

四种天牛的核型比较研究

苏丽娟¹, 张鸿飞¹, 徐卫², 尹新明^{3,*}, 李京³, 高新浩¹

(1. 河南农业大学生命科学学院, 郑州 450002; 2. 海南出入境检验检疫局, 海口 570311;

3. 河南农业大学植物保护学院, 郑州 450002)

摘要: 为弄清天牛的核型特征, 补充我国天牛染色体分类特征和天牛细胞分类学的基础研究空缺, 本文以 4 种沟胫天牛亚科天牛为研究对象, 选取天牛的分裂旺盛组织精巢(卵巢)和中肠, 在不同的条件下进行天牛染色体玻片的制备和观察。结果显示: 4 种天牛染色体数目均为 $2n = 20$, 性别决定机制为 Xy_p 。其中, 云斑白条天牛 *Batocera lineolata* 的核型公式: $4L + 5M + Xy_p$, 大型染色体 4 对, 中型染色体 5 对, 性染色体为小型; 榉白背粉天牛 *Olenecamptus cretaceus marginatus*、中华八星粉天牛 *Olenecamptus octopustulatus chinensis* (粉天牛属) 和桑天牛 *Apriona germari* 的核型公式均为: $5L + 4M + Xy_p$, 大型染色体 5 对, 中型染色体 4 对, 性染色体为中型。粉天牛属的榉白背粉天牛和中华八星粉天牛的核型指数非常相近; 桑天牛的染色体公式虽然与粉天牛属相同, 但长度和着丝粒位置明显不同。

关键词: 天牛; 染色体; 核型; 性别决定机制; 着丝粒指数

中图分类号: Q964 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2013)03-0299-07

A comparative study on karyotypes of four long-horned beetles (Coleoptera: Cerambycidae)

SU Li-Juan¹, ZHANG Hong-Fei¹, XU Wei², YIN Xin-Ming^{3,*}, LI Jing³, GAO Xin-Hao¹ (1. College of Life Sciences, Henan Agricultural University; Zhengzhou 450002, China; 2. Hainan Enter-exit Inspection and Quarantine Bureau, Haikou 570311, China; 3. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: To make clear the characteristics of karyotypes of long-horned beetles, supplement the chromosome classification feature and fill up the basic research vacancy of cytotaxonomy about long-horned beetles, the tissues with exuberant differentiation (testis, ovary and midgut) of four species of Lamiinae beetles were chosen for preparing slides of chromosomes under different conditions. The results showed that their chromosomal number is $2n = 20$ and the sex-determining mechanism is Xy_p . The karyotype of *Batocera lineolata* is composed of 4 pairs of large autosomes, 5 pairs of medium sized autosomes and 1 pair of small sex-chromosome, and the karyotype formula is $4L + 5M + Xy_p$. For *Apriona germari*, *Olenecamptus cretaceus marginatus* and *Olenecamptus octopustulatus chinensis*, their karyotypes are all composed of 5 pairs of large autosomes, 4 pairs of medium sized autosomes and 1 pair of medium sized sex-chromosome, and the karyotype formula is $5L + 4M + Xy_p$. The two long-horned beetles of *Olenecamptus* have very similar karyotype index. The chromosome size and the centromere location among *A. germari*, *B. lineolata* and *Olenecamptus* are obviously different.

Key words: Long-horned beetles; chromosome; karyotype; sex-determining mechanism; centromere index

天牛科昆虫属于鞘翅目天牛总科 (Cerambycidae), 共分 6 个亚科(陈世骧等, 1959)。到 2005 年为止, 世界上已记录种类达 45 000 余种, 至中国大约记载 3 100 多种(华立中等, 2009)。天

牛食性广泛, 寄主范围广, 主要通过幼虫钻蛀危害植物, 近些年由于交通便利, 造成天牛扩散日益扩大, 进而对经济的危害也逐步增大。因而, 天牛种类鉴定方法对预防至关重要。通过天牛的核型分

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071961)

作者简介: 苏丽娟, 1972 年生, 博士, 副教授, 研究方向昆虫生理生化, E-mail: sulijuan816@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: xinmingyin@hotmail.com

收稿日期 Received: 2012-11-29; 接受日期 Accepted: 2013-02-14

析,能更直接地阐明天牛种间的亲缘关系,属间的系统发育水平(蒋书楠,1989)。核型是生物的重要特征之一,染色体的数目和核型组成具有种的特异性。迄今为止,有关鞘翅目昆虫染色体的报道,主要包括象鼻虫、叩头虫、步甲等,但对天牛染色体的报道非常少,Vidal(1984)研究了90种甲虫的染色体,其中包括3种天牛,分别是 *Trichophorus interrogationes*, *Compsocerus equestris* 和 *Callipogonarmillatus*; Rozek 等(2004)对鞘翅目昆虫 C 带带型分析研究中,包括3种天牛。我国仅有刘平等(2010a, 2010b)对沟胫天牛亚科的3种天牛(松墨天牛、光肩星天牛和桑天牛)进行了核型分析。上述种类均是常见种类且容易采集,虽然具有很强的代表性,但由于天牛生活史太长,饲养成本高、周期长,靠人工饲养取得实验材料难度大,只有通过林间采集补充标本材料。因此,本文就采到的天牛种类,选择4种沟胫天牛亚科天牛进行核型特征分析,为天牛总科的细胞分类学研究提供资料,也为沟胫天牛亚科天牛的分类应用上提供重要依据。

