

## 七种紫胶虫染色体核型分析与亲缘关系探讨

陈航<sup>1,2</sup>, 陈晓鸣<sup>1,2,\*</sup>, 冯颖<sup>1,2</sup>, 杨子祥<sup>1,2</sup>, 石雷<sup>1,2</sup>

(1. 中国林业科学研究院 资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 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:** 对7种具有重大经济价值的紫胶虫染色体数量、形态及核型进行了分析和比较。7种紫胶虫的染色体形状有棒状、卵圆形、肾形、椭圆形、长圆形以及哑铃形, 染色体数目均为  $2n=18$ 。从核型分析上看, 7种紫胶虫的染色体均由中部(或近中部)着丝点染色体与端着丝点染色体组成, 有  $K=10m+8T$ ,  $K=8m+10T$ ,  $K=6m+12T$ ,  $K=4m+14T$  四种不同的组成方式。采用 Leven et al(1964)、Stebbins(1971)以及 Guo et al (1972) 核型分类标准对7种紫胶虫进行核型分析, 结果显示: 信德紫胶虫与紫胶蚧在着丝粒类型、核型对称性和相对长度组成上相一致, 因此两者亲缘关系最近; 尼泊尔紫胶虫与普萨紫胶虫在核型不对称系数与染色体类型上相近似, 两者的关系较为紧密; 田紫胶虫与云南紫胶虫的染色体均是由8条中部(或近中部)着丝粒染色体与10条端着丝粒染色体组成, 亲缘关系也较紧密; 而中华紫胶虫的核型较为特殊, 与其他6种差异较大, 亲缘关系较远。研究结果澄清了紫胶生产虫种在分类上的混淆, 证实了中国紫胶生产虫种为云南紫胶虫。

**关键词:** 同翅目; 紫胶虫; 染色体; 核型; 模式图

**中图分类号:** Q969.36; Q343.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853-(2007)06-0597-09

## Karyotype and Genetic Relationships Among Seven Commercial Species of Lac Insects

CHEN Hang<sup>1,2</sup>, CHEN Xiao-ming<sup>1,2</sup>, FENG Ying<sup>1,2</sup>, YANG Zi-xiang<sup>1,2</sup>, SHI Lei<sup>1,2</sup>

(1. Research Institute of Resource Insect, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China;

2. The Key Laboratory of Breeding and Utilization of Resources Insects of State Forestry Administration, Kunming 650224, China)

**Abstract:** Chromosome quantities, forms and karyotype of seven lac insect species, which are of significant economic value, were analyzed and compared. Several type of chromosomes shape such as stick-alike, ellipse, kidney-alike and dumbbell-alike were found in the seven species. Their chromosome number was all  $2n=18$ . All the chromosomes were composed of metacentric (or sub-metacentric) and telocentric chromosomes. And there were four kinds of chromosomes structure shape:  $K=10m+8T$ ,  $K=8m+10T$ ,  $K=6m+12T$ ,  $K=4m+14T$ . The result of karyotype analysis showed that *Kerria Sindica* and *K. lacca* had a close relationship, of which the chromosome type, karyotypic style and constitution of relative length were in consistent. *Kerria pusana* and *K. nepalensis* were similar in the chromosome type and karyotype asymmetry index, which revealed their near homology from chromosomes level. The chromosomes of *K. ruralis* and *K. yunnanensis* were both formed with eight metacentric (or sub-metacentric) chromosomes and 10 telocentric chromosomes, indicating the close nexus between them. The karyotype of *K. chinensis* was different from other six species and it has the far relationship with others. We concluded that the main commercial species of lac insect belonged to *K. yunnanensis*.

**Key words:** Homoptera; Lac insect; Chromosome; Karyotype; Model chart

紫胶虫是一类具有重要经济价值的资源昆虫, 属同翅目(Homoptera)胶蚧科(Tachardiidae)胶蚧属(*Kerria*), 全世界记载并定名的有19种(Chen, 2005)。紫胶虫所分泌的紫胶是一种天然树脂, 其主

要成分为羟基脂肪酸、倍半萜烯酸, 还含有紫胶色素和紫胶蜡质等物质。紫胶具有绝缘、防潮、防锈、防腐、防紫外线、粘合力强、涂膜光滑, 耐酸、油, 可塑性好, 固色好, 化学性质稳定等特点, 被广泛

收稿日期: 2007-08-15; 接受日期: 2007-11-12

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)、国家科技支撑计划项目(2006BAD06B07)和国家攻关(2004BA502B04)项目部分研究内容

\*通讯作者(Corresponding author), E-mail: Xmchen@vip.km169.net

第一作者简介: 陈航(1977-), 男, 四川万源人, 博士, 主要从事紫胶虫细胞与分子生物学研究。E-mail: Stuchen6481@sina.com.cn

地应用于日用化工、机械、电子、军工、医药、食品等行业。对于紫胶虫的染色体研究,许多学者进行了相关的探索: Dikshith (1962)对紫胶蚧(*K. lacca*)库斯米品系(Kusmi strain)雌虫的卵巢作染色体观察时发现,染色体数目为18,染色体呈棒状,按其大小可分为8个大染色体,8个中染色体和2个小染色体; Teofia & Dikshith (1963)对紫胶蚧兰吉尼品系(Rangeeni strain)雌虫染色体观察时发现,染色体数目为18,染色体呈棒状和卵圆形; Tulsan (1963)经研究发现,紫胶蚧雌虫染色体为18,雄虫为17; Dikshith (1964)对紫胶蚧的黄色变异品种雌虫卵巢的染色体观察发现,染色体数目为18,呈卵圆形。

