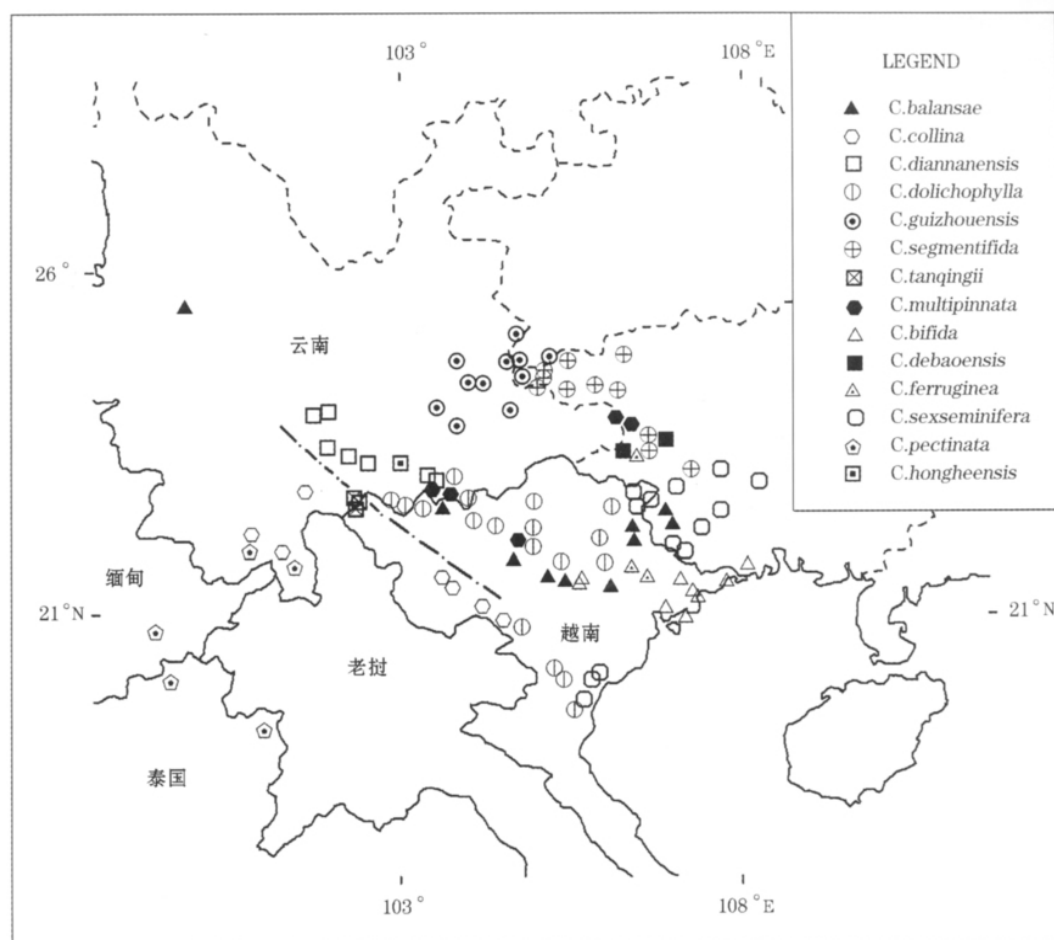


图2 云南及周边具有的苏铁属植物分布

Fig. 2 Distributions of Cycas species in Yunnan and neighboring areas

图中点划线显示苏铁属植物在云南南部与东南部之间分界: 该线以西只有2个种, 在分界线上有1个分布很局限的云南特有种(*Cycas tanqingii*)

The dash-dot line shows a natural demarcation of Cycas species between southern and southeastern Yunnan: Only 2 species on the west of the line, one species (*Cycas tanqingii*) with very limited distribution on the line

