

文章编号: 1001-8166(2003)06-0879-07

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*

朱 华, 阎丽春

(中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 云南 昆明 650223)

摘 要: 通过对一些代表性地区植物区系的比较研究, 探讨了对云南热带—亚热带植物区系生物地理分布格局有作用的“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。选择了滇西北独龙江植物区系、滇西铜壁关植物区系和滇南西双版纳植物区系及滇东南植物区系, 对它们的科、属、种的相似性及其植物区系特征进行了比较。在科、属水平上, 4 个植物区系彼此间相似性系数分别在 93% 和 60% 以上, 显示其植物区系有密切的亲缘。其中, 滇东南植物区系与独龙江植物区系在科、属水平上的相似性系数最大, 分别达 98.7% 和 78.6%, 尽管这两个地区地理位置相距最远。植物区系特征的比较也显示滇东南植物区系与独龙江植物区系有较密切联系。这些结果支持了所谓滇西北—滇东南“植物地理对角线”的观点。在种水平上, 西双版纳植物区系与铜壁关植物区系最接近, 这与它们的地理位置较近和基带均为热带生境是相一致的。也对这些生物地理界线形成的地质历史背景作了讨论。

关 键 词: 植物区系; 生物地理界线; 云南

中图分类号: Q948.2 **文献标识码:** A

云南热带—亚热带地区具有复杂的地质历史, 是古南大陆与古北大陆的一个交汇与缝合地带^[1~3]。云南热带—亚热带地区基本地貌与气候环境的形成和演化与喜马拉雅隆升和东亚季风气候的形成息息相关^[4, 5]。由于这些特殊的地质历史以及云南热带—亚热带地区现代处于联系东亚与东南亚、喜马拉雅与中国—日本生物区系的节点位置, 造就了该地区十分丰富的生物多样性及复杂的分布格局。随着资料的积累和研究的深入, 越来越多的分布格局被认识和解释。日本学者田中(T. Tanaka)^[6]根据柑桔种系的地理分布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, 它起名为“柑桔分布的田中线”, 在

该线以西是“Archicitrus”为主, 在该线以东则是“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—马来西亚成分上也有意义。李锡文等^[7, 8]较为具体地论证了所谓“田中线”或“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”)在中国西南部的植物地理学意义, 认为它是一条划分东亚植物区系东部的中国—日本植物亚区与西部的中国—喜马拉雅植物亚区的区系线。李恒^[9, 10]从对滇西植物区系的研究着手, 通过对一些滇西、滇西南与滇东南对应分布类群的分布格局的解释, 提出了生态地理(生物地理)对角线, 该线与“田中线”的位置和走向基本吻合(图 1)。李恒进一步认为该“生态地理对角线”以西的云南热带—亚热带地区在地质历史上溯源于古

* 收稿日期: 2002-12-09; 修回日期: 2003-05-30.

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“滇南勐宋原始山地雨林植被的生物地理研究”(编号: 40271048); 云南省基金项目“滇南勐宋山地雨林植被植物多样性及生物地理研究”(编号: 2002C0067M)资助。

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

南大陆的“掸邦—马来亚”板块,该板块的位移和旋转导致了这条生物地理界线的形成。朱华等^[11~17]对云南热带雨林植物区系的生物地理研究支持了云南南部与古南大陆的热带东南亚有密切联系的观点。朱华^[11]在进一步比较了云南西双版纳龙脑香林与印度东北部龙脑香林的相似性时亦认为中国西南部板块在受印度板块挤压强烈变形前,西双版纳

大概与印度东北部处在相同纬度上,这一观点与李恒教授的基本一致。针对云南热带—亚热带植物区系的分布格局和各种有趣的地理界线,笔者选择了滇西北独龙江植物区系、滇西铜壁关植物区系和滇南西双版纳植物区系及滇东南植物区系(图 1),从它们的科、属、种的相似性和其区系特征的比较,论证这些生物地理界线的真实性和意义。