Wang (1976)对紫胶蚧(当时认为是中国紫胶生产虫种)的雄虫精巢有丝分裂中期的染色体数作统计后认为,雄虫染色体数目仍为18,呈圆形或近圆形。Chen et al (1992)研究了紫胶蚧、榕树紫胶虫(*K. fici*)、中华紫胶虫(*K. chinensis*)、信德紫胶虫(*K. sindica*)的染色体数量和形状,结果表明这4种紫胶虫的染色体数量都是 $2n=18$ ,其形状均为椭圆形或近圆形。Zhou et al (1999)对紫胶蚧、榕树紫胶虫、中华紫胶虫、信德紫胶虫、田紫胶虫(*K. ruralis*)5种紫胶虫雌虫的染色体核型做了初步研究和比较,发现5个种雌虫核型存在种间差异:中华紫胶虫和田紫胶虫明显不同于其他3个种,而榕树紫胶虫、信德紫胶虫、紫胶蚧3个种的核型更为相似,它们的核型均由由sm或m染色体组成。但是,这种种间的比较仅仅依据染色体的臂比及类型所进行的简单对比,而且并没有据此对各种间的亲缘关系进行明确的论述。Chen et al (2006a)对田紫胶虫的红黄2种色型雌虫的核型进行了比较,发现

两种色型的染色体数目恒定,均为 $2n=18$ 。染色体类型基本一致:1—4为中部着丝点染色体,5—9为端着丝点染色体。红、黄两种色型在长臂、短臂、臂比等方面存在一定差异,经 $t$ 检验,结果表明两种色型差异不显著。

核型主要包括染色体的数目和形态结构特征,它是生物遗传物质在细胞水平上的表征。与外部形态性状相比,核型受外界环境因素影响较小,而能保持相对稳定,更重要的是根据核型分析不仅判断物种或居群间的亲缘关系,还可以推测物种在进化过程中彼此的分化历程(Stebbins, 1971; Ma & Zheng, 1989; You & Zheng, 2001)。本文对7种具有重大经济价值的紫胶虫染色体进行了系统研究,通过核型分析,对它们的亲缘关系进行探讨,旨在为研究紫胶虫的遗传结构与系统发育积累相关的基础资料,同时为采用各种育种方法培育出优质高产的紫胶虫新品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

供试的紫胶虫标本分别采自中国林科院资源昆虫所元江试验站和景东试验站,采集后浸泡在无水乙醇中,放置在4℃冰箱中长期保存。标本的种类、数量、寄主及采集时间与地点见表1。

### 1.2 实验方法

1.2.1 染色体制片方法 取出酒精标本,让虫体表面酒精充分挥发,转入1.5 mL离心管中,加入100  $\mu$ L 0.08% KCl溶液,用小杵充分研磨整虫体直至溶液均匀,且无大的组织块;再加入200  $\mu$ L 0.08% KCl溶液低渗处理20 min,转入300  $\mu$ L新配制的固定液(甲醇:冰乙酸=2:1)固定20 min;用吸管吹

表 1 7种紫胶虫供试样本基本情况

Tab. 1 Basic information of the seven Lac insect species (*Kerria*) samples

种名 Species	寄主树 Host name	样本数 Sample number	采集地点 Locality	采集时间 Date
云南紫胶虫 <i>K. yunnanensis</i> Ou et Hong	秧青 <i>Dalbergia assamica</i> Benth	24♀	中国林科院资源昆虫所景东试验站	2004-07
紫胶蚧 <i>K. lacca</i> Kerr. (兰吉尼)	滇刺枣 <i>Zizyphus mauritiana</i> Lam	24♀	从印度引入元江试验站	2005-06
中华紫胶虫 <i>K. chinensis</i> Mahdihassan	荔枝 <i>Litchi chinensis</i> Sonn.	24♀	从泰国青莱地区引入元江试验站	2004-11
尼泊尔紫胶虫 <i>K. nepalensis</i> Varshney	大叶千斤拔 <i>Flemingia macrophylla</i> Wil.	24♀	从缅甸(低海拔地区)引入元江试验站	2003-12
普萨紫胶虫 <i>K. pusana</i> Misra	苏门答腊金合欢 <i>Acacia montana</i> Benth	24♀	从缅甸(高海拔地区)引入元江试验站	2005-06
田紫胶虫 <i>K. ruralis</i> Wang (红色型)	铁藤 <i>Pueraria tonkinensis</i> Gagn	24♀	从云南西双版纳引入元江试验站	2003-08
信德紫胶虫 <i>K. sindica</i> Mahdihassan	聚果榕 <i>Ficus racemose</i> Linn	24♀	从孟加拉国引入元江试验站	2005-06

打成细胞悬液, 滴两滴在预冷的载玻片上, 自然干燥, Giemsa 染色 20min, 用自来水冲洗 1~2s, 自然晾干。

1.2.2 染色体数目及核型标准统计分析方法 将做好的玻片放在光学显微镜下进行观察, 选择染色体缢缩程度适中, 每种紫胶虫选择 20 个较好分裂相的细胞拍照。对其中 100 个中期分裂相进行染色体数目计数, 每种选出来源于 5 个不同个体的 5 个细胞, 用 photoshop 6.0 软件对其染色体进行图像的切割、配对, 然后用 IM50 软件对各条染色体进行测量和数据统计。分别对选出 5 个中期分裂细胞染色体的短臂、长臂以及全长进行测量和统计。

