

文章编号: 1001-1498(2008)05-0599-06

胶蚧属 7种紫胶虫的支序系统学分析

陈 航, 陈晓鸣*, 冯 颖, 杨子祥

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所; 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要:用支序分析方法讨论了 7种紫胶虫之间的系统发育关系, 选择肛突长度、膊背高度等 22个形态性状, 进行支序分析, 得出 7种紫胶虫系统发育关系图。结果显示: 中华紫胶虫的形态较为特殊, 与其它 6种差异较大, 最先从群体中分化出来, 是最原始的种类; 其它 6种紫胶虫稳定地分化为两大支系: 信德紫胶虫与紫胶蚧构成一个支系, 二者在外部形态结构上有许多相似的地方, 形成紧密的姐妹群关系, 主要分布在印度次大陆热带地区, 属于较原始的种类; 在另一支系中, 尼泊尔紫胶虫首先分化出来, 也属于比较原始的种类; 普萨紫胶虫紧随其后分化出来; 田紫胶虫与云南紫胶虫最后分化出来, 是最进化的物种, 同时它们在形态结构上相似, 形成姐妹群关系, 这 4种紫胶虫主要分布在欧亚板块的热带、亚热带地区。紫胶虫的外部形态与其地理分布及生境有着密切的关系。

关键词: 胶蚧属; 紫胶虫; 支序分析; 系统发育; 进化关系

中图分类号: S899. 2

文献标识码: A

Cladistic Analysis of Phylogenetic Relationships among 7 Species of Lac Insects (Homoptera: Tachardiidae)

CHEN Hang, CHEN Xiaoming, FENG Ying, YANG Zi-xiang

(Research Institute of Resource Insect, CAF; Key Laboratory of Cultivating and Utilization of Resources Insects of State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Based on the morphological study, 22 apomorphies including the length of anal tubercle and height of branchia were selected for the attempt to interpret the phylogenetic relationships among seven species of lac insects by a cladistic approach in this study. Results show that *K. chinensis* is the earliest diverging member in case of its special morphological characters. The other six species are stably divided into two natural groups. In one group, *K. sindica* and *K. lacca* have the closest relationship and formed as sister taxon with much similarity in morphology. The two species both distribute in tropical zone of India subcontinent and belong to primitive species. In the other group, *K. nepalensis* is the archaic diverging member followed by *K. pusana*. *K. nuralis* and *K. yunnanensis* are the newest species with similar morphology and form a sister group. The latter four species mainly distribute in tropical and sub-tropic zones of Asia and Europe. The external morphology of lac insects have close relationship with their geographic distribution and living surroundings.

Key words: *Kerria*; Lac insect; cladistic approach; phylogeny; evolutionary relationship

紫胶虫是一类植食性的介壳虫, 属同翅目 (Homoptera) 胶蚧科 (Tachardiidae) 胶蚧属 (*Kerria*), 具有重大的经济价值。紫胶虫的分类系统主要用雌成虫的形态特征来进行描述和鉴定, 紫胶虫雌成虫无头、

收稿日期: 2008-01-10

基金项目: 国家自然科学基金“紫胶虫种质资源库建立及紫胶虫遗传规律研究”(30371165)、国家科技支撑计划 2006BAD06B07 和国家攻关 (2004BA502B04) 项目部分研究内容