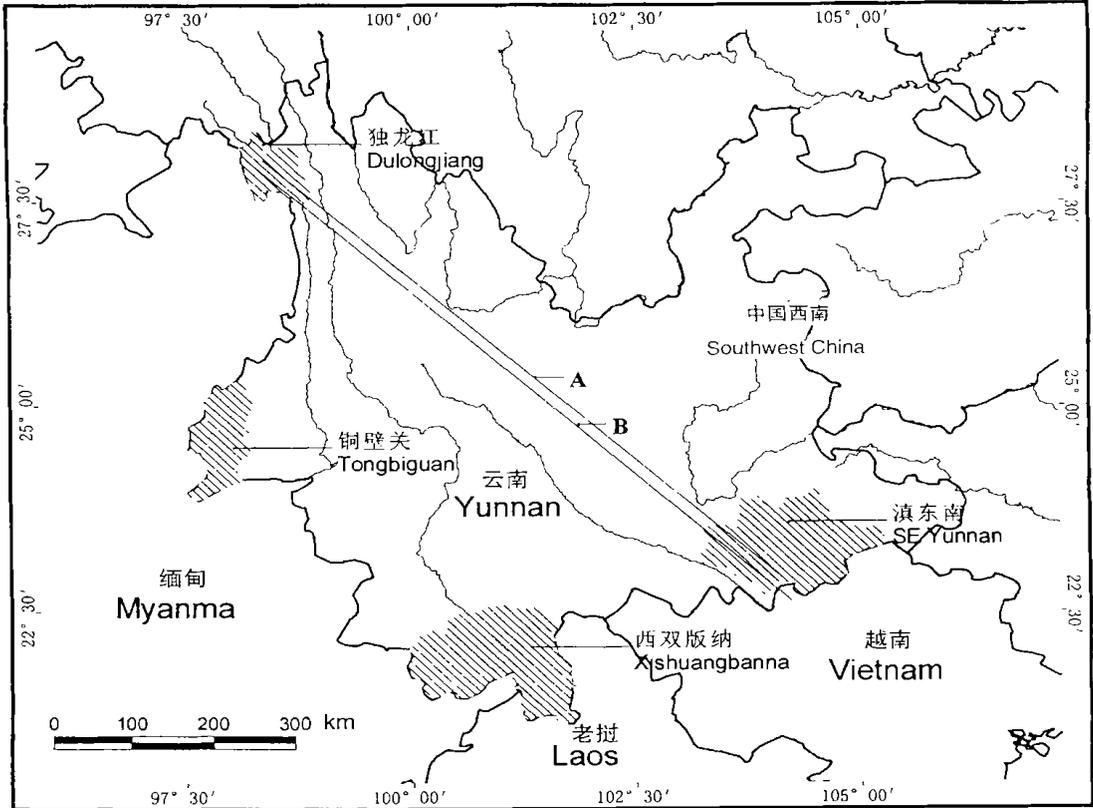


图 1 云南生物地理界线及西双版纳、滇东南、铜壁关、独龙江植物区系位置示意图^①

Fig. 1 The map showing the biogeographical lines and the locations of the four compared floras in Yunnan

A: 生态地理对角线 (Ecogeographical Diagonal Line)^[19]; B: 田中线 (Tanaka Line)^[17]

1 植物区系相似性的比较

滇西北的独龙江地区位于 27°40' ~ 28°50' N, 97°45' ~ 98°30' E 之间,面积约 1 994 km²。根据李恒等^[18, 19]的调查,记录了该地区种子植物 158 科 673 属 1 920 种。

滇西南铜壁关自然保护区位于 23°54' ~ 24°51' N, 97°31' ~ 97°46' E 之间,面积约 307 km²。据采集调查,记录到种子植物 214 科 1 229 属 3 475 种^①。

滇南西双版纳位于 21°10' ~ 22°40' N, 99°55' ~ 101°50' E 之间,总面积约 19 220 km²。根据笔者多

年的采集调查和资料积累,初步记录野生种子植物 212 科 1 251 属 3 728 种。

滇东南地区植物区系主要依据中国科学院植物研究所的数据库资料,范围在文山约 103°30' E 以东的云南东南部。在该区域记录有种子植物 236 科 1 397 属 4 777 种。

这 4 个地区植物区系分类群的鉴定和分类群的概念主要依据中国植物志的概念和标准,故此,在种、属和科水平上均具有可比性。

4 个植物区系种子植物科、属和种相似性系数的比较列于表 1。

① 西南林学院,云南省林业厅,云南省德宏州林业局编. 云南省铜壁关自然保护区,2000.

表 1 西双版纳、滇东南、铜壁关和独龙江四个自然植物区系科、属、种相似性的比较

Table 1 The similarity coefficients at family, generic and specific levels between the four compared floras in Yunnan

		西双版纳 (Xishuangbanna)	滇东南 (SE Yunnan)	铜壁关 (Tongbiguan)	独龙江 (Dulongjiang)
(Similarity coefficients at family level)	科相似性	100	94.3	93.9	93.4
	滇东南	94.3	100	97.2	98.7
	铜壁关	93.9	97.2	100	94.9
	独龙江	93.4	98.7	94.9	100
(Similarity coefficients at generic level)	属相似性	100	70.1	74.1	60.5
	滇东南	70.1	100	76.7	78.6
	铜壁关	74.1	76.7	100	76.1
	独龙江	60.5	78.6	76.1	100
(Similarity coefficients at specific level)	种相似性	100	39	43.1	19.1
	滇东南	39	100	40.9	32.2
	铜壁关	43.1	40.9	100	34.5
	独龙江	19.1	32.2	34.5	100