根据公式: 相对长度 = 染色体实测长度/染色体组总实测长度 $\times 100$ ; 臂比值=长臂(L)/短臂(S); 相对长度指数 = 染色体长度/全组染色体平均长度; 着丝粒指数 = 短臂长度/染色体全长 $\times 100$ , 不对称系数 = 长臂总长/全长总长 $\times 100$ 。分别计算每对染色体的相对长度、臂比和着丝粒指数。根据 5 个细胞的平均值, 作为模式核型的参数, 然后依据 Leven et al (1964) 发表的两点四区命名系统和 Guo et al (1972) 所定标准对染色体类型进行划分, 并参

照 Stebbins (1971) 发表的核型分类标准, 根据核型中染色体的长度比 (最长染色体与最短染色体之比) 和臂比两项参数, 确定染色体核型分类。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫胶虫染色体形状与二倍体数目

实验结果表明, 染色体形状有棒状、卵圆形、肾形、椭圆形以及哑铃形 (图 1)。其中, 椭圆形 (或长圆形) 染色体数目较多, 这类染色体无明显的着丝点缢痕, 为端部着丝粒染色体。对 7 种紫胶虫的 100 个中期分裂相计数, 结果表明, 中期分裂相的染色体数目变化范围在 16~25 条之间 (表 2), 并以 18 条染色体出现的频率占绝对优势 (89%)。其中 16、17 条染色体分别占 2% 和 1%, 20、22 条染色体各占 3% 和 2%, 24、25 条染色体分别占 1% 和 2%, 均远远低于 18 条染色体出现的频率, 结合前人的研究结果可以确定紫胶虫的染色体数目即为  $2n=18$ 。

### 2.2 7 种紫胶虫的核型分析

2.2.1 中华紫胶虫 (*Kerria chinensis* Mahdihassan) 第 1—5 对染色体呈棒状, 第 6 对染色体为肾形,

表 2 紫胶虫染色体数目统计

Tab. 2 The calculative results of lac insect on chromosomes

特征 Characteristics	数量 Number							总计 Total
染色体数目 Chromosome number	16	17	18	20	22	24	25	16—25
细胞数 Cell number	2	1	89	3	2	1	2	100
出现频率 Present frequency (%)	2	1	89	3	2	1	2	100

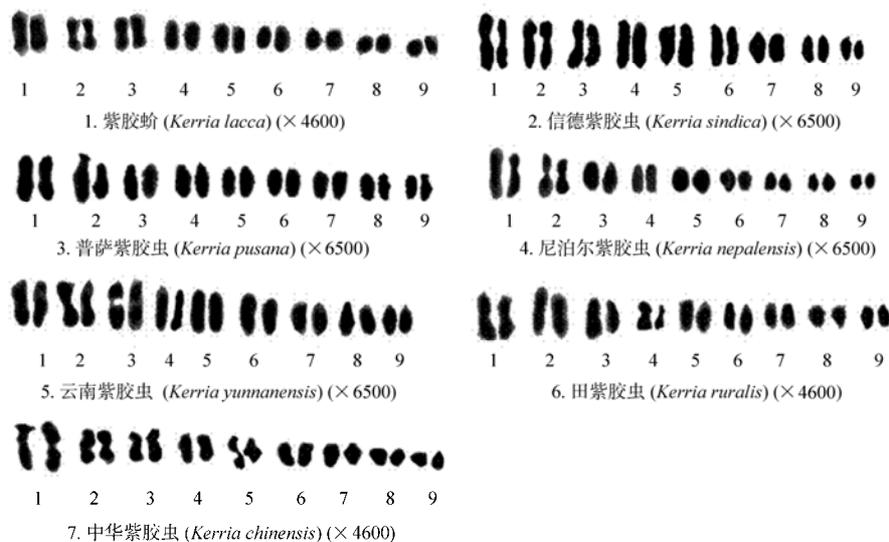


图 1 7 种紫胶虫的染色体图

Fig. 1 Karyotype chart of seven lac insects speices

第 7—9 对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 6.67~19.30, 核型不对称系数为 57.47, 臂比值范围为 1.01~1.68。核型公式为:  $K(2n, \text{♀}) = 18 = 10m + 8T = 2L + 8M_2 + 4M_1 + 4S$ , 核型分类为 2B (表 3 及图 1、2)。

2.2.2 云南紫胶虫(*Kerria yunnanensis* Ou et Hong) 第 1、4 对染色体呈棒状, 2、3 对染色体呈哑铃状, 第 5、6 对染色体为肾形, 第 7—9 对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 7.45~13.26, 核型不对称系数为 59.70, 臂比值范围为 1.31~1.65。核型

表 3 中华紫胶虫的核型分析数据  
Tab. 3 The karyotypic data of *Kerria chinensis*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	11.22	7.42	7.64	5.75	6.72				
短臂 Short arm (%)	8.08	5.64	4.55	5.69	4.72				
全长 Total length(%)	19.30	13.06	12.19	11.44	11.44	9.70	8.94	7.26	6.67
臂比 Arm ratio	1.39	1.32	1.68	1.01	1.43	∞	∞	∞	∞
类型 Type	m	m	m	m	m	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	41.87	43.19	37.33	49.74	41.26				
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.74	1.18	1.10	1.03	1.03	0.87	0.80	0.65	0.60
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