南部的植物地理学意义, 认为它在划分东亚植物区系东部的中国—日本植物区系亚区与西部的中国—喜马拉雅植物区系亚区上有意义, 特别是中国—日本分布属以“田中线”为其分布西界具有更高的可靠性, 因此建议在植物区划上, “田中线”可以考虑作为东亚植物区的中国—日本植物亚区与西部的中国—喜马拉雅植物亚区的分界线。通过对云南种子植物地理成分分布格局的研究, 朱华认为在云南, “田中线”在以热带亚洲成分为核心的印度—马来西亚热带植物区系与东亚亚热带—温带植物区系的地理界限上也有一定作用^[24], 这在粗尺度上看似如此。

无论“田中线”的地理意义如何, 我们的研究显

示, 在云南东南部热带地区与云南南部之间, 在植物区系上有较为明显的地理分异。

云南古地理图^[27]显示了云南南部与云南东南部之间有一个古深断裂, 云南南部完全成为陆地环境的历史较晚, 这与其受热带亚洲植物区系的渗透和影响更为强烈的结果相印证(图4)。

朱华等在对云南热带地区植物区系的研究上, 也注意到许多分布在云南东南部热带地区的种类, 如中国无忧花(*Saraca dives*)、龙眼参(*Lysidice rhodostegia*)、细子龙(*Amesiodendron chinense*)、东京桐(*Deutzianthus tonkinensis*)、任豆(*Zenia insignis*)、金丝李(*Garcinia paucinervis*)等在云南东南部热带雨林中为群落优势树种, 它们向西只分布到李仙江。



图 3 东南亚板块边界示意图^[18]

Fig.3 The map showing the boundaries of the various terrains in SE Asia^[18]

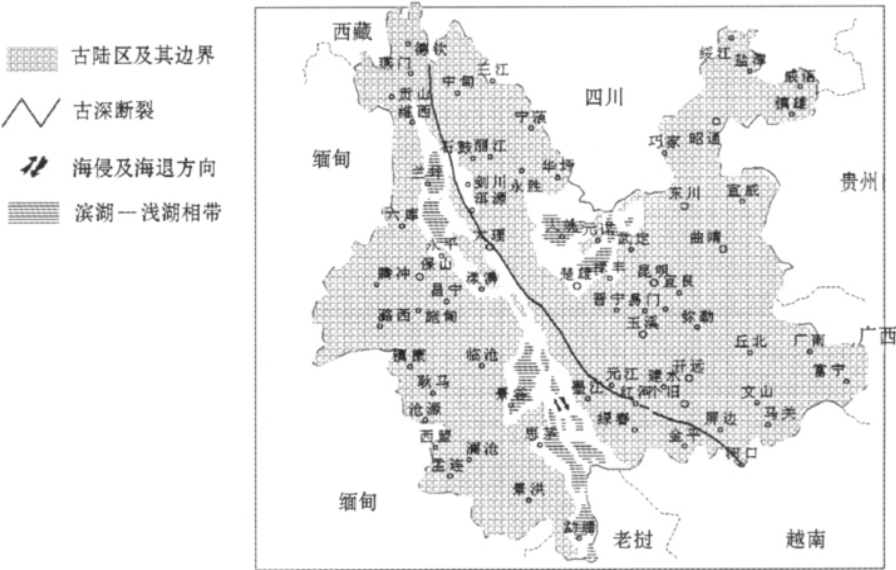


图 4 云南早第三纪古新世岩相古地理图^[27]

Fig.4 Palaeogeographical map of Yunnan during early Tertiary^[27]

图中显示在云南南部与东南部之间曾有滨湖—浅湖相带

The figure shows a lake-shallow lake zone between southern and southeastern Yunnan during early Tertiary