在科水平上, 4 个植物区系彼此间相似性系数均在 93% 以上, 在科的组成上它们几乎同一, 在植物区系高级分区和系统进化的起源上是共同的。

在属水平上, 这 4 个植物区系属相似性系数均在 60% 以上, 显示其植物区系有密切的亲缘。其中, 滇东南植物区系与独龙江植物区系属的相似性系数最大, 达 78.6%, 尽管这两个地区地理位置相距最远。滇东南植物区系与滇南西双版纳植物区系及滇西南铜壁关植物区系的属的相似性分别为 74.1% 和 76.7%。这支持了所谓滇西北—滇东南植物地理对角线的真实性。然而, 就所比较的植物区系的相似性看, 位于“田中线”以西的滇南西双版纳植物区系与同边滇西南铜壁关植物区系的科、属的相似性仅稍高于它与该线以东的滇东南植物区系。

科、属水平的相似性反映了历史的联系, 种水平的相似性则反映近代自然地理的联系。

在种水平上, 这 4 个植物区系彼此相似性系数为 19.1%~43.1%, 似乎相互联系不是很密切, 这与它们相距较远有关系。从彼此相似性系数看, 西双版纳植物区系与铜壁关植物区系在种水平最接近, 其次是滇东南, 这与它们的地理位置较近和基带均为热带生境是相一致的。独龙江植物区系在种水平上与西双版纳植物区系相似性最小, 因为二者在现代自然地理上为不同性质的植物区系。独龙江为亚热带(基带)至温带性质的植物区系, 而西双版纳则为热带(基带)至亚热带性质的植物区系。

2 优势科和代表科的比较

4 个植物区系含种数最多的前 20 个优势科的比较见表 2。4 个植物区系的优势科基本一致, 反映

了东南亚热带北缘共同的植物区系特征。杜鹃花科在独龙江植物区系有 9 属 105 种, 为其第三大科。滇东南植物区系杜鹃花科也含较多属种, 有 7 属 63 种, 虽排名不前, 但亦是其优势科之一。杜鹃花科在独龙江和滇东南的优势地位, 亦反映了它们之间的历史联系。

西双版纳植物区系的优势科中, 热带性强的科占有较多的比例, 如蕃荔枝科、大戟科、桑科、萝藦科、夹竹桃科、棕榈科、爵床科等, 显然在这 4 个植物区系中热带性最强。

若把优势科按占世界总数百分比重新排名, 则排名在前的科最能反映其植物区系发生特征, 可理解为植物区系的代表科。4 个植物区系最有代表性的前 15 个科的比较见表 3。

这 4 个植物区系均以荨麻科为排名最前(独龙江区系排名第二)的代表科。同样, 杜鹃花科为独龙江植物区系和滇东南植物区系的共同代表科, 反映它们共同的发生特征。西双版纳植物区系与铜壁关植物区系在代表科组成上很接近, 如它们均共有葫芦科、姜科、萝藦科、爵床科、大戟科等代表科, 反映了它们有更为接近的共同发生历史。

3 讨论

从植物区系相似性及代表科、优势科组成的比较看, 均显示滇东南植物区系与独龙江植物区系有较密切联系, 尽管它们相距最远。在二个地区之间由于一系列的西北—东南走向的高大山脉(横断山系)的阻隔, 在近代直接的植物区系迁移、交流是困难的。这种植物区系的亲缘用板块理论能得到较好的解释。按照板块理论, 云南的西部及南部应属于