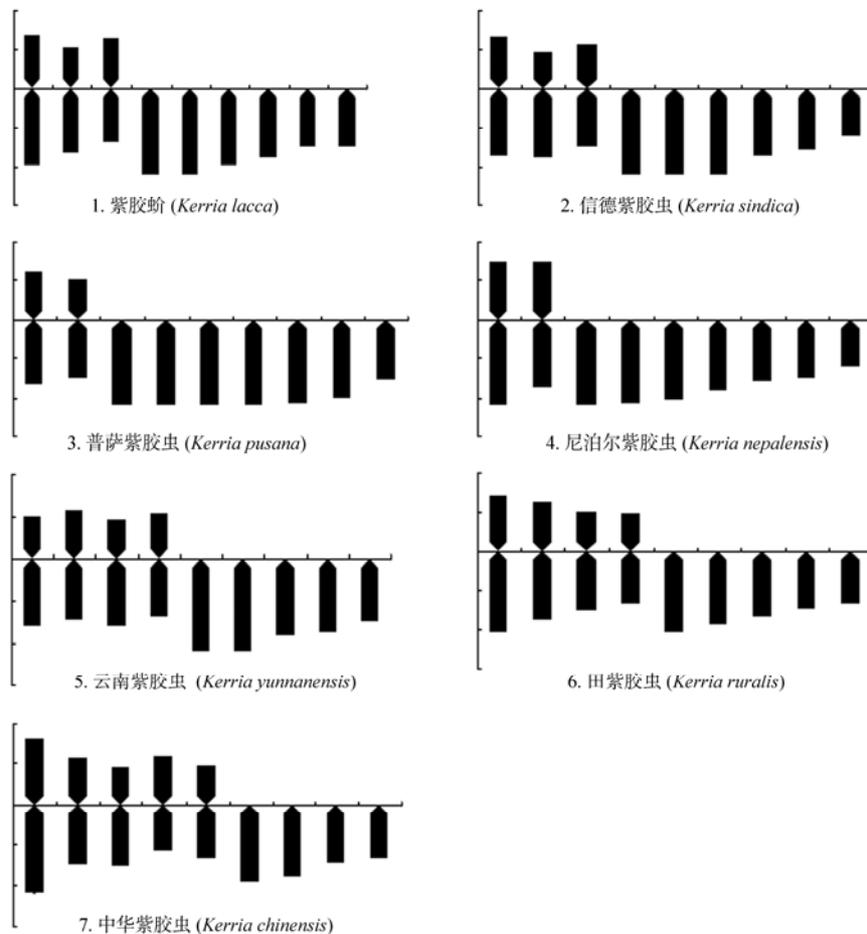


图 2 7 种紫胶虫的染色体核型模式图

Fig. 2 Chromosomes model chart of seven Lac insects speices

公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 6m + 2sm + 10T = 10M_2 + 6M_1 + 2S$ , 核型分类为 3A (见表 4 及图 1、2)。

2.2.3 紫胶蚧 (*Kerria lacca* Kerr.) 第 1、4 对染色体呈棒状, 第 2、3 对染色体呈哑铃状, 第 5、6 对染色体为肾形, 第 7—9 对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 7.47~16.41, 核型不对称系数

为 57.49, 臂比值范围为 1.07~1.45。核型公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 6m + 12T = 2L + 6M_2 + 6M_1 + 4S$ 。染色体核型分类为 3B (见表 5 及图 1、2)。

2.2.4 田紫胶虫 (*Kerria ruralis* Wang) 第 1、2、4 对染色体呈棒状, 第 3 对染色体为肾形, 第 5—9 对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 6.65

表 4 云南紫胶虫的核型分析数据

Tab. 4 The summary karyotypic data of *Kerria yunnanensis*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	8.25	7.33	8.06	7.03					
短臂 Short arm (%)	5.01	5.74	4.58	5.37					
全长 Total length(%)	13.26	13.07	12.64	12.40	12.16	10.99	9.22	8.80	7.45
臂比 Arm ratio	1.65	1.28	1.76	1.31	∞	∞	∞	∞	∞
类型 Type	m	m	sm	m	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	37.78	43.92	36.23	43.31					
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.19	1.18	1.13	1.12	1.09	0.99	0.83	0.79	0.67
相对长度组成 <sup>③</sup>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

表 5 紫胶蚧染色体的核型分析数据

Tab. 5 The summary karyotypic data of *Kerria lacca*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	9.71	8.24	6.93						
短臂 Short arm (%)	6.70	5.23	6.47						
全长 Total length(%)	16.41	13.47	13.40	11.86	11.09	9.85	8.94	7.54	7.47
臂比 Arm ratio	1.45	1.57	1.07	∞	∞	∞	∞	∞	∞
类型 Type	M	m	m	T	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	40.85	38.83	48.28						
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.47	1.21	1.21	1.07	1.00	0.89	0.80	0.68	0.67
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