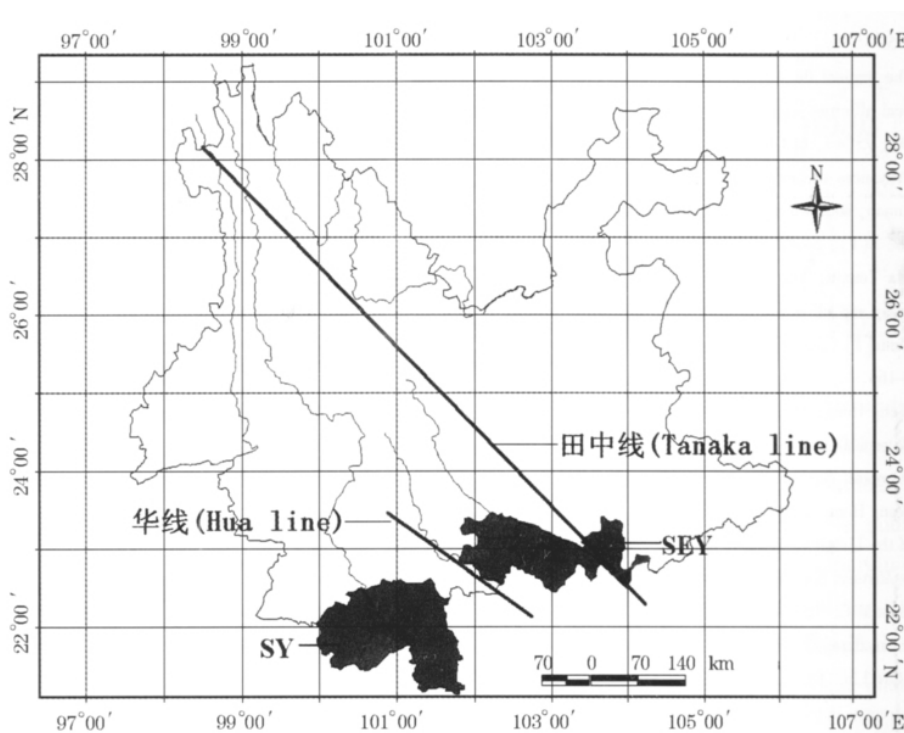


图5 建议的生物地理线及田中线示意图

Fig.5 Suggested biogeographical line (Hua line) and Tanaka line

图中阴影斑块为云南南部(SY)和云南热带东南部(SEY)

Dark areas are south Yunnan (SY), and tropical Southeast Yunnan (SEY)

云南苏铁属植物的地理分异也以李仙江为界线,这些反映了云南南部与云南东南部热带地区的生物地理分界线可能与李仙江大致符合。故此,我们提出,云南南部与云南东南部热带地区之间可能存在一条生物地理线,这条线的位置与走向大致与云南的李仙江一致(图5)。这条生物地理线可命名为“华线(Hua line)”。云南南部与东南部热带地区之间的这条建议的生物地理线比所谓的“田中线”位置更靠西,它们之间的关系仍需进一步研究。云南的地质历史非常复杂,经受了不同地质板块的嵌合、挤压、抬升、断裂等一系列地质过程,在不同历史时期,不同地质背景下形成具有不同地理意义的一些界线,是可以理解的。

在生物地理研究中,已有很多生物地理线被提出,如“田中线”,还有“田中—楷永线”(结合了四川西部在限定兰科植物分布上有意义的所谓“楷永线”)^[24],它们最初仅是根据个别物种的分布而提出。在植物区系(地理)分区上,那些划出的不同植物区系区、地区,甚至植物区系小区的分界线也往往是具有或大或小意义的生物地理线。这些生物地理

线虽并不构成植物分布的清楚界线,但在植物区系区划上具有一定意义,并蕴涵了地质历史演化、自然地理分异等诸多内在因素。生物地理线并非是表面上的、像一般人们想象的线的两边有明显的不同,它的意义在于可能蕴涵了地质历史演化、自然地理分异等诸多内在因素,它能为探索地质历史演化、地质事件、自然地理等提供线索,在实践上也能更为合理地生物区系和植被的分区或区划提供依据。