表 2 四区系优势科排序比较

Table 2 Comparison of dominant families from the four compared floras

滇东南		铜壁关		独龙江		西双版纳	
Flora of SE Yunnan		Flora of Tongbiguan		Flora of Dulongjiang		Flora of Xishuangbanna	
科名	属/种	科名	属/种	科名	属/种	科名	属/种
Family	Genera/ species	Family	Genera/ species	Family	Genera/ species	Family	Genera/ species
禾本科 <i>Gramineae</i>	115: 232	兰科 <i>Orchidaceae</i>	72: 194	兰科 <i>Orchidaceae</i>	50: 141	兰科 <i>Orchidaceae</i>	102: 354
兰科 <i>Orchidaceae</i>	80: 204	菊科 <i>Compositae</i>	70: 174	菊科 <i>Compositae</i>	45: 107	禾本科 <i>Gramineae</i>	68: 180
菊科 <i>Compositae</i>	67: 164	禾本科 <i>Gramineae</i>	78: 157	杜鹃花科 <i>Ericaceae</i>	9: 105	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	54: 177
茜草科 <i>Rubiaceae</i>	48: 162	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	47: 150	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	21: 97	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	46: 155
蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	50: 156	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	43: 118	禾本科 <i>Gramineae</i>	39: 65	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	39: 123
樟科 <i>Lauraceae</i>	14: 140	唇形科 <i>Labiatae</i>	38: 99	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	15: 56	菊科 <i>Compositae</i>	63: 110
蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	30: 133	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	31: 87	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	18: 45	桑科 <i>Moraceae</i>	7: 85
荨麻科 <i>Urticaceae</i>	17: 122	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	22: 85	玄参科 <i>Scrophulariaceae</i>	19: 49	樟科 <i>Lauraceae</i>	12: 80
唇形科 <i>Labiatae</i>	45: 113	樟科 <i>Lauraceae</i>	13: 81	百合科 <i>Liliaceae</i>	17: 45	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	13: 74
苦苣苔科 <i>Gesneriaceae</i>	25: 106	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	19: 71	龙胆科 <i>Gentianaceae</i>	8: 45	姜科 <i>Zingiberaceae</i>	17: 73
壳斗科 <i>Fagaceae</i>	5: 106	桑科 <i>Moraceae</i>	7: 69	报春花科 <i>Primulaceae</i>	4: 39	萝 科 <i>Asclepiadaceae</i>	27: 71
大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	33: 100	爵床科 <i>Acanthaceae</i>	36: 61	五加科 <i>Araliaceae</i>	10: 38	唇形科 <i>Labiatae</i>	30: 63
桑科 <i>Moraceae</i>	7: 84	苦苣苔科 <i>Gesneriaceae</i>	16: 55	唇形科 <i>Labiatae</i>	18: 38	葫芦科 <i>Cucurbitaceae</i>	19: 59
芸香科 <i>Rutaceae</i>	15: 82	萝 科 <i>Asclepiadaceae</i>	22: 49	樟科 <i>Lauraceae</i>	8: 37	蕃荔枝科 <i>Annonaceae</i>	16: 57
莎草科 <i>Cyperaceae</i>	16: 81	姜科 <i>Zingiberaceae</i>	14: 49	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	19: 36	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	19: 55
五加科 <i>Araliaceae</i>	16: 77	五加科 <i>Araliaceae</i>	14: 46	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	12: 31	夹竹桃科 <i>Apocynaceae</i>	27: 54
山茶科 <i>Theaceae</i>	9: 73	葫芦科 <i>Cucurbitaceae</i>	18: 42	伞形科 <i>Umbelliferae</i>	12: 28	爵床科 <i>Acanthaceae</i>	30: 52
紫金牛科 <i>Myrsinaceae</i>	5: 71	伞形科 <i>Umbelliferae</i>	18: 42	杨柳科 <i>Salicaceae</i>	2: 28	棕榈科 <i>Palmaceae</i>	15: 52
马鞭草科 <i>Verbenaceae</i>	12: 63	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	11: 42	越桔科 <i>Vacciniaceae</i>	2: 27	壳斗科 <i>Fagaceae</i>	7: 51
杜鹃花科 <i>Ericaceae</i>	7: 63	山茶科 <i>Theaceae</i>	9: 42	槭树科 <i>Aceraceae</i>	1: 26	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	15: 48

