

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2018.50761

朱华. “田中线”及其在生物地理上的运用问题[J]. 植物科学学报, 2018, 36(5): 761–766

Zhu H. The “Tanaka Line” and its application as a biogeographic floristic line[J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(5): 761–766

“田中线”及其在生物地理上的运用问题

朱 华

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

摘 要: 日本学者根据对柑桔种系的地理分布设想了一条从云南西北部(28°N, 98°E)向东南部延伸到越南北部东京湾(大约18°45'N或19°N, 108°E)的分界线, 将其命名为“柑桔分布的田中线”, 简称“田中线”。后来它被认为在区分中国-日本植物分布属与中国-喜马拉雅分布属上具有生物地理意义, 并与一些兰科植物属的分布相结合提出了“田中-楷永线”, 建议将它作为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。一些研究显示该线对一些物种的种群分化和谱系地理有意义, 但主要是气候和地貌引起的环境梯度变化, 不支持它是一条古老的生物地理分界线。另外, 这条“柑桔分布的田中线”本身, 未得到柑桔属内及其近缘属的系统发育关系研究的支持。云南植物区系的生物地理分异明显, 但与“田中线”无显著联系, 在云南植物区系分区上, “田中线”也基本无意义。云南复杂的地质历史、多样的气候和地貌, 影响了植物区系的生物地理分异, 用这条设想的从云南西北部向东南部延伸的斜直线作为一条生物地理界线, 与最近的研究具有不相符性。

关键词: “田中线”; 植物区系线; 生物地理; 分异; 中国西南部

中图分类号: Q948.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2018)05-0761-06

The “Tanaka Line” and its application as a biogeographic floristic line

Zhu Hua

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China)

Abstract: Japanese scholar Tanaka imagined a straight line starting from the crossing point at 28°N, 98°E in northwest Yunnan running diagonally southward to 18°45'N or 19°N, 108°E, which was suggested as the “Tanaka Line of *Citrus* distribution” (“Tanaka Line” (TL)). Later, Chinese scholars considered the TL to have biogeographical significance in distinguishing Sino-Japanese and Sino-Himalayan genera, and combined with the distribution of some orchid genera, proposed the Tanaka-Kaiyong floristic line (TKL) between the Sino-Japanese and Sino-Himalayan floristic sub-kingdoms of the East Asian floristic kingdom. Several studies have revealed that the TKL is meaningful in regard to the phylogeography, genetic isolation, and population differentiation of certain plant species, but mainly due to its role as a climatically- and topographically-driven barrier to present-day plant dispersal, not as a classical vicariant-biogeographic boundary confined to a geo-block. However, the TL is not supported by phylogenetic studies on *Citrus* or related genera. Furthermore, floristic divergence and regionalization do not correspond with the TL in Yunnan. Obviously, climate, topography, and geological history have had comprehensive effects on biogeographical divergence in Yunnan. Thus, as a biogeographical boundary, the TL is inconsistent with recent studies.

Key words: “Tanaka Line”; Floristic line; Biogeography; Divergence; SW China

收稿日期: 2018-07-24, 退修日期: 2018-07-30。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41471051, 31170195, 41071040)。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (41471051, 31170195, 41071040)。

作者简介: 朱华(1960-), 男, 研究员, 主要从事植被与植物区系研究(E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn)。