致谢:闫丽春女士帮助整理植物名录,宵龙骞博士和莫晓雪女士帮助绘制苏铁属植物分布图,审稿专家提出了宝贵意见,在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] Fedorov An A. The flora of southwestern China and its significance to the knowledge of the plant world of Eurasia [J]. *Komarov Chit-en*, 1957, 10: 20-50.
- [2] Wu Zhengyi. The tropical floristic affinity of the flora of China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1965, 1: 25-33. [吴征镒. 中国植物区系的热带亲缘 [J]. *科学通报*, 1965, 1: 25-33.]
- [3] Zhu Hua, Yan Lichun. Biogeographical affinities of the flora of southeastern Yunnan, China [J]. *Botanical Studies*, 2009, 50

- (4): 467-475.
- [4] Zhu Hua. The tropical flora of southern Yunnan, China, and its biogeographical affinities [J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 2008, 95(4): 661-680.
- [5] Zhu Hua. Advances in biogeography of the tropical rainforest in southern Yunnan, southwestern China [J]. *Tropical Conservation Science*, 2008, 1(1): 34-42.
- [6] Zhu Hua, Ma Youxin, Yan Lichun, et al. The relationship between geography and climate in the generic-level patterns of Chinese seed plants [J]. *Journal of Systematics and Evolution*, 2007, 45(2): 134-166.
- [7] Zhu Hua, Wang Hong, Li Baogui. Floristic composition and biogeography of tropical montane rain forest in southern Yunnan of China [J]. *Gardens' Bulletin Singapore*, 2006, 58: 81-132.
- [8] Zhu Hua, Wang Hong, Li Baogui, et al. Biogeography and floristic affinity of the Limestone flora in southern Yunnan, China [J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 2003, 90(3): 444-465.
- [9] Zhu Hua, Roos M C. The tropical flora of S China and its affinity to Indo-Malesian flora [J]. *Telopea*, 2004, 10(2): 639-648.
- [10] Zhu Hua, Cai Lin. Biogeography of the tropical rain forest of Yunnan and some implications to geographical history [J]. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(Suppl.): 1-57. [朱华, 蔡琳. 云南热带雨林的生物地理及其对地质历史的暗示 [J]. *地球科学进展*, 2005, 20(增刊): 1-57.]
- [11] Zhu Hua. Ecological and biogeographical studies on the tropical rain forest of south Yunnan, SW China with a special reference to its relation with rain forests of tropical Asia [J]. *Journal of Biogeography*, 1997, 24(5): 647-662.
- [12] Zhu Hua, Cao Min, Hu Huabin. Geological history, flora, and vegetation of Xishuang banna, southern Yunnan, China [J]. *Biotropica*, 2006, 38(3): 310-317.
- [13] Cao Min, Zhou Xiaoming, Warren M, et al. Tropical forests of Xishuangbanna, China [J]. *Biotropica*, 2006, 38(3): 306-309.
- [14] Shui Yumin. Seed Plants of Honghe Region in SE Yunnan, China [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2003: 665. 脱玉民. 滇东南红河地区种子植物 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 665.]
- [15] Wu Zhengyi. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1991, 13(S4): 1-3. 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(增刊4): 1-3.]
- [16] Hill K D. The genus *Cycas* (Cycadaceae) in China [J]. *Telopea*, 2008, 12(1): 71-118.
- [17] Hill K D, Hiep T N, Loc P K. The genus *Cycas* (Cycadaceae) in Vietnam [J]. *The Botanical Review*, 2004, 70(2): 134-193.
- [18] Fortey R A, Cocks L R M. Biogeography and palaeogeography of the Sibumasu terrane in the Ordovician: A review [J]. //Hall R, Holloway J D, eds. *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Leiden: Backbuys Publishers, 1998.
- [19] Feng Qinglai, Chonglakmani C, Helmcke D, et al. Correlation of Triassic stratigraphy between the Simao and Lampang-Phrae Basins: Implications for the tectonopaleogeography of Southeast Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2005, 24(6): 777-785.
- [20] Metcalfe I. Palaeozoic and Mesozoic tectonic evolution and palaeogeography of East Asian crustal fragments: The Korean Peninsula in context [J]. *Gondwana Research*, 2006, 9(1/2): 24-46.
- [21] Lepvrier C, Vuong N V, Maluski H, et al. Indosinian tectonics in Vietnam. [J]. *Comptes Rendus Geosciences*, 2008, 340(2/3): 94-111.
- [22] Zhu Hua. Ecology and Biogeography of the Tropical Dipterocarp Rain Forest in Xishuangbanna [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2000. 朱华. 西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理学研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000.]
- [23] Zhu Hua, Yan Lichun. Notes on the realities and significances of the "Tanaka Line" and the "Ecogeographical Diagonal line" in Yunnan [J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(6): 871-877. 朱华, 阎丽春. 再论“田中线”和“滇西—滇东南”生态地理(生物地理)对角线的真实性和意义 [J]. *地球科学进展*, 2003, 18(6): 871-877.]
- [24] Zhu Hua. Distribution patterns of genera of Yunnan seed plants with references to their biogeographical significances [J]. *Advances in Earth Science*, 2008, 23(8): 830-839. 朱华. 云南种子植物区系地理成分分布格局及其意义 [J]. *地球科学进展*, 2008, 23(8): 830-839.]
- [25] Tanaka T. Species Problem in Citrus [M]. Tokyo: Japanese Society for the Promotion of Science, 1954: 58-69.
- [26] Li Xiwen, Li Jie. The Tanaka-Kaiyong line—An important floristic line for the study of the flora of East Asia [J]. *Annals Missouri Botanic Garden*, 1997, 84(4): 888-892.
- [27] Yunnan Geology and Mineral Bureau. Atlas of Geology and Palaeogeography of Yunnan [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1995. [云南地质矿产局. 云南岩相古地理图集 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1995.]