表 3 四区系代表科排序比较

Table 3 Comparison of representative families from the four compared floras

滇东南		铜壁关		独龙江		西双版纳	
Flora of SE Yunnan		Flora of Tongbiguan		Flora of Dulongjiang		Flora of Xishuangbanna	
科名	占世界总种	科名	占世界总种	科名	占世界总种	科名	占世界总种
Family	数百分比*	Family	数百分比*	Family	数百分比*	Family	数百分比*
	(%)		(%)		(%)		(%)
荨麻科 <i>Urticaceae</i>	21.78	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	12.68	槭树科 <i>Aceraceae</i>	13.00	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	13.21
壳斗科 <i>Fagaceae</i>	11.78	五加科 <i>Araliaceae</i>	6.57	荨麻科 <i>Urticaceae</i>	10.00	葫芦科 <i>Cucurbitaceae</i>	9.22
山茶科 <i>Theaceae</i>	10.43	葫芦科 <i>Cucurbitaceae</i>	6.56	杜鹃花科 <i>Ericaceae</i>	7.78	姜科 <i>Zingiberaceae</i>	8.11
芸香科 <i>Rutaceae</i>	9.11	山茶科 <i>Theaceae</i>	6.00	越桔科 <i>Vacciniaceae</i>	6.75	桑科 <i>Moraceae</i>	6.07
紫金牛科 <i>Myrsinaceae</i>	7.10	姜科 <i>Zingiberaceae</i>	5.44	五加科 <i>Araliaceae</i>	5.43	壳斗科 <i>Fagaceae</i>	5.67
蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	6.65	桑科 <i>Moraceae</i>	4.93	杨柳科 <i>Salicaceae</i>	5.28	夹竹桃科 <i>Apocynaceae</i>	3.60
马鞭草科 <i>Verbenaceae</i>	6.30	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	4.25	龙胆科 <i>Gentianaceae</i>	5.00	樟科 <i>Lauraceae</i>	3.56
樟科 <i>Lauraceae</i>	6.22	樟科 <i>Lauraceae</i>	3.60	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	4.85	萝 科 <i>Asclepiadaceae</i>	3.55
桑科 <i>Moraceae</i>	6.00	唇形科 <i>Labiatae</i>	2.83	报春花科 <i>Primulaceae</i>	3.90	蔷薇科 <i>Rosaceae</i>	2.75
苦苣苔科 <i>Gesneriaceae</i>	5.30	苦苣苔科 <i>Gesneriaceae</i>	2.75	樟科 <i>Lauraceae</i>	1.64	蕃荔枝科 <i>Annonaceae</i>	2.71
杜鹃花科 <i>Ericaceae</i>	4.67	萝 科 <i>Asclepiadaceae</i>	2.45	玄参科 <i>Scrophulariaceae</i>	1.63	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	2.50
唇形科 <i>Labiatae</i>	3.23	爵床科 <i>Acanthaceae</i>	2.44	百合科 <i>Liliaceae</i>	1.22	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	2.46
五加科 <i>Araliaceae</i>	2.91	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	1.90	唇形科 <i>Labiatae</i>	1.09	爵床科 <i>Acanthaceae</i>	2.08
茜草科 <i>Rubiaceae</i>	2.61	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	1.74	伞形科 <i>Umbelliferae</i>	0.87	棕榈科 <i>Palmaceae</i>	2.08
禾本科 <i>Gramineae</i>	2.32	禾本科 <i>Gramineae</i>	1.57	兰科 <i>Orchidaceae</i>	0.83	兰科 <i>Orchidaceae</i>	2.08
莎草科 <i>Cyperaceae</i>	2.03	菊科 <i>Compositae</i>	1.34	菊科 <i>Compositae</i>	0.82	禾本科 <i>Gramineae</i>	1.80
大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>	2.00	伞形科 <i>Umbelliferae</i>	1.30	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	0.78	唇形科 <i>Labiatae</i>	1.80
蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	1.30	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	1.25	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	0.73	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	1.48
菊科 <i>Compositae</i>	1.26	兰科 <i>Orchidaceae</i>	1.14	禾本科 <i>Gramineae</i>	0.65	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	1.20
兰科 <i>Orchidaceae</i>	1.20	莎草科 <i>Cyperaceae</i>	1.05	蝶形花科 <i>Papilionaceae</i>	0.30	菊科 <i>Compositae</i>	0.85

* 占世界总种数百分比(%): Number of species of the family in the regional flora/ Number of total species of the family in the world x 100%

古南大陆的板块(图 2)。当以印度板块为主的古南大陆板块与亚洲板块相撞、北移、融合及喜马拉雅—横断山系隆升形成时(图 3), 云南西部至东南部的地块发生了顺时针转动(图 4)。按照李恒的说法, 在转动位移前, 独龙江与滇东南基本上是在同样纬度上, 随板块的移动变形, 独龙江约北移了 4.5 个纬度, 而滇东南却相应南移了 1~2 个纬度。也就是说, 独龙江植物区系是在热带植物区系背景下演化发展成现在的以暖温带成分为主体的植物区系。而滇东南则是在一个亚热带性更强的植物区系背景下向热带性更强的植物区系演化。这个推论获得植物区系地理成分分析的支持。独龙江植物区系在属级水平上以古南大陆热带起源为主流, 其热带属合计占 52.8%。在种水平上, 则以温带地理成分为主, 占 83.54%^[9]。这反映了独龙江区系的热带起源背景。