表 6 田紫胶虫染色体的核型分析数据

Tab. 6 The summary karyotypic data of *Kerria ruralis*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	10.52	8.98	7.64	6.67					
短臂 Short arm (%)	7.10	6.23	5.11	4.78					
全长 Total length(%)	17.80	15.34	13.01	11.43	10.48	9.41	8.43	7.54	6.65
臂比 Arm ratio	1.45	1.41	1.42	1.40	∞	∞	∞	∞	∞
类型 Type	m	m	m	m	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	40.90	41.46	41.28	41.64					
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.60	1.38	1.17	1.03	0.94	0.85	0.75	0.68	0.60
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	L	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S	S	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

~17.80, 核型不对称系数为 59.08, 臂比值范围为 1.40~1.45。核型公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 8m + 10T = 4L + 4M_2 + 4M_1 + 6S$ 。染色体核型分类为 3B (表 6 及图 1、2)。

2.2.5 普萨紫胶虫 (*Kerria pusana* Misra) 第 1、2 对染色体呈棒状, 第 5、6 对染色体为肾形, 其余各对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 7.71~14.26, 核型不对称系数为 58.56, 臂比值范围为 1.37~1.46。核型公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 4m + 14T = 2L + 6M_2 + 8M_1 + 2S$ , 染色体核型分类为 3A (见表 7 及图 1、2)。

2.2.6 尼泊尔紫胶虫 (*Kerria nepalensis* Varshney) 第 1 对染色体呈棒状, 第 2 对染色体呈哑铃状, 第 3、5 对染色体为圆形, 其余各对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 6.17~19.38, 核型不对称系数为 58.06, 臂比值范围为 1.16~1.61。核型公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 4m + 14T = 4L + 4M_2 + 4M_1 + 6S$ , 染色体核型分类为 3B (见表 8 及图 1、2)。

2.2.7 信德紫胶虫 (*Kerria sindica* Mahdihassan) 第 1 对染色体呈棒状, 第 2 对染色体呈哑铃状, 第 3、5 对染色体为圆形, 其余各对染色体为椭圆形或长圆形。相对长度变幅为 6.15~15.21, 核型不对称系数为 59.71, 臂比值范围为 1.33~1.88。核型公式为:  $Ky(2n, \text{♀}) = 18 = 4m + 2sm + 12T = 2L + 8M_2 + 4M_1 + 4S$ 。染色体核型分类为 3B (见表 9 及图 1、2)。

### 2.3 7种紫胶虫的核型比较

从核型上看, 7种紫胶虫染色体均由中部(或近中部)着丝粒染色体与端部着丝粒染色体组成, 表现出属内的一致性, 同时种间的差异性也有所表现: 首先在着丝粒位置上, 7种紫胶虫分别有  $K=10m+8T$ 、 $K=8m+10T$ 、 $K=6m+12T$ 、 $K=4m+14T$  四种不同组成方式。其中, 普萨紫胶虫与尼泊尔紫胶虫均为 4 条中部染色体和 14 条端部着丝粒染色体; 云南紫胶虫与田紫胶虫近似, 都是由 8 条中部(或近中部)着丝粒染色体与 10 条端部着丝粒染色

表 7 普萨紫胶虫的核型分析数据  
Tab. 7 The summary karyotypic data of *Kerria pusana*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	8.25	7.32							
短臂 Short arm (%)	6.01	5.01							
全长 Total length(%)	14.26	12.33	11.56	11.26	11.10	11.03	10.72	10.02	7.71
臂比 Arm ratio	1.37	1.46	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
类型 Type	m	m	T	T	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	42.15	40.63							
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.28	1.11	1.04	1.01	1.00	0.99	0.96	0.90	0.69
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

表 8 尼泊尔紫胶虫的核型分析数据  
Tab. 8 The summary karyotypic data of *Kerria nepalensis*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	11.95	8.66							
短臂 Short arm (%)	7.43	7.46							
全长 Total length(%)	19.38	16.12	12.61	11.43	10.25	9.07	7.92	7.35	6.17
臂比 Arm ratio	1.61	1.16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
类型 Type	m	m	T	T	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	37.24	46.28							
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.74	1.45	1.14	1.03	0.92	0.82	0.71	0.66	0.56
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	L	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S	S	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

体组成; 紫胶蚧与信德紫胶虫均由 6 条中部(或近中部)着丝粒染色体与 12 条端部着丝粒染色体; 中华紫胶虫则由 10 条中部着丝粒染色体与 8 条端部着丝粒染色体组成, 与其他种都不一样, 显示出一定的独特性。

其次, 根据核型类型可将 7 种紫胶虫分为 3 组: 其中紫胶蚧、信德紫胶虫、尼泊尔紫胶虫和田紫胶虫为一组, 核型类型为 3B; 云南紫胶虫与普萨紫胶虫为一组, 核型类型为 3A; 中华紫胶虫单独为一组, 核型类型为 2B。在染色体相对长度组成上, 紫胶蚧与信德紫胶虫染色体组均由 2 条大染色体、12 条中型染色体和 4 条小染色体组成, 中华紫胶虫与这两种紫胶虫保持一致; 尼泊尔紫胶虫和田紫胶虫染色体组同由 4 条大染色体、8 条中型染色体和 6 条小染色体组成; 普萨紫胶虫由 2 条大染色体、14 条中型染色体和 2 条小染色体组成, 与其他种相异; 而云南紫胶虫染色体组成较为独特, 没有大染色体, 染色体组仅由 16 条中型染色体和 2 条小染色体组成