1 材料和方法

1.1 试虫来源及种类鉴定

实验所用材料主要为野外采集,取试虫的精巢、卵巢或中肠等分裂旺盛组织。除云斑白条天牛 *Batocera lineolata* 采自郑州邙山之外,其余桑天牛 *Apriona germari*、榉白背粉天牛 *Olenecamptus cretaceus marginatus* 和中华八星粉天牛 *Olenecamptus octopustulatus chinensis* 均采自河南省鲁山县。文中天牛种类的鉴定主要是根据天牛分类工具书查询鉴定(陈世骧等,1959;蒋书楠,1989;祝长清等,1999;华立中等,2009),部分种类由尹新明教授鉴定。

1.2 染色体玻片制备

1.2.1 预处理及材料选择:在野外将采集的试虫腹腔注射0.05%秋水仙素溶液(1 $\mu\text{L/g}$ 体重),放置5 h,再放入装有酒精的离心管中保存备用。在体视显微镜(Leica Zoom 2000,德国)下将成虫沿背部一侧侧缘剪开,腹腔内滴入0.2 mol/L的HCl,去除腹腔内的脂肪组织,以排除对目的组织的影响,再滴入生理盐水冲洗。取出实验所需的组织(中肠或精巢)。放入0.075% KCl溶液低渗处理10~20 min,放入Carnoy固定液(无水乙醇:氯仿:冰醋酸=6:3:1, v/v)中。匀浆2~3 min。更换固

定液,制成细胞悬液,4℃冰箱保存备用。

根据前期预实验对处理条件的筛选,本研究选择最佳的天牛染色体观察方法,即0.05%的秋水仙素(1 $\mu\text{L/g}$ 体重)注射处理4.5~5 h,0.075% KCl低渗处理15~20 min。由于所采试虫多数处在繁殖期,雌虫体内存在大量受精卵,使解剖卵巢存在很大难度,所以实验中优先选择雄虫精巢,只有雌虫时选择中肠为实验组织。

1.2.2 标本制备:空气干燥法制备染色体玻片标本。参考李国珍(1985)的方法,有少许改进,即选用对细胞核更有穿透性的改良苯酚品红染色剂。

1.2.3 制片:吸取10 μL 细胞匀浆液,隔空3~5 cm滴于洁净并在4℃预冷过的载玻片中央,利用固定液具有很强的挥发性使细胞分散。将其置于-4℃冰箱中10 min,取片,空气干燥。

1.2.4 染色:玻片标本充分干燥后,用改良苯酚品红染液染色1 h,然后无菌水冲洗,静置于无菌工作台中,空气干燥。

1.3 染色体计数及核型分析

从上述方法制得染色体玻片标本中,选10~15个形态清晰、分散适度、染色体数目完整的分裂相,进行染色体计数,并选出好的分裂相进行显微照相、放大和测量。随后对染色体进行排队、分组、编号(一般根据染色体的长度进行编号,同时也要参考着丝粒位置和随体的有无)。在取得核型数据的基础上,进行染色体相对长度(relative length)、实际长度(physical length)、臂比(arm ratio)和着丝粒指数(centromeric index)的分析。

1.3.1 染色体计数:在40倍镜(Olympus CX21FS1,日本)下寻找背景干净、染色体分散良好且数目完整的分裂相细胞,在1000倍镜下进行染色体计数及核型分析。

1.3.2 染色体实际长度测量:选用最小单位为5 μm 的目镜测微尺测量,将染色体同样倍数的分裂相放大和拍照。实际长度的测量可在目镜测微尺上直接进行。

1.3.3 染色体其他数据测量:根据通用的核型数据分析方法处理染色体相对长度、臂比和着丝粒指数的数据。

1.4 数据统计与分析

4种天牛核型数据的比较分析则采用DPS(Data Processing System)数据分析系统。用LSD法对测量的4种天牛核型数据进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 桑天牛核型

2.1.1 染色体数目：改良后的空气干燥法制备染色体玻片标本，用对细胞核更具有穿透性的改良本酚品红染色，选取多个分散相较好的细胞进行染色体计数并进行细胞观察。结果表明：染色体数目在 18~22 之间，多数为 $2n = 20$ ，极少数个体存在 18 条或 22 条染色体。此外，实验中没有观察到次级缢痕及随体的特征。桑天牛减数分裂终变期性染色