作者简介: 陈航 (1977—), 男, 四川万源人, 博士, 主要从事资源昆虫学相关研究。

* 通讯作者

胸、腹分界和体节,缺乏翅、眼和腿,触角微小而退化,因此在传统分类学上一般选用膊背、前气门、肛突与背刺等作为主要分类特征^[1]。

对于蚧科各属、种间的分类研究,前人作了大量的工作。Targioni-Tozzetti和 Signoret最早提出将蚧科类昆虫分为现代概念的科(Coccoidea)^[2]; Varshney将紫胶虫雌虫具有的背腹刺、膊背和树脂或非树脂分泌物胶壳的特征作为紫胶虫分类的重要依据,对胶蚧科分类进行了系统的整理^[3]; Gilimée^[4]研究了蚧科 19 属 23 种雄成虫形态特征,认为应分为 4 个属群; Hodgson^[5]重新研究了世界已知蚧科各属模式种雌成虫,建议将蚧科分为 10 个亚科。国内汤昉德^[6]记录了我国胶蚧科 2 属 6 种昆虫,在对雌虫研究基础上将蚧科分为 4 亚科,6 族,10 亚族。王子清等^[7]首次报道了田紫胶虫(*K. nuralis*)的形态、生活史及生态条件,明确指出田紫胶虫为胶蚧属一新种,与紫胶蚧(*K. lacca*)是同域生活的近缘种。陈晓鸣等^[8]对 4 种紫胶虫的雄性外生殖器进行了比较,发现其差异主要表现在阳茎的大小上。欧炳荣等^[9-10]分别对紫胶蚧与国内生产种进行光学显微和电镜扫描的观察对比,发现国内生产种与紫胶蚧在膊器、膊筛、肛上板等形态特征上存在显著区别,并将国内紫胶虫鉴定为一个新种,定名为云南紫胶虫(*K. yunnanensis*)。陈晓鸣^[1]对紫

胶虫进行了系统分类研究,建立了胶蚧科已知种类检索表,同时对其中所包含的 2 个亚科、5 个属以及所有 19 个种进行了系统分类;但是,运用支序分析研究紫胶虫各种间的亲缘关系,目前国内尚无报道。

由于支序分析在分类和推断系统发育关系具有较高的可重复性和严格性,因此这一方法已被越来越多的昆虫学家接受和采用^[11-13]。本文采用支序分析原理和方法,运用 PAUP (version 4.0b10) 软件^[14]对胶蚧属 7 种紫胶虫的系统发育关系进行分析,结合生物地理学的研究成果探讨各种间的进化和亲缘关系,有利于澄清目前几个有争议的近缘种分类地位,对进一步求证这 7 个种的演化历史、地理区划以及胶蚧属系统发育有着重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料来源

供试的紫胶虫标本均为雌性成虫,分别采自中国林科院资源昆虫所元江试验站、景东试验站和昆明温室(标本的种类、数量、寄主、采集时间与地点见表 1)。采集后将虫体从寄主植物上分离,用酒精溶解虫体表面的胶质,然后将虫体浸泡在无水乙醇中,放置在 4℃ 冰箱中保存备用,并依据其形态特征用传统分类学方法进行鉴定^[1]。

表 1 7 种紫胶虫样本采集的基本情况

种名	寄主树	样本数	采集地点	采集时间	原产地
云南紫胶虫 (<i>K. yunnanensis</i> Ou et Hong)	秧青 (<i>Dalbergia assamica</i> Benth)	50	云南景东	2004-07	中国景东
紫胶蚧 (<i>K. lacca</i> Kerr (兰吉尼))	滇刺枣 (<i>Zizyphus mauritiana</i> Lam.)	50	云南元江	2005-06	印度
中华紫胶虫 (<i>K. chinensis</i> Mahdihassan)	荔枝 (<i>Litchi chinensis</i> Sonn.)	50	云南元江	2004-11	泰国
尼泊尔紫胶虫 (<i>K. nepalensis</i> Varshney)	大叶千斤拔 (<i>Floringia macrophylla</i> Wil.)	50	云南元江	2003-12	缅甸
普萨紫胶虫 (<i>K. pusana</i> Misra)	苏门答腊金合欢 (<i>Acacia montana</i> Benth)	50	云南元江	2005-06	缅甸
田紫胶虫 (<i>K. nuralis</i> Wang (红色型))	铁藤 (<i>Pueraria tonkinensis</i> Gagn.)	50	云南普文	2003-08	中国西双版纳
信德紫胶虫 (<i>K. sindica</i> Mahdihassan)	聚果榕 (<i>Ficus racemosa</i> Linn.)	50	云南元江	2005-06	孟加拉国

1.2 实验方法

1.2.1 玻片标本的制作 将需要解剖的雌成虫置于具有凹表面的玻片上,用酒精洗净虫体表面紫胶余物,再用蒸馏水清洗至虫体洁净,再放入盛有 5% 氢氧化钾溶液的离心管中,用水浴锅保持在 75℃ 环境下约 10~15 min,使虫体透明;将处理过的虫体移入解剖盘内并在虫体侧用解剖针刺破,然后在体视显微镜下用解剖针轻轻压出内含物,用蒸馏水洗净虫体;将洗净的虫体转入另

一只培养皿内,加 2~3 滴活性染料,染色 7~10 min,然后用蒸馏水洗去多余染料;用混合液进行 2 次脱水,每次 1 min;分别使用丁香油、丁香油与冰乙酸混合液(1:1 体积比)浸润虫体 2~3 min;将虫体移到载玻片上,按其形态特征整好形,盖上玻片盖,用封口胶封片。