日本学者田中(Tanaka T.)根据对柑桔种系的地理分布设想了一条从云南西北部向东南部延伸到越南北部东京湾的分界线,命名为“柑桔分布的田中线”(“Tanaka Line of *Citrus* distribution”),简称“田中线”^[1]。中国学者研究了该线两侧中国-喜马拉雅分布属和中国-日本分布属的分布情况,提出“田中线”在区分中国-日本植物区系亚区与中国-喜马拉雅植物区系亚区上具有意义^[2]。郎楷永对兰科植物6个属和1个亚属的地理分布格局进行分析后认为,四川境内的峨眉山和岷江是区分中国-日本植物亚区与中国-喜马拉雅植物亚区的一条分界线^[3]。Li等^[4]结合郎楷永对兰科植物分布的研究,提出了“田中-楷永线”(“Tanaka-Kaiyong Line”),即将“柑桔分布的田中线”与“兰科植物分布的楷永线”连在一起,进一步认为“田中-楷永线”在中国-日本植物亚区与中国-喜马拉雅植物亚区上具有重要意义,认为它可以作为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一条区系线。此后,多位学者依据自己的研究来印证和探讨了“田中线”及“田中-楷永线”^[5-12]。在这些文章中,对该线的理解和运用各不相同,支持和不支持的数据都有,有的文章中绘制的“田中-楷永线”或“田中线”的位置和走向与原始线也不一样。Pang等^[13]用AFLP标记分析了柑桔属内及其近缘属的系统发育关系,建立的系统树并不支持田中对柑桔属从形态学和地理分布上划分的“*Archicitrus*”类群和“*Metacitrus*”类群,也就是说,“柑桔分布的田中线”本身并无系统学意义。

基于以上研究结果,笔者就这条设想的“田中线”的真实性及其在生物地理上的意义作进一步讨论,以供对东亚植物区系,特别是对云南植物区系有兴趣的学者参考。

1 “田中线”及原始含义

日本学者根据对柑桔种系的地理分布设想了一条从云南西北部(28°N、98°E)向东南部延伸到越南北部东京湾(大约18°45'N或19°N、108°E)的分界线,并命名为“柑桔分布的田中线”,在该线以西是柑桔属(*Citrus*)中以他建议的“*Archicitrus*”类群(种类)为主,在该线以东则以“*Metacitrus*”类群(种类)为主,并认为这条线在限定一些东亚植

物区系成分和印度-马来西亚成分的分布上有意义^[1](图1),这就是所谓“田中线”的原始含义。

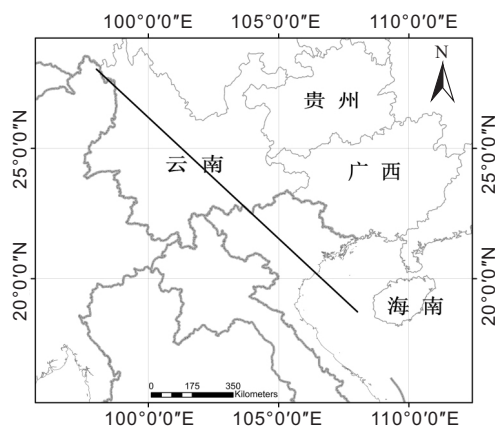


图1 田中线的地理位置

(中国科学院西双版纳热带植物园景观生态实验室绘制)
Fig. 1 Geographical location of the Tanaka Line
(constructed by the Landscape Ecology Lab,
Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS)

2 “田中线”的发展及其在生物地理上的运用

李锡文等^[2]认为“田中线”在区分中国-日本植物亚区与中国-喜马拉雅植物亚区上具有意义。在他们的研究中,云南境内有中国-喜马拉雅分布属104个,在该线以西有42个,该线以东8个,该线两侧,即不严格以该线为分界的有54个属;同样,在云南境内的99个中国-日本分布属中,在该线以西仅有4个,在该线以东有55个,不严格以该线为分界的有40个属。这样就得到两个结论:(1)“田中线”在限定中国-日本与中国-喜马拉雅分布属的分布区边界时具有大的可靠性;(2)中国-日本分布属以田中线为分布西界具有更高的可靠性。后来,郎楷永^[3]根据对兰科植物6个属和1个亚属地理分布格局的分析认为,四川境内以峨眉山和岷江为界,可作为中国-日本植物亚区与中国-喜马拉雅植物亚区的分界线,Li等^[4]提出将“柑桔分布的田中线”与“兰科植物分布的楷永线”连在一起,成为“田中-楷永线”(“Tanaka-Kaiyong line”),并进一步认为“田中-楷永线”可作为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一条区系线。

冯建孟等^[8]利用大尺度植物区系分布信息验证“田中线”存在的真实性,认为“田中线”对中国-日本植物区系分布类型、东亚植物区系分布类型和热带亚洲区系分布类型在云南的分布均具有严