A New Biogeographical Line between South Yunnan and Southeast Yunnan

Zhu Hua

(*Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China*)

Abstract: Adjacent tropical south and southeast Yunnan have a similar monsoon climate and are covered by tropical rain forest vegetation at lowlands. Both of the floras of tropical south and southeast Yunnan have tropical floristic elements comprising a majority (78.3% in south Yunnan and 68.83% in tropical southeast Yunnan), and those of tropical Asian distribution make up the highest ratio (30.2% of the total genera in south Yunnan and 27.3% in southeast Yunnan), and both of them belong to Indo-Malaysian flora at northern margin of tropical Asia in present floristic regionalization. However, some temperate East Asian characteristic families, such as Magnoliaceae, Cornaceae, Smilacaceae, Theaceae, Styracaceae, Symplocaceae, Aquifoliaceae, Caprifoliaceae and Celastraceae, etc. are well represented in the flora of tropical southeast Yunnan while tropical Asian characteristic families, such as Meliaceae, Annonaceae, Menispermaceae, Zingiberaceae, Apocynaceae, Asclepiadaceae, etc. are well represented in the flora of south Yunnan. Although the tropical south and southeast Yunnan share 80% of their genera, 237 genera are seen only in south Yunnan, and 349 genera only in tropical southeast Yunnan respectively. Furthermore, 57 genera of East Asia distribution, 53 genera of North temperate distribution and 22 genera of endemic to China, as well as 17 genera of East Asia and North America disjunct distribution are present only in tropical southeast Yunnan. These suggest that the flora of southeast Yunnan could have different background from the flora of south Yunnan in origin. The flora of tropical southeast Yunnan is more related to Eastern Asian flora in origin, while the flora of south Yunnan is more related to Indo-Malaysia flora. It is therefore suggested that there could be a biogeographical line between south and southeast Yunnan. The possible biogeographical line is here named as "Hua line". The biogeographical line is well supported by geological history of the region.

Key words: Biogeographical line; Flora; Tropical south and southeast Yunnan.