1.2.2 形态特征的观察与测量 在体视显微镜下对 7 种紫胶虫的外形特征进行系统观察与比较,并同时使用 Leica M50 软件对各个局部特征进行拍

照;选择肛突长度、膊背抬起的高度等 22 个需要测量的特征,根据虫体大小和 Leica M50 软件里可测量的倍数参数,选择合理的放大倍数,用软件里的测量工具进行测量;每种分别随机选取 30 个个体来进行测量,记录所测量的数据并在 Excel 软件下得出每一种个体体征测量结果的平均值。

1.2.3 分类特征的选择与极性确定 以格氏紫胶虫、杨梅翠胶蚧与白色角胶蚧作为复合外类群,根据外群比较法以及胶蚧属内性状的一般演化规律来确定性状的极性,以“0”代表祖征 (plesiomorphy) 和“1、2”代表衍征 (apomorphy)^[11]。根据性状论证的结果,对原始的测量数据进行赋值调整,为输入分析软件作好准备。在特征分析中,将测量的数据转化为由 0、1、2 等实数组成的矩阵。

1.2.4 聚类分析 用 PAUP (version 4.0b10) 软件对原始数据矩阵进行分析处理,使用最大简约法 (Maximum parsimony method, MP 法) 建立系统发育树。分析使用分支限界式搜索 (branch-and-bound) 搜寻最优树。当用 MP 法构建好系统发育树后,采用自展检验法 (bootstrap test) 来估计系统树中节点的置信值,从而确定系统树上各分支的可靠性。

2 结果与分析

2.1 进化关系

7 种紫胶虫分别选取 30 个个体来进行测量,得出每一种各体征测量平均值 (表 2)。根据性状论证的结果,对原始的测量数据进行赋值,在选取的 22 个特征中,二态性状有 14 个,多态性状有 8 个 (表 3);在特征分析中,将测量的数据转化为由实数组成的矩阵 (表 4)。对数据进行分支限界式搜索 (branch-and-bound),得到树长为 49 步的最大简约树 (一致性指数 CI 0.612 2;保留指数 RI 0.627 5;尺度化一致指数 RC: 0.384 2),所有分枝的支持率均超过 60% (图 1),说明得出的结果有较高的可信度。从拓扑结构可以看出,中华紫胶虫形态特征较为特殊,首先从群体中分化出来,是最为原始的种类;其它 6 种紫胶虫又分成两大支系:信德紫胶虫、紫胶蚧具有紧密的姐妹群关系,汇聚在一起形成一个进化枝,属于较原始的姐妹群;在另一个支系中,尼泊尔紫胶虫最早从群体中分离出来,普萨紫胶虫随后分化出来,而田紫胶虫和云南紫胶虫最后分化出来,为最进化的虫种,二者关系紧密,形成姐妹群 (图 1)。

表 2 7 种紫胶虫各形态特征的测量值比较

形态特征	云南紫胶虫	紫胶蚧	普萨紫胶虫	尼泊尔紫胶虫	信德紫胶虫	中华紫胶虫	田紫胶虫
肛突长 /mm	0.22	0.48	0.10	0.62	0.31	0.71	0.16
肛突宽 /mm	0.22	0.43	0.17	0.41	0.40	0.45	0.30
肛突长宽比	1.00	1.12	0.59	1.51	0.78	1.58	0.53
肛突臀瓣刚毛数量 /根	8.80	3.90	8.03	9.66	5.00	6.40	8.90
肛突臀瓣刚毛长度 /mm	0.22	0.16	0.17	0.22	0.16	0.22	0.22
体长 /mm	1.41	2.51	1.00	2.70	2.62	6.34	1.36
体宽 /mm	1.04	2.51	0.80	1.69	1.83	2.25	0.99
体长 /体宽	1.35	1.00	1.25	1.60	1.43	2.82	1.37
背刺长度 /mm	0.18	0.17	0.13	0.18	0.12	0.19	0.14
背刺长度 /膊背凹陷长	1.50	1.06	1.63	1.80	0.92	1.58	1.40
背刺基部宽度 /mm	0.07	0.13	0.04	0.10	0.13	0.12	0.06
背刺基部长度 /mm	0.04	0.18	0.04	0.11	0.16	0.24	0.05
背刺长 /刺基长度	4.50	0.94	3.25	1.64	0.75	0.79	2.80
前气门角质化痕迹长度 /mm	0.08	0.12	0.01	0.18	0.14	1.26	0.00
前气门距膊背的距离 /mm	0.06	0.37	0.07	0.25	0.15	0.36	0.08
前气门长度 /mm	0.22	0.19	0.16	0.18	0.16	0.16	0.22
前气门宽度 /mm	0.12	0.11	0.09	0.12	0.11	0.11	0.14
膊背抬起的高度 /mm	0.03	0.31	0.00	0.29	0.18	0.60	0.01
膊背坑的数量 /个	11.07	9.33	6.23	0.00	5.93	7.10	6.10
膊背凹陷长 /mm	0.12	0.16	0.08	0.10	0.19	0.12	0.10
膊背凹陷宽 /mm	0.10	0.14	0.07	0.07	0.13	0.09	0.08
膊背面积 /mm ²	0.04	0.07	0.02	0.04	0.05	0.05	0.03
围阴孔群数量 /个	24.60	16.03	14.57	19.24	15.17	16.07	23.73
口器长 /mm	0.64	0.37	0.70	0.46	0.51	0.60	0.39
幕骨宽 /mm	0.17	0.15	0.13	0.15	0.16	0.16	0.16
后口突宽 /mm	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09