格的限制意义,但对中国-喜马拉雅植物区系分布类型缺乏严格的限制。在一些物种的遗传结构和谱系地理方面,Zhang 等^[7]研究发现,蒴藋薯科(Taccaceae)植物箭根薯(*Tacca chantrieri* Andre)的遗传多样性(杂合性)在“田中线”南段的东边比西边更高。Fan 等^[9]对豆科(Leguminosae)植物苦刺花(*Sophora davidii* Kom. ex Pavol.)的研究发现,苦刺花种群在“田中-楷永线”两侧有显著的谱系地理分化,其分化时间大约是1.28个百万年,这个时间明显晚于喜马拉雅的最后一次抬升,认为该种的谱系地理分化主要因气候因子改变,如季风气候体系引起环境梯度变化,特别是最后一次冰期温度和植被类型的改变所致,不支持原来认为的“田中-楷永线”是一条古老的生物地理分界线的观点。Tian 等^[10]和Ju 等^[12]研究锦葵科(Malvaceae)植物木棉(*Bombax ceiba* Linn.)的谱系地理得出,“田中线”在木棉这个种的遗传隔离和种群分化上有作用,并认为气候和地貌在该种植物的谱系地理分化上有主要作用。叶俊伟等^[11]研究了中国-日本植物区系中的谱系地理间断及其形成机制,认为“田中-楷永线”在一些物种的谱系地理间断上有意义。

这样,所谓“田中线”的生物地理作用,又从田中最初根据对柑桔种系的地理分布设想的“柑桔分布的田中线”,发展到“田中-楷永线”在属的分布格局上,可作为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一条区系线,以及“田中线”对中国-日本植物区系分布类型、东亚植物区系分布区类型和热带亚洲区系分布类型在云南的分布均具有严格的限制意义,又回到它可能仅是对一些种的种下水平的遗传多样性和谱系地理分化有作用的界线。

李锡文等^[2]和Li 等^[4]提出“田中-楷永线”涉及地质历史和植物区系的演化,认为中国-喜马拉雅植物区系的形成与喜马拉雅隆升有关,是年轻的植物区系,而中国-日本植物区系是相对古老的植物区系,二者在起源背景和起源时间上是不同的。然而,Chen 等^[14]利用分子系统学、分子生物地理学、古气候、古地质、古植被等方面的证据,对东亚植物区系的古老性提出问题,将富含古特有或子遗植物的中国-日本森林植物亚区(华中-华东地区为核心)界定为“水杉植物区系(*Metasequoia Flo-*

ra)”;与之对应,又将以杜鹃属(*Rhododendron*)为代表、众多形成物种分化中心的北半球大属集中分布的中国-喜马拉雅森林植物亚区核心区域(横断山-东喜马拉雅地区)命名为“杜鹃植物区系(*Rhododendron* Flora)”,并提出东亚植物区系不是一个古老的植物区系,而是在中新世以后伴随着季风气候的形成与发展而形成的,是一个相对年轻的植物区系;东亚是许多古老子遗植物的避难所,而非起源地;水杉植物区系与杜鹃植物区系有着相同的起源时间^[14]。如果这样的话,“田中-楷永线”作为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一条区系线的支撑基础就削弱了。

基于上述文献的分析研究结果,以及“柑桔分布的田中线”本身并无系统学意义^[13],对这条“柑桔分布的田中线”是否具有真实的、广谱的生物地理意义,还是只在地质历史层面、在属种层面、在种下谱系地理及种群的遗传多样性层面有单一的意义,就变得不明确了。

3 云南植物区系的生物地理分异是否受制于“田中线”