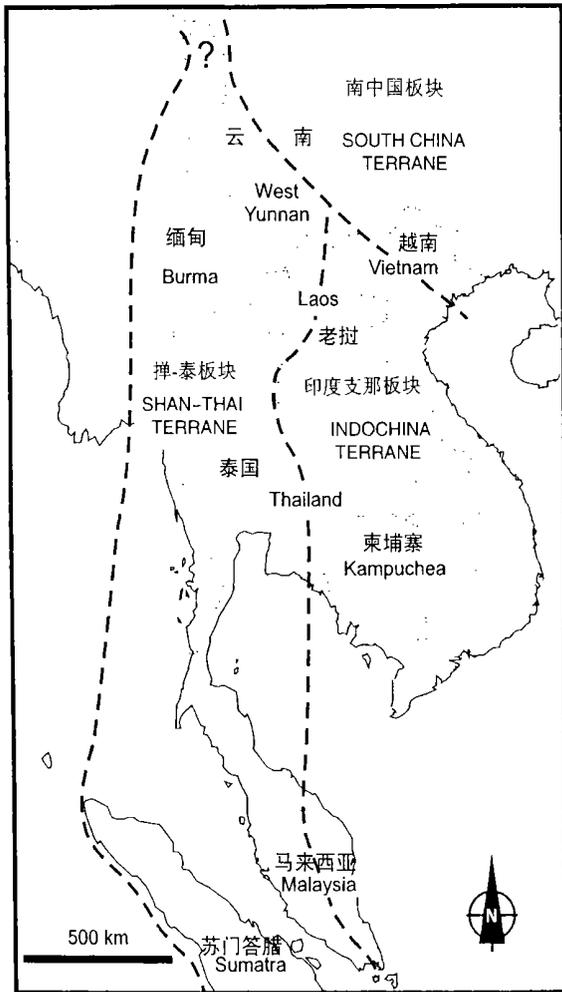


图 2 东南亚板块边界示意图

Fig. 2 The map showing the boundaries of the various terrains in SE Asia^[23]

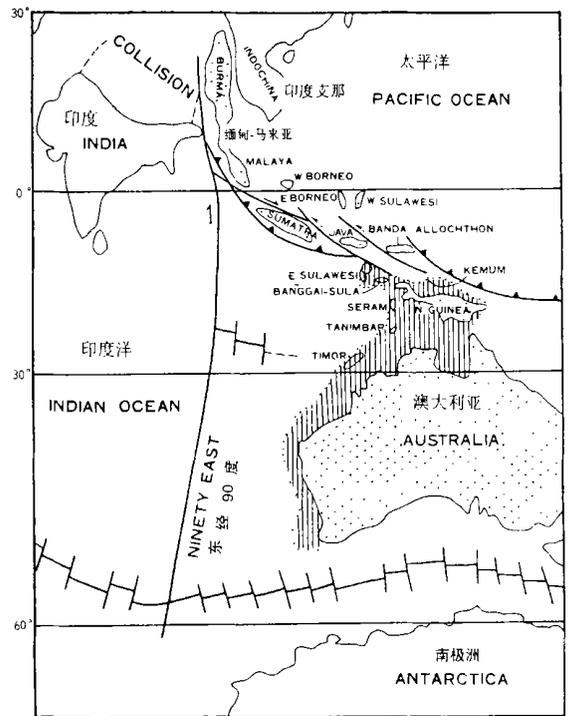


图 3 早始新世(40 百万年前) 澳大利亚—新几内亚与东南亚会聚带重建

Fig. 3 Reconstruction of convergence zone between Australia—New Guinea and south-east Asia for 40 Ma Eocene^[1]

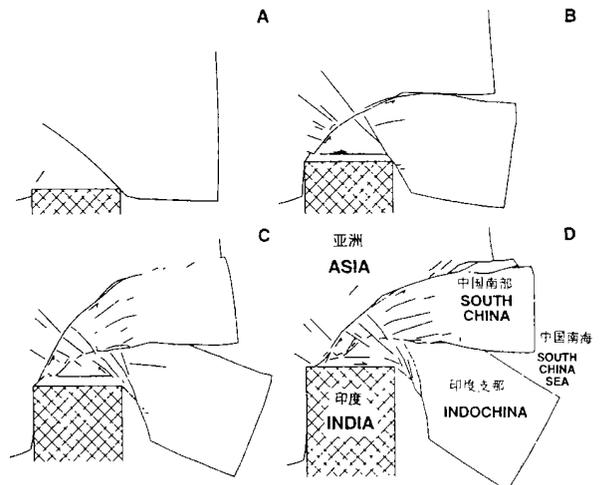


图 4 印度板块嵌入引发的板块变形及转动模型

Fig. 4 The models of the impact of a rigid Indian indenter with Asia^[2]

朱维明^[20] 研究了滇西怒江自然保护区的蕨类植物区系, 亦得出结论, 怒江自然保护区的蕨类植物区系与滇东南蕨类植物区系的关系远较其与西双版纳蕨类植物区系关系密切, 与滇东南蕨类植物区系属相似性高达 88.18%。同样, 陆树刚^[21] 在研究了滇东南薄竹山蕨类植物区系后认为, 薄竹山位于北回归线以南的地区, 但其蕨类植物区系分析的结果

却得出它属于亚热带性质的区系,并且有一些亚热带向温带过渡的特征,这除了生态学上的解释外,似乎也顺应了滇东南位置有些南移的说法。

“田中线”作为一条东部的中国—日本植物亚区与西部的中国—喜马拉雅植物亚区的植物区系线是明显的,但对于主要是古南大陆起源的印度—马来西亚植物区系与古北大陆起源的东亚植物区系的地理界限作用不明显。如中国海南依 Tanaka 的划界位于“田中线”以东,根据吴德邻等^[22]的研究,在海南与菲律宾和印尼的爪哇之间植物区系属的相似性分别达 78.2% 和 75%,清楚地显示了海南植物区系是热带亚洲植物区系的一部分,在植物区系分区上属于印度—马来西亚植物区系地区。