表 3 紫胶虫种间分类特征赋值结果与极化方向

编号	形态特征	特征状态值 (括号内为赋值)			极化方向
1	肛突长宽比	大于 1(0);	等于 1(1);	小于 1(2)	0 1 2
2	臀瓣刚毛数量	大于 7根(0);	小于 7根(1)		0 1
3	臀瓣刚毛长度	大于 0.19 mm(0);	小于 0.19 mm(1)		0 1
4	体长	大于 2.56 mm(0);	2.56~1.82 mm(1);	小于 1.82 mm(2)	0 1 2
5	体宽	大于 1.82 mm(0);	1.82~1.58 mm(1);	小于 1.58 mm(2)	0 1 2
6	体长/宽	1.0~1.25(0);	1.25~2.0(1);	大于 2.0(2)	0 1 2
7	背刺长度/凹陷长	大于 1(0);	小于 1(1)		0 1
8	背刺长/刺基长	小于 1(0);	大于 1(1)		0 1
9	背刺基部宽度	大于 0.09 mm(0);	小于 0.09 mm(1)		0 1
10	角质化痕迹长度	大于 0.26 mm(0);	小于 0.26 mm(1);	等于 0(2)	0 1 2
11	前气门距膊背的距离	大于 0.19 mm(0);	小于 0.19 mm(1)		0 1
12	前气门长度	小于或等于 0.18 mm(0);	大于 0.18 mm(1)		0 1
13	前气门宽度	小于 0.11 mm(0);	大于或等于 0.11 mm(1)		0 1
14	膊背抬起高度	大于 0.20 mm(0);	0.20~0.01 mm(1);	0~0.01 mm(2)	0 1 2
15	膊背中坑的数量	大于 7个(0);	7~1个(1);	0(2)	0 1 2
16	膊背凹陷长	小于或等于 0.12 mm(0);	大于 0.12 mm(1)		0 1
17	膊背凹陷宽	小于 0.11 mm(0);	大于 0.11 mm(1)		0 1
18	膊背凹陷的面积	小于或等于 0.04 mm ² (0);	大于 0.04 mm ² (1)		0 1
19	围阴孔群数量	小于 18个(0);	大于 18个(1)		0 1
20	口器长	大于 0.52 mm(0);	小于 0.52 mm(1)		0 1
21	幕骨宽	大于 0.15 mm(0);	等于 0.15 mm(1);	小于 0.15 mm(2)	0 1 2
22	后口突宽	大于 0.085 mm(0);	小于 0.085 mm(1)		0 1

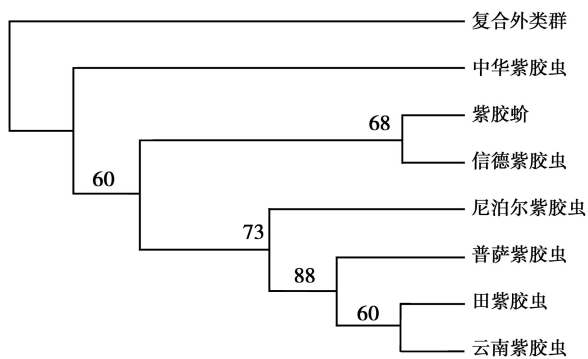


图 1 基于形态学特征构建的 7 种紫胶虫系统发育关系 (各分枝上面的数值代表 MP 支持率)