笔者曾通过对云南几个地区植物区系的比较发现,位于“田中线”东南部的滇东南植物区系与西北部的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,但笔者研究结果支持了滇西北-滇东南“植物地理对角线”的观点^[15],而对于田中在其“柑桔分布的田中线”中讨论的“它在限定一些东亚植物区系成分和印度-马来西亚成分的分布上有意义”的地理界限作用并不明显^[5,6]。Zhang 等^[16]依据1996个种的分布资料,结合环境变量,对云南植物区系进行了分区(图2),Li 等^[17]依据对1983个野生植物属的系统发育关系的研究,也建议对云南植物区系进行分区(图3)。在他们的云南植物区系分区图中,只有云南中部地区植物区系的分区看似与“田中线”的位置和走向较接近,但云南西北部和云南东南部在植物区系的分区上与“田中线”无关。Liu 等^[18]利用云南1010个狭义特有种的分布资料划定了云南植物区系分区,其北部地区的滇西峡谷亚区(Ⅲ)与金沙江河谷亚区(Ⅱ)之间及滇中高原亚区(Ⅰ)与澜沧-红河中游

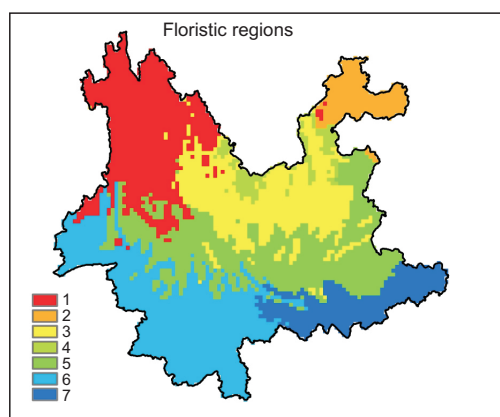


图 2 依据 1996 个植物种的分布资料聚类的云南植物区系分区 (引自 Zhang 等^[16])
Fig. 2 Floristic regions in Yunnan based on the distributions of 1996 plant species (from Zhang *et al.*^[16])



图 3 依据 1983 个野生植物属的系统发育关系建立的云南植物区系分区 (引自 Li 等^[17])
Fig. 3 Floristic regions in Yunnan based on phylogenetic analysis of 1983 native plant genera (from Li *et al.*^[17])

亚区 (V) 之间的区系分界线同“田中线”接近, 其他区系分界线与“田中线”也无关。“田中线”在云南植物区系分区上应无实际意义。

笔者通过对云南热带植物区系的长期考察研究发现, 原始的“田中线”在云南东南部沿红河分界的部分对植物区系分异几乎无意义, 反而在偏其西部的李仙江有明显的植物区系地理隔离作用。在云南热带植物区系中, 有 237 个属见于云南南部、西南部, 但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。云南南部与东南部具有不同的地质历史, 导致它们的植物区系经历了不同的起源与演化历程, 因此我们提出在它们之间存在生物地理界线^[19-21], 这条

界线与“田中线”并不一致, 但与 Zhang 等^[16]、Li 等^[17]及 Liu 等^[18]分别利用 1996 个种的分布资料、1983 个野生植物属的系统发育关系的研究资料及云南 1010 个狭义特有种的分布资料划出的云南植物区系分区, 在云南南部与东南部的分界比较接近或吻合。

因此, 所谓“田中线”在云南植物区系上的分区, 可能仅在云南中部的线段有作用。当初设想“柑桔分布的田中线”时, 原作者可能参考了云南的地质板块构造, 它的走向与南中国板块的边缘缝合线大概一致^[22]。既然“田中线”的走向与南中国板块的边缘缝合线大概一致, 它对一些中国-日本植物分布属的分布西界具有限制作用, 具体来说它应在云南中部的地段, 具有一定的生物地理意义。毕竟板块边缘缝合线的地质历史太远古, 对现今植物区系的影响有限。笔者在研究的基础上提出, 自第三纪以来, 随着喜马拉雅的隆升, 云南发生了 3 个主要地质事件: (1) 西北部地区发生了快速抬升; (2) 印度支那地质板块向东南亚逃逸; (3) 兰坪-思茅地质板块发生了顺时针旋转和南移, 明显影响了云南植物区系的形成与演化^[23-25]。