(表 10)。

从上述的核型比较结果来看, 信德紫胶虫和紫胶蚧无论在着丝粒位置类型、核型类型, 还是在相对长度组成上, 都极为相似, 说明这两种核型同源性较高; 云南紫胶虫与田紫胶虫的着丝粒位置上近似, 尼泊尔紫胶虫与普萨紫胶虫在核型不对称系数与染色体类型上相近似, 而中华紫胶虫的核型较为特殊, 与其他 6 种差异较大。

### 3 讨论

#### 3.1 紫胶虫染色体

在本文研究中, 发现染色体形状有棒状、卵圆形、椭圆形以及长圆形, 这与前人的报道相吻合, 同时还出现了未见报道的肾形、哑铃形。7 种紫胶虫染色体数目在种间的分化中没有发生变化, 恒定为  $2n=18$ , 较为保守。关于紫胶虫的染色体的绝对长度, Zhou et al (1999) 报道了 5 种紫胶虫染色体组总长变幅为  $3.25\sim 4.84\mu\text{m}$ , 染色体平均值为  $0.18\sim$

表 9 信德紫胶虫的核型分析数据  
Tab. 9 The summary karyotypic data of *Kerria Sindica*

参数 Parameter	染色体序号 Serial number of chromosomes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
长臂 Long arm (%)	8.67	8.85	7.45						
短臂 Short arm (%)	6.54	4.70	5.61						
全长 Total length(%)	15.21	13.55	13.06	13.00	11.56	11.02	8.68	7.77	6.15
臂比 Arm ratio	1.33	1.88	1.33	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
类型 Type	m	sm	m	T	T	T	T	T	T
着丝粒指数 <sup>①</sup> (%)	43.00	34.69	42.69						
相对长度指数 <sup>②</sup>	1.37	1.22	1.18	1.17	1.04	0.99	0.78	0.70	0.55
相对长度组成 <sup>③</sup>	L	M2	M2	M2	M2	M1	M1	S	S

① Centromere index; ② Index of relative length; ③ Constitution of relative length.

表 10 7 种紫胶虫核型分析比较  
Tab. 10 Karyotypic analysis and comparison among seven Lac insect species

种名 Species	着丝粒位置类型 Centromere location type	相对长度组成 Constitution of relative length	核型类型 Karyotype type	不对称系数 Asymmetry index	最长染色体/ 最短染色体 Longest/ shortest length
紫胶蚧	6m+12T	2L + 6M <sub>2</sub> + 6M <sub>1</sub> + 4S	3B	57.49	2.20
信德紫胶虫	4m+2sm+12T	2L + 8M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 4S	3B	59.71	2.47
田紫胶虫	8m+10T	4L + 4M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 6S	3B	59.08	2.68
云南紫胶虫	6m+2sm+10T	10M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 4S	3A	59.70	1.78
普萨紫胶虫	4m+14T	2L + 6M <sub>2</sub> + 8M <sub>1</sub> + 2S	3A	58.56	1.85
尼泊尔紫胶虫	4m+14T	4L + 4M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 6S	3B	58.06	3.14
中华紫胶虫	10m+8T	2L + 8M <sub>2</sub> + 4M <sub>1</sub> + 4S	2B	57.47	2.89

0.27  $\mu\text{m}$ 。依据 Lima-De-Faria 的染色体场四等级理论(Li, 2001), 紫胶虫的染色体属于第一等级的微小染色体, 比其他多数昆虫的染色体小, 因此在染色体计数时产生误差的可能性比其他物种大, 在统计过程中, 我们发现存在一定比例的染色体数目略低或略高于 18 条的分裂相, 约占统计数目的 11%左右, 这可能是由于在制片过程中染色体丢失或与附近细胞的染色体部分混杂引起的。

### 3.2 亲缘关系

染色体核型是研究属下或种下等级物种或居群的亲缘关系和演化趋向的重要方法(Li, 2001), 核型相似程度往往与核型同源性和亲缘关系存在一致性(Yao & Wu, 2004), 物种间在分类阶梯上越远, 它们的核型差异越大(Tan & Wu, 1993)。由7种紫胶虫的核型比较可以得出: 信德紫胶虫和紫胶蚧的核型相似, 说明这两种核型同源性较高, 分化的程度较小, 亲缘关系紧密; 云南紫胶虫与田紫胶虫的着丝粒位置上近似, 具有较近的亲缘关系; 尼泊尔紫胶虫与普萨紫胶虫在核型不对称系数与染色体类型上相近似, 亲缘关系也较近; 而中华紫胶虫的核型较为特殊, 与其他6种差异较大, 亲缘关系较为疏远。

在形态特征上, 信德紫胶虫与紫胶蚧的虫体大小、膊背凹陷的形状较为接近, 而且两种紫胶虫膊背均明显抬起, 凹陷上的坑清晰可辨, 膊背面积都较大, 在外部形态结构上具有许多相似的地方。云南紫胶虫与田紫胶虫在外部形态上也有较多的共同点: 除在体形大小接近以外, 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。中华紫胶虫体型在7个虫种中最大, 是其他种的2至7倍; 其体型为明显的长梭形, 而其他6种体型呈球状或椭球状; 另外, 前气门下方角质化痕迹延长并骨化, 其角质化痕迹明显长于其他种。这些情况说明由形态分类学直观反映出的亲缘关系与核型分析得出结果基本一致。