表 4 7 种紫胶虫支序分析原始矩阵

分类单元	特征状态
云南紫胶虫	10022 10111 11110 00010 00
紫胶蚧	01110 00001 01100 11101 11
信德紫胶虫	20122 10111 10021 00000 21
尼泊尔紫胶虫	00001 10101 00102 00011 11
普萨紫胶虫	21100 11001 10111 11101 00
中华紫胶虫	01000 20001 00100 00100 00
田紫胶虫	20022 10112 11121 00011 00
复合外类群	00000 00000 00000 00000 00

2.2 亲缘关系

在形态特征上,中华紫胶虫与其它 6 种紫胶虫存在较大的差异:首先,中华紫胶虫体型在所收集到

的虫种中最大,其体长变幅为 5.34~7.20 mm,平均值为 6.34 mm,而其它种体长仅为 1.00~2.70 mm,不及它的二分之一(表 2);其次,中华紫胶虫的体长与体宽的比值为 2.82,体型为明显的长梭形,而其它种体长与体宽相近,体型呈球状或椭球状;另外,中华紫胶虫前气门下方角质化痕迹延长并骨化,其角质化痕迹长约 1.26 mm,明显长于其它种(0.00~0.18 mm);且中华紫胶虫膊背抬起高度为 0.60 mm,明显高于其它种类(表 2)。因此,它与其它 6 种紫胶虫外形差异较大,首先从群体中分化出来,形成单独的支系。

信德紫胶虫与紫胶蚧在外部形态结构上具有许多相似的地方:首先,二者在虫体大小上较为接近,外形均为球状或椭球状;其次,2 种紫胶虫凹陷大小相似,膊背均明显抬起,凹陷上的坑清晰可辨,且膊背面积都较大,其中,紫胶蚧膊背面积为 0.07 mm²,为 7 种中的最大值,信德紫胶虫膊背面积为 0.05 mm²,仅小于前者。另外,二者的臀瓣刚毛较为稀疏,数量均小于 6,刚毛长度同为 0.16 mm。此外,二者还在前气门宽度、角质化痕迹、背刺基部宽度、围阴孔群数量等方面十分近似,所以,2 个种的亲缘关系最为密切,在系统发育上呈现出姐妹群的关系,共同形成一个支系,与其它种类区别开来。

在另一支系中,云南紫胶虫与田紫胶虫的亲缘关系密切,在外部形态上二者较为相似:除在体形大小较为接近以外,还具有膊臂紧贴体壁,抬起不明显,前气门紧靠膊臂,前气门角质化痕迹退化、背刺不发达等共同特征。此外,二者在刚毛数量与长度、前气门长度与宽度、膊臂面积、膊臂凹陷的长与宽以及幕骨宽度上也相近似,因此,形成紧密的姐妹群关系。普萨紫胶虫体型比前 2 种紫胶虫略小,膊背抬起不明显,前气门紧靠膊臂,与前 2 种近似,而且在臀瓣刚毛数量上也与云南紫胶虫、田紫胶虫相近;但是,普萨紫胶虫肛突的长、宽均小于前 2 种,围阴孔群数量在 7 个物种中最少,这与前 2 种紫胶虫存在较大的差异,因此与前 2 种分离开来。尼泊尔紫胶虫肛突发育很好,明显分为 2 节,是与其它种区别的标志特征;同时尼泊尔紫胶虫的臀瓣刚毛数量和长度是 7 种中的最高值,背刺发达,前气门角质化痕迹较长,仅短于中华紫胶虫;此外,尼泊尔紫胶虫抬起高度为 0.29 mm,较为明显,膊陷中的坑模糊不清难以计数,前气门远离膊背,这些特征与同一分支中的其它 3 种紫胶虫有着显著的区别,因此在分支中最早分化出来,与其它 3 种的亲缘关系较为疏远。