4 结论

日本学者根据对柑桔种系的地理分布设想了一条从云南西北部向东南部延伸到越南北部东京湾的分界线, 命名为“柑桔分布的田中线”, 简称“田中线”。后来中国学者认为“田中线”在区分中国-日本植物区系亚区与中国-喜马拉雅植物区系亚区上具有意义, 并结合对一些兰科植物属的研究, 提出了“田中-楷永线”, 认为它可以作为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一条区系线。通过对分布于“田中线”两侧的一些种类进行谱系地理和遗传多样性研究, 发现该线对它们的种群分化和谱系地理上有意义, 但认为导致这种遗传隔离的主要因素是气候因子、地形地貌的改变, 并不支持原来认为的“田中-楷永线”是一条古老的生物地理分界线。支持“田中线”作为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一条区系线, 一方面是基于传统上对东亚植物区系起源与演化历史的认识, 即中国-喜马拉雅植物区系的形成与喜马拉雅隆升有关, 是年轻的植物区系, 而

中国-日本植物区系是相对古老的植物区系,二者在起源背景和起源时间上是不同的;另一方面,该线的位置和走向与南中国板块的边缘缝合线基本一致。也有作者通过分子系统学、分子生物地理学、古气候、古地质、古植被等方面的研究,提出东亚植物区系不是一个古老的植物区系,而是在中新世以后伴随着季风气候的形成与发展而形成的,并认为所谓的中国-喜马拉雅植物区系(杜鹃植物区系)与中国-日本植物区系(水杉植物区系)有着相同的起源时间,这在一定程度上否定了“田中线”在划分中国-喜马拉雅植物区系和中国-日本植物区系上的意义。笔者通过对云南植物区系的研究发现,云南植物区系的生物地理分异明显,但似乎不受制于“田中线”。Zhang 等^[16]、Li 等^[17]及 Liu 等^[18]对云南植物区系分区的研究结果也几乎与“田中线”不相符。笔者认为喜马拉雅的隆升及伴随印度支那地质板块向东南亚逃逸与兰坪-思茅地质板块发生了顺时针旋转和南移,明显影响了云南植物区系的形成与演化。将“田中线”这条设想的从云南西北部向东南部延伸到越南北部东京湾的斜直线,作为生物地理学界限,还值得商榷。云南由多个地质板块构成,自新生代以来,随着印度板块推挤,喜马拉雅隆升,发生了地质板块的移动、旋转、挤压、地形地貌改变及伴随气候变化,都会影响生物区系的演化。大致从云南西北部向东南部延伸的地质构造带,对云南的生物区系演化可能或多或少有影响,但是否构成生物地理分界,仍需研究。总之,用这条设想的从云南西北部向东南部延伸到越南北部东京湾的斜直线作为一条生物地理界线,具有较多不相符性。

参考文献:

- [1] Tanaka T. Species problem in Citrus [M]. Tokyo: Japanese Society for the Promotion of Science, 1954: 58-69.
- [2] 李锡文,李捷. 从滇产东属的分布论述“田中线”的真实性和意义[J]. 云南植物研究, 1992, 14(1): 1-12.
Li XW, Li J. 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.
- [3] 郎楷永. 兰科植物区系中一些有意义属的地理分布格局的研究[J]. 植物分类学报, 1994, 32(4): 328-339.
Lang KY. Studies on the distribution patterns of some significant genera in orchid flora [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1994, 32(4): 328-339.
- [4] Li XW, Li J. The Tanaka-Kaiyong Line — An important floristic line for the study of the flora of East Asia[J]. *Ann Mo Bot Gard*, 1997, 84(4): 888-892.
- [5] Zhu H, Yan LC. A discussion on biogeographical lines of the tropical-subtropical Yunnan [J]. *Chin Geogr Sci*, 2002, 12(1): 90-96.
- [6] 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.
Zhu H, Yan LC. Notes on the realities and significances of the “Tanaka line” and the “Ecogeographical diagonal line” in Yunnan[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(6): 871-877.
- [7] Zhang L, Li QJ, Li HT, Chen J, Li DZ. Genetic diversity and geographic differentiation in *Tacca chantrieri* (Taccaceae): an autonomous selfing plant with showy floral display[J]. *Ann Bot*, 2006, 98: 449-457.
- [8] 冯建孟, 朱有勇. 也论“田中线”及其生物地理意义[J]. 生态学杂志, 2010, 29(1): 1-7.
Feng JM, Zhu YY. Tanaka line and its biogeographical significance: A further discussion[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(1): 1-7.
- [9] Fan DM, Yue JP, Nie ZL, Li ZM, Comes HP, Sun H. Phylogeography of *Sophora davidii* (Leguminosae) across the “Tanaka-Kaiyong Line”, an important phytogeographic boundary in southwest China[J]. *Mol Ecol*, 2013, 22(16): 4270-4288.
- [10] Tian B, Zhou Z, Du FK, He C, Xin P, Ma H. The Tanaka line shaped the phylogeographic pattern of the cotton tree (*Bombax ceiba*) in southwest China [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2015, 60: 150-157.
- [11] 叶俊伟, 张阳, 王晓娟. 中国-日本植物区系中的谱系地理间断及其形成机制[J]. 植物生态学报, 2017, 41(9): 1003-1019.
Ye JW, Zhang Y, Wang XJ. Phylogeographic breaks and the mechanisms of their formation in the Sino-Japanese floristic region [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2017, 41(9): 1003-1019.
- [12] Ju MM, Fu Y, Zhao GF, He CZ, Li ZH, Tian B. Effects of the Tanaka Line on the genetic structure of *Bombax ceiba* (Malvaceae) in dry-hot valley areas of southwest China [J]. *Ecol Evol*, 2018, 8(7): 1-10. doi: 10.1002/ece3.3888.
- [13] Pang XM, Hu CG, Deng XX. Phylogenetic relationships within *Citrus* and its related genera as inferred from AFLP markers[J]. *Genet Resour Crop Ev*, 2007, 54(2): 429-436.
- [14] Chen YS, Deng T, Zhou H, Sun H. Is the East Asian flora ancient or not? [J]. *Natl Sci Rev*, 2017. doi: 10.1093/nsr/

- nwx156.
- [15] 李恒,何大明, Bruce Bartholomew, 龙春林. 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.
Li H, He DM, Bartholomew B, Long CL. 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.
- [16] Zhang MG, Zhou ZK, Chen WY, Slik JWF, Cannon CH, Raes N. Using species distribution modeling to improve conservation and land use planning of Yunnan, China[J]. *Biol Conserv*, 2012, 153: 257-264.
- [17] Li R, Kraft NJB, Yang J, Wang YH. A phylogenetically informed delineation of floristic regions with in a biodiversity hot spot in Yunnan, China [J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: 9396. doi: 10.1038/srep09396.
- [18] Liu ZW, Peng H. Notes on the key role of stenochoric endemic plants in the floristic regionalization of Yunnan [J]. *Plant Diversity*, 2016, 38: 289-294.
- [19] 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 H. A new biogeographical line between south Yunnan and southeast Yunnan [J]. *Advance in Earth Science*, 2011, 26(9): 916-925.
- [20] Zhu H. The floras of southern and tropical southeastern Yunnan have been shaped by divergent geological histories [J]. *PLoS One*, 2013, 8(5): e64213.
- [21] Zhu H. A biogeographical study on tropical flora of southern China [J]. *Ecol Evol*, 2017, 7(23): 10398-10408.
- [22] Fortey RA, Cocks LRM. Biogeography and palaeogeography of the Sibumasu terrane in the Ordovician: a review [C]//Hall R, Holloway JD eds. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia. Leiden: Backbuys Publishers, 1998: 43-56.
- [23] Zhu H. Biogeographical divergence of the flora of Yunnan, southwestern China initiated by the uplift of Himalaya and extrusion of Indochina block [J]. *PLoS One*, 2012, 7(9): e45601.
- [24] Zhu H. Geographical patterns of Yunnan seed plants may be influenced by the clockwise rotation of the Simao-Indochina Geoblock [J]. *Front Earth Sci*, 2015, 3: 53.
- [25] 朱华. 云南植物区系的起源与演化 [J]. 植物科学学报, 2018, 36(1): 32-37.
Zhu H. On the origin and evolution of the flora of Yunnan [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(1): 32-37.

(责任编辑: 张平)