从地质演变上看, 信德紫胶虫与紫胶蚧原产地为孟加拉国、印度, 属于印度板块; 其他5种紫胶虫分布于泰国、缅甸和中国云南, 属欧亚大陆板块。地质研究结果表明, 印度板块与欧亚大陆合并之前有较长时间处于分隔状态(Harland et al, 1989), 这可能使得两个大陆物种间的基因交流受阻, 从而促使不同大陆板块上的各物种在遗传上发生分化, 使

得同分布于印度板块的信德紫胶虫和紫胶蚧在遗传上亲缘关系较为紧密, 而与另一大陆上其他5种紫胶虫的遗传差别较大。另外, 信德紫胶虫、紫胶蚧和中华紫胶虫, 它们的原产地气候均属热带类型, 年均温在 22 $^{\circ}\text{C}$ 以上, 其中信德紫胶虫、紫胶蚧主要分布于较干旱的干热河谷地区, 年降雨量在 1200mm 以下, 两个虫种的生境较为相近; 而中华紫胶虫则分布于高温、高湿地带, 年降雨量为 1300~2000mm。云南紫胶虫与田紫胶虫主要分布地均为南亚热带湿润型气候类型; 普萨紫胶虫主要分布于缅甸东枝、腊戍和眉苗地区, 海拔 1300m 左右; 尼泊尔紫胶虫分布于缅甸北部低海拔地区, 海拔在 200m 左右, 同属于亚热带半湿润型气候类型(Chen, 2005)。分布地相似的气候环境可能使紫胶虫产生了相同的适应机制, 在长期的进化过程中, 形成了较为相近的染色体特征, 同时表现出较近的亲缘关系。

关于紫胶虫的亲缘关系的分析, 本文在 Zhou et al (1999)的研究基础上, 增加了从泰国与缅甸引进的虫种, 扩大了研究范围, 并从着丝粒位置类型、核型类型以及染色体相对长度组成等多个层次对 7 种紫胶虫染色体进行了综合比较与系统研究, 对它们的亲缘关系进行探讨。本研究表明同位于印度板块的信德紫胶虫与紫胶蚧具有紧密的亲缘关系, 而且在同一气候类型且分布地靠近的云南紫胶虫与田紫胶虫也具有较近的亲缘关系; 同时结合形态学、细胞学与气候环境分析结果, 认为中华紫胶虫较为特殊, 与其他 6 种差异较大、亲缘关系较为疏远, 对于中华紫胶虫分类地位提供了染色体核型的证据。

Chen et al (2006b) RAPD 技术分析的结果支持信德紫胶虫与紫胶蚧亲缘关系紧密, 中华紫胶虫与其他种亲缘关系较远, 本文分析结果与此一致。但是 Chen et al (2006b)的 RAPD 分析认为田紫胶虫与普萨紫胶虫具有紧密的亲缘关系。结合形态特征与生态分布分析, 云南紫胶虫与田紫胶虫形态学特征相似、分布地区接近、染色体核型近似, 两者具有紧密的亲缘关系可能更为反应实际的情况。而对于尼泊尔紫胶虫与普萨紫胶虫来说, 两者在外形上差别较大, RAPD 分子标记也不支持两者的近缘关系, 因此, 还需要作更深入的研究才能证实两者的亲缘关系。

### 3.3 中国紫胶主要生产种的分类学地位

中华紫胶虫主要分布于泰国北部, 原来一直认为是与我国紫胶生产种为同一虫种。通过与分布于泰国的中华紫胶虫比较, 两个虫种不仅在形态上有所区别, 而且在对气候需求上差异十分显著, 中华紫胶虫分布于热带地区, 而我国紫胶的生产种则主要分布于南亚热带地区, 不能在热带地区生存。我国紫胶生产的虫种在1990年以前曾认为是与印度紫胶生产种紫胶蚧为同一种 (Liu, 1959); 通过电镜扫描的形态特征研究后将我国紫胶生产种定为云南紫胶虫 (Ou & Hong, 1990a,b), 但由于缺乏对紫胶蚧和中华紫胶虫的系统比较, 云南紫胶虫的定名没有得到广泛的认同。90年代后, 经杂交试验证

实, 我国紫胶生产种不是紫胶蚧, 在分类上暂归为中华紫胶虫 (Chen et al, 1992)。通过对紫胶蚧、中华紫胶虫和云南紫胶虫的RAPD分子标记分析 (Chen et al, 2006), 发现中华紫胶虫与紫胶蚧和云南紫胶虫之间有明显的区别, 属于3个不同的种。本文的核型分析结果也显示出中华紫胶虫与其他6种亲缘关系较为疏远, 紫胶蚧和云南紫胶虫在着丝粒位置、核型类型以及核不对称系数上存在较大的差异 (表10), 应分属不同的种类。从而可推断出目前中国紫胶的主要生产虫种应为云南紫胶虫, 支持云南紫胶虫在分类学上的独立地位。