3 讨论

紫胶虫主要分布于亚洲的热带、亚热带地区和澳大利亚,大致分布在 $77^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 、 $8^{\circ}\text{N} \sim 26^{\circ}\text{N}$ 范围内,其中主要集中分布于东南亚、南亚地区。在长期的进化过程中,紫胶虫形成了独特的对生态环境的适应性^[15]。中华紫胶虫主要分布于泰国的北部和东北部,年均气温在 $24 \sim 27^{\circ}\text{C}$,年降水量为 $1\,300 \sim 2\,000\text{ mm}$ ^[11]。紫胶蚧原分布于印度、巴基斯坦、尼泊尔、孟加拉国、斯里兰卡等国,20 世纪 90 年代从国外引进我国。试验结果表明,在我国紫胶蚧适宜的生态环境主要位于云南省的干热河谷地区和南部河谷两侧的热区,一般海拔高度在 800 m 以下,年均气温在 22°C 以上,年降水量为 $400 \sim 1\,200\text{ mm}$ ^[16]。信德紫胶虫原分布于巴基斯坦信德省,主要位于印度河下游的海德拉巴和卡拉奇河谷地区,年均气温在 22°C 以上,最高气温可达 43°C 以上,年降水量在 200 mm 左右,属于干热河谷气候类型^[17-18]。云南紫胶虫分布于无量山、哀劳山地区及哀劳山东部地区,海拔 $600 \sim 1\,500\text{ m}$,年均气温在 $14 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右^[15]。田紫胶虫是中国特有种,原分布地为云南省西双版纳普文,为南亚热带湿润型气候类型,年均气

温在 20°C 以上,年降水量为 $1\,300 \sim 1\,500\text{ mm}$,高温、高湿是这个地区的主要气候特征^[7]。普萨紫胶虫主要分布于缅甸北部东枝、腊叙和眉苗地区,海拔 $1\,300\text{ m}$ 左右;尼泊尔紫胶虫分布于缅甸南部 5 个低海拔地区,海拔在 200 m 左右^[11]。

信德紫胶虫、紫胶蚧和中华紫胶虫的原产地气候均属热带类型,年均气温在 22°C 以上。这 3 种热带种的共同特征为一般体型较大、膊背均明显抬起、凹陷上的坑清晰可辨、前气门下方角质化痕迹延长并骨化、围阴孔群数量较少以及臀瓣刚毛较为稀疏。同时信德紫胶虫、紫胶蚧主要分布于干热河谷地区,年降水量在 $1\,200\text{ mm}$ 以下,而中华紫胶虫则分布于高温、高湿地带,年降水量为 $1\,300 \sim 2\,000\text{ mm}$ 。它与前 2 种也有一些形态上的差别:中华紫胶虫的体长约等于体宽的 3 倍,呈长梭状,而前二者体长与体宽比值小于 1.5,虫体呈球状或椭球状;其次,中华紫胶虫的背刺较为发达,背刺基部长度明显长于前 2 种;它的臀瓣刚毛长度也明显长于前 2 种,为 7 种中最大值;同时,中华紫胶虫的膊背凹陷较前 2 种显得狭窄。田紫胶虫和云南紫胶虫主要分布地为南亚热带湿润型气候类型。它们的共同特征为一般体型较小、膊背面积较小、膊背紧贴体壁,抬起不明显、前气门紧靠膊臂、前气门下方角质化痕迹退化、围阴孔群数量较多以及臀瓣刚毛较为密集。不同虫种在形态结构上存在较大的差异,这可能与这不同虫种所在独特的热带、亚热带或干旱、半干旱以及湿润气候生态环境有关。在长期的进化过程中,不同的紫胶虫种类对生态环境产生了不同的适应机制,并逐渐形成形态学上的一些差异,积累下来形成了目前的系统关系。

另外,从昆虫地理区系划分,紫胶虫的分布范围从属于古北区、东洋区和澳洲区^[19]。从板块构造上,信德紫胶虫与紫胶蚧原产地为孟加拉国、印度,属于印度次大陆;其它 5 种紫胶虫来自中国云南省、泰国和缅甸北部,属欧亚大陆板块。地质研究的结果表明,在三叠纪中期(约 2.1 亿年前),世界上所有的陆地仍还是浑然一体的,称为联合古陆。随后联合古陆彼此横向裂开,分裂形成 2 个大陆:古南大陆(瓦岗那大陆)与古北大陆(劳亚古陆)。在三叠纪末期(约 1.9 亿年前),印度板块(印度次大陆)与古南大陆分开,开始长距离北移,与古北大陆的欧亚板块碰撞并插入,造成青藏高原隆起与古地中海西退^[20]。