滇西、滇西南与滇东南植物类群的对应分布格局有较为支持的地质历史解释,亦即滇西、滇西南与滇东南“生态地理对角线”的真实性应是存在的。

由于云南位于古南大陆与古北大陆的交汇带上,除自身环境的复杂性外,也有着复杂的地质历史。有很多有趣的植物地理学现象,如龙脑香科的东京龙脑香(*Dipterocarpus retusus*)在滇西南铜壁关和滇东南出现,但在夹于其间的滇南西双版纳却没有;滇中和滇西北地区出现有地中海植被类型的硬叶栎林;澄江、洱海等湖泊边缘分布有大量地中海起源的植物如黄连木(*Pistacia chinensis*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)等;哀牢山山顶的苔藓常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林为亚热带植物区系性质,但处于温带的气候;元江、金沙江等干热河谷有非洲亲缘的半萨王纳植被存在等等。所有这些问题仅从现代生态环境的多样性来解释显然是不够的,还必须用地质历史、板块构造及历史生物地理学来共同解释。

参考文献(References):

[1] Audley-Charles M G. Dispersal of Gondwanaland: Relevance to evolution of the Angiosperms[A]. In: Whitmore T C, ed. Biogeographical Evolution of the Malay Archipelago[C]. Oxford: Clarendon Press, 1987.

[2] Metcalfe I. Palaeozoic and Mesozoic geological evolution of the SE Asia region: Multidisciplinary constraints and implications for biogeography[A]. In: Hall R, Holloway J D, eds. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia[C]. Leiden: Backbuys Publishers, 1998. 25-41.

[3] Morley J R. Palynological evidence for Tertiary plant dispersals in the SE Asian region in relation to plate tectonics and climate[A]. In: Hall R, Holloway J D, eds. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia[C]. Leiden: Backbuys Publishers, 1998.

221-234.

[4] Shi Yafeng, Li Jiyun, Li Bingyuan, et al. Uplift and environmental evolution of Qinghai-Xizang (Tibetan) plateau[A]. In: Sun Honglie, Zheng Du, eds. Formation, Evolution and Development of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau[C]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1998. 73-138. [施雅风, 李吉均, 李炳元, 等. 高原隆升与环境演化[A]. 见: 孙鸿烈, 郑度主编. 青藏高原形成演化与发展[C]. 广州: 广东科技出版社, 1998. 73-138.]

[5] Shi Yafeng, Li Jiyun, Li Bingyuan, et al. Uplift of the Qinghai-Xizang (Tibetan) plateau and east Asia environmental change during late Cenozoic[J]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54 (1): 10-21. [施雅风, 李吉均, 李炳元, 等. 晚新生代青藏高原的隆升与东亚环境变化[J]. 地理学报, 1999, 54 (1): 10-21.]

[6] Tanaka T. Species Problem in Citrus[M]. Tokyo: Japanese Society for the Promotion of Science, 1954. 58-69.

[7] Li Xiwen, Li Jie. On the validity of Tanaka Line and its significance viewed from the distribution of eastern Asiatic genera in Yunnan[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1992, 14 (1): 1-12. [李锡文, 李捷. 从滇产东亚属的分布论述“田中线”的真实性和意义[J]. 云南植物研究, 1992, 14 (1): 1-12.]

[8] 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: 888-892.

[9] Li Heng. Delineation and feature of Dulongjiang region flora[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1994, (supp.): 1-100. [李恒. 独龙江地区种子植物区系的性质和特征[J]. 云南植物研究, 1994, (增刊): 1-100.]

[10] Li Heng, He Daming, Bartholomew B, et al. Re-examination of the biological effect of plate movement—Impact of Shan-Malay Plate displacement (the movement of Burma-Malay Geoblock) on the biota of the Gaoligong Mountains[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1999, 21 (4): 407-425. [李恒, 何大明, Bruce Bartholomew, 等. 再论板块位移的生物效应——掸邦—马来亚板块位移对高黎贡山生物区系的影响[J]. 云南植物研究, 1999, 21 (4): 407-425.]

[11] Zhu Hua. Floristic relationships between dipterocarp forest of Xishuangbanna and forests of tropical Asia and S China[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1994, 16 (2): 97-106. [朱华. 西双版纳龙脑香林与热带亚洲和中国热带北缘地区植物区系的关系[J]. 云南植物研究, 1994, 16 (2): 97-106.]