### 参考文献:

- Chen XM. 2005. Biodiversity of Lac Insects [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1-77. [陈晓鸣. 2005. 紫胶虫生物多样性研究. 昆明: 云南科技出版社, 1-77.]
- Chen XM, Wang SY, Mao YF, Feng Y. 1992. On the male aedeas of four species of Lac insects and preliminary cross breeding test [J]. *Forest Research*, 5(2): 236-238. [陈晓鸣, 王绍云, 毛玉芬, 冯颖. 1992. 四种紫胶虫雄性外生殖器观察及初步杂交试验. 林业科学研究, 5(2): 236-238.]
- Chen H, Chen XM, Feng Y, YE SD. 2006. A preliminary study on karyotype of *Kerria ruralis* Wang [J]. *Forest Research*, 19(1) 32-38. [陈航, 陈晓鸣, 冯颖, 叶寿德. 2006a. 田紫胶虫红、黄两型染色体核型研究[J]. 林业科学研究, 19(1) 32-38.]
- Chen H, Chen XM, Feng Y, YE SD. 2006. Analysis of relationships among the main commercial species of Lac insects using random amplified polymorphic DNA (RAPD) [J]. *Forest Research*, 19(4) 423-430. [陈航, 陈晓鸣, 冯颖, 叶寿德. 2006b. 紫胶虫主要生产种的RAPD分子标记分析. 林业科学研究, 19(4) 423-430.]
- Dikshith S. 1962. Chromosome number of *Laccifer lacca* (Kerr.) [J]. *Current Science*, 31: 383-384.
- Dikshith TSS. 1964. Chromosome number and the sperm structure of the yellow lac insect *Laccifer lacca* (Kerr.) Lacciferidae-Coccidae [J]. *The India Journal of Entomology*, 26(1): 127-129.
- Guo SR, Wang TT, Huang TC. 1972. Karyotype analysis of some formosan gymnosperms [J]. *Taiwania*, 17(1): 66-80.
- Harland WB, Armstrong RL, Cox AV, Craig LE, Smith AG, Smith DG. 1989. A Geological Time Scale [M]. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Levan A, Fredga K, Sandberg AA. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes [J]. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Li GQ. 2001. The Basic Research of Cytology [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1-99. [李贵全. 2001. 细胞学研究基础. 北京: 中国林业出版社, 1-99.]
- Liu CL. 1959. Lac research: Its progress and results [A]. *Opera Entomologica* [C]. Beijing: Science Press, 334-376. [刘崇乐. 1959. 紫胶研究的展开与成就. 见: 昆虫学集刊. 北京: 科学出版社, 334-376.]
- Ma EB, Zheng ZM. 1989. A comparative study on the karyotype and c-band of five oxa species [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 32(4): 394-405. [马恩波, 郑哲民. 1989. 五种稻蝗染色体核型和C带带型的比较. 昆虫学报, 32(4): 394-405.]
- Ou BR, Hong GJ. 1990a. Description of a new species of *Kerria* (Homoptera: Lacciferidae) in Yunnan province [J]. *Entomotaxonomia*, 7(1): 16-17. [欧炳荣, 洪广基. 1990a. 云南紫胶蚧新种记述. 昆虫分类学报, 7(1): 16-17.]
- Ou BR, Hong GJ. 1990b. Observation on the morphology of lac insect (Homoptera: Kerriidae) with scanning electron microscope [J]. *Forest Research*, 3(2): 133-136. [欧炳荣, 洪广基. 1990b. 紫胶虫外部形态扫描电镜观察. 林业科学研究, 3(2): 133-136.]
- Stebbins GL. 1971. Chromosome Evolution in Higher Plants [M]. London: Edward Aronld, 85-96.
- Tan DY, Wu CM. 1993. Cluster analysis method of karyotype resemblance-near coefficient [J]. *Acta Genetica Sinica*, 20(4): 30-311. [谭远德, 吴昌谋. 1993. 核型似近系数的聚类分析方法. 遗传学报, 20(4): 30-311.]
- Teofia TPS, Dikshith TSS. 1963. Utility of phloroglucinol in the chromosome studies of *Laccifer lacca* (Kerr.) (Rageeni Strain) Homoptera-Coccoidea [J]. *The India Journal of Entomology*, 25(3): 263-264.
- Tulsan GP. 1963. Studies on the chromosome number and spermatogenesis in the lac insect, *Laccifer lacca* (Kerr.) [J]. *Current Science*, 32(8): 374.
- Wang SF. 1976. A study on the spermatogenesis of *Laccifer lacca* (Kerr.) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 19(2): 194-197. [王淑芳. 1976. 紫胶虫精子形成的研究. 昆虫学报, 19(2): 194-197.]
- Yao SH, Wu CM. 2004. Clustering analysis of the karyotype resemblance-near coefficients of eighteen locust species in five genus among three families [J]. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences)*, 22(3): 19-24. [姚世鸿, 吴昌谋. 2004. 三科五属18种蝗虫的核型似近系数聚类分析研究. 贵州师范大学学报(自然科学版), 22(3): 19-24.]
- You P, Zheng ZM. 2001. Comparative study of karyotypes in five *Loxoblemmus* species [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 44(1): 40-45. [尤平, 郑哲民. 2001. 五种棺头蟋核型的比较研究. 昆虫学报, 44(1): 40-45.]
- Zhou CH, Wang ZL, Wang SY, YE SD, Chen Y, Chen XM. 1999. Preliminary study on karyotype in 5 species of Lac insect [A]. *Research Development of Resource Insects* [M]. Yunnan Science and Technology Press, 36-42. [周朝鸿, 王自力, 王绍云, 叶寿德, 陈勇, 陈晓鸣. 1999. 紫胶虫核型的初步研究. 资源昆虫研究进展. 云南科技出版社, 36-42.]