昆虫的进化是在石炭纪(约 3 亿年前),它们在联合古陆上发展起来,当时那些原始的昆虫,包括无翅类和有翅类,都有一个世界范围类的分布。据已有的化石记录,最古老的昆虫化石发现于古生代泥盆纪层积岩中,距今约 3.5~4.0 亿年以前;而蚘虫化石最早可见于古生代石炭纪晚期,约 2 亿年前^[21]。也就是说,在印度板块与欧亚大陆合并之前,蚘虫类已在 2 块大陆上长期隔离生存^[22],虽然它们起源于联合大陆的共同祖先,但各自独立的环境,使得在长期的进化过程中保持了各异的形态特征,形成了 2 个不同的支系。由于信德紫胶虫与紫胶蚘生活在印度板块,印度板块与欧亚大陆的长期分离,完全或几乎完全阻断这 2 种与其它种类紫胶虫之间的基因交流,促使两大类群在遗传上发生分化,当类群在遗传上的差异积累一定程度时,就出现生殖隔离,在自然选择的推动下,沿着不同的方向进化,从而形成了新的支系,这可能就是信德紫胶虫、紫胶蚘与其它紫胶虫亲缘关系较远的原因。

参考文献:

- [1] 陈晓鸣. 紫胶虫生物多样性研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2005
- [2] 谢映平, 郑乐怡, 薛皎亮, 等. 蚘科昆虫的蜡分泌物超微结构和化学成分 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006
- [3] Varshney R K. Taxonomic studies on lac insects of India (Homoptera: Tachardiidae) [J]. *Orient Insects (supplement)*, 1976 (5): 1 - 97
- [4] Gilimee J H. Morphology and taxonomy of adult males of the family Coccidae (Homoptera: Coccidae) [J]. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology Supplement*, 1967 (7): 1 - 168
- [5] Hodgson C J. The scale insect family Coccidae, an identification manual to genera [M]. Wallingford, CAB International, 1994
- [6] 汤枋德. 中国蚘科 [M]. 太原: 山西高校联合出版社, 1991
- [7] 王子清, 姚德富, 崔士英, 等. 胶蚘属一新种极其生物学研究初报 (同翅目: 胶蚘科) [J]. *林业科学*, 1982, 19(1): 53 - 57
- [8] 陈晓鸣, 王绍云, 毛玉芬, 等. 四种紫胶虫雄性外生殖器观察及初步杂交试验 [J]. *林业科学研究*, 1992, 5(2): 236 - 238
- [9] 欧炳荣, 洪广基. 紫胶虫外部形态扫描电镜观察 [J]. *林业科学研究*, 1990, 3(2): 133 - 136
- [10] 欧炳荣, 洪广基. 云南紫胶蚘新种记述 [J]. *昆虫分类学报*, 1990, 7(1): 16 - 17
- [11] 黄大卫. 支序系统学概论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 1 - 189
- [12] 孟凯巴依尔, 李枢强, 傅金钟. 联合使用 PAUP 和 MacClade 程序进行支序分析 [J]. *动物学杂志*, 2002, 37(6): 59 - 62
- [13] 郑哲民, 乔格侠. 中国蝗总科昆虫科间系统发育关系支序分析 (直翅目: 蝗亚目) [J]. *动物分类学报*, 1998, 23(3): 276 - 280
- [14] Swofford D L. PAUP4. 0b8: Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods) [M]. Massachusetts Sunderland: Sinauer Associates, 2001
- [15] 陈晓鸣. 蚘胶属昆虫资源保护及利用 [J]. *生物多样性*, 1998, 6(4): 287 - 290
- [16] 陈晓鸣. 我国紫胶生产生态经济模式探讨 [M] // 青年林业科学家论丛. 北京: 中国林业出版社, 1994
- [17] 阎克显, 李金元, 王绍云, 等. 信德紫胶虫气候适应性研究 [J]. *林业科学研究*, 1992, 5(1): 71 - 77
- [18] 杨星池, 段学. 信德紫胶虫引种研究 [J]. *林业科学研究*, 1993, 6(5): 541 - 546
- [19] 章士美. 昆虫的分布区系 [J]. *江西农业大学学报*, 1984, 18(1): 11 - 17
- [20] Wegener A L. 海陆的起源 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2000
- [21] 王子清. 中国动物志, 昆虫纲, 第二十二卷, 同翅目, 蚘总科 [M]. 北京: 科学出版社, 2001
- [22] Harland W B. A geological time scale [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1989