[12] Zhu Hua. On the floristic occurrence of the dipterocarp forest of Xishuangbanna[A]. In: Collected Research Papers on the Tropical Botany[C]. Kunming: Yunnan University Press, 1996, 4: 36-52. [朱华. 西双版纳龙脑香林植物区系起源探讨[J]. 见: 热带植物研究论文报告集[C]. 昆明: 云南大学出版社, 1996, 4: 36-52.]

[13] 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: 647-662.

[14] Zhu Hua, Wang Hong, Li Baogui. *Gymnanthes Sw.* (Euphor-

- biaceae), new to China and its biogeographical implication[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 2000, 38 (5): 462-463. [朱华, 王洪, 李保贵. 裸花属—中国大戟科——新记录属及其生物地理意义[J]. 植物分类学报, 2000, 38 (5): 462-463.]
- [15] Zhu Hua, Wang Hong, Li Baogui. A new subspecies of the genus Lasianthus Jack (Rubiaceae) from Yunnan with a reference to its biogeographical implication[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 2000, 38 (3): 282-285. [朱华, 王洪, 李保贵. 云南粗叶木属——新亚种及其生物地理意义[J]. 植物分类学报, 2000, 38 (3): 282-285.]
- [16] Zhu Hua, Wang Hong, Li Baogui. Floristic relationships between the limestone flora of Xishuangbanna and neighboring floras of tropical Asia and south China[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1997, 19 (4): 357-365. [朱华, 王洪, 李保贵. 西双版纳石灰岩植物区系与东南亚及中国南部一些地区植物区系的关系[J]. 云南植物研究, 1997, 19(4): 357-365.]
- [17] Zhu H. New Plants of Lasianthus Jack (Rubiaceae) from Kinalu, Borneo and its biogeographical implication[J]. Blumea, 2001, 46 (3): 447-455.
- [18] Li Heng. Plants of Dulongjiang Region[M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 1993. 1-220. [李恒. 独龙江地区植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993. 1-220.]
- [19] Li Heng. The biological effect to the flora of Dulongjiang caused by the movement of Burma-Malaya Geoblock[J]. Acta Botanica Yunnanica, 1994, (supp.): 113-120. [李恒. 掸邦—马来亚板块位移对独龙江植物区系的生物效应[J]. 云南植物研究, (增刊): 113-120.]
- [20] Zhu Weiming. Pteridophyta[A]. In: Yunnan Forestry Bureau ed. Nujiang Nature Reserve[C]. Kunming: Yunnan Art Press, 1998. 270-317. [朱维明. 蕨类植物[A]. 见: 云南省林业厅编. 怒江自然保护区[C]. 昆明: 云南美术出版社, 1998. 270-317.]
- [21] Lu Shugang, Zhang Guangfei. A Study on the Pteridoflora from Bozhu Mountain, SE Yunnan[J]. Journal of Yunnan University, 1994, 16 (3): 276-280. [陆树刚, 张光飞. 滇东南薄竹山蕨类区系研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1994, 16 (3): 276-280.]
- [22] Wu Delin, Xing Fuwu, Ye Huang, *et al.* Study on the spermatophytic flora of South China Sea Islands[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 1996, 4 (1): 1-22. [吴德邻, 邢福武, 叶华谷, 等. 海南岛屿种子植物区系地理的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(1): 1-22.]
- [23] Fortey R A, Cocks L R M. Biogeography and palaeogeography of the Sibumasu terrane in the Ordovician: A review[A]. In: Hall R, Holbway J D, eds. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia[C]. Leiden: Backhuys Publishers, 1998. 43-56.

NOTES ON THE REALITIES AND SIGNIFICANCES OF THE “TANAKA LINE” AND THE “ECOGEOGRAPHICAL DIAGONAL LINE” IN YUNNAN

ZHU Hua, YAN Li-chun

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

Abstract: Based on comparative studies on four regional floras from northwest, west, south and southeast of Yunnan separately, the significances of two biogeographical lines: “Tanaka Line” and “Ecogeographical Diagonal line” both going from northwest to southeast of Yunnan, are discussed. At family and generic levels, similarity coefficients among the four comparative floras are more than 93% and 60% separately, which indicates the close floristic affinities among them. The highest similarity coefficient, *i. e.* 98.7% in family level and 78.6% in generic level respectively, is found between the regional flora from northwest Yunnan and the flora from southeast Yunnan although the two regions are far away from each other. The regional flora from northwest Yunnan is also the most similar to the regional flora from southeast Yunnan in floristic composition. These results support the idea of “Ecogeographical Diagonal line”. At specific level, the relatively high similarity coefficient is between the regional flora of west Yunnan and the one of south Yunnan. The floristic affinities among the regional floras and distribution patterns of some taxa could be explained by the geological history of Yunnan and the tectonic theory.

Key words: Floristic affinity; Biogeographical lines; Yunnan.