体 X 相对大于呈点状的性染色体 Y，并构成降落伞状二价体结构 Xy_p 。双倍染色体组成为 $2n = 20 (18, 22 + Xy_p)$ (图 1: A)。

2.1.2 核型分析：桑天牛核型分析数据见表 1，从中可以得出，桑天牛的核型公式： $5L + 4M + Xy_p$ ，大型染色体 5 对，中型染色体 4 对，性染色体为中型染色体，按染色体长度排列位于最后一位。分析桑天牛核型结果与刘平等 (2010a) 所得的桑天牛核型公式，染色体数目和性别决定机制基本相同。但是，核型指数相对长度的计算值与其有一定差别。

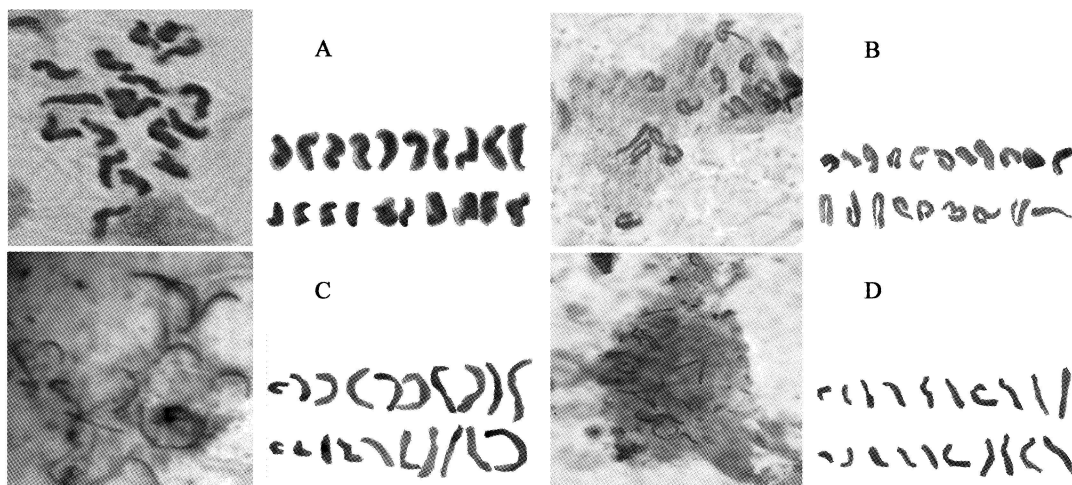


图 1 4 种天牛染色体图谱

Fig. 1 The chromosome maps of four species of Lamiinae

A: 桑天牛 *Apriona germari*; B: 云斑白条天牛 *Batocera lineolata*; C: 榉白背粉天牛 *Olenecamptus cretaceus marginatus*; D: 中华八星粉天牛 *Olenecamptus octopustulatus chinensis*.

表 1 桑天牛核型指数

Table 1 The karyotype index of *Apriona germari*

染色体编号 Chromosome no.	实际长度 (μm) Physical length	相对长度 (μm) Relative length	臂比 Arm ratio	着丝粒指数 (%) Centromeric index	大小类型 Type
1	5.21 ± 1.03	15.76	1.21 ± 0.05	45.32	L
2	4.42 ± 0.88	13.38	1.59 ± 0.09	38.67	L
3	4.02 ± 0.81	12.16	1.34 ± 0.14	42.66	L
4	3.90 ± 0.45	11.80	1.49 ± 0.05	40.16	L
5	3.32 ± 0.18	10.05	1.50 ± 0.01	40.00	L
6	2.88 ± 0.34	8.71	1.97 ± 0.02	33.67	M
7	2.74 ± 0.22	8.29	1.41 ± 0.06	41.49	M
8	2.46 ± 0.31	7.45	1.24 ± 0.13	44.64	M
9	2.11 ± 0.16	6.39	1.10 ± 0.10	47.62	M
10	1.98 ± 0.20	5.60	1.62 ± 0.06	38.17	M

L: 大 Large; M: 中型 Medium sized; S: 小 Small. 表中数据为平均值 ± 标准误。Data in the table are mean ± SE. 下表同 The same for the following tables.

2.2 云斑白条天牛核型

2.2.1 染色体数目: 结果表明, 云斑白条天牛染色体数目在 18 ~ 20 之间, 多数为 $2n = 20$, 极少数存在 18 条染色体(图 1: B)。

2.2.2 核型分析: 云斑白条天牛核型分析数据见表 2, 从中可以得出, 云斑白条天牛的核型公式: $4L + 5M + X_{Y_p}$, 大型染色体 4 对, 中型染色体 5 对, 性染色体为小型染色体, 按染色体长度排列位于最后一位。

2.3 榉白背粉天牛核型

2.3.1 染色体数目: 实验观察结果表明, 榉白背粉天牛染色体数目在 18 ~ 22 之间, 多数为 $2n = 20$, 极少数存在 18, 22 条染色体(图 1: C)。

2.3.2 核型分析: 榉白背粉天牛核型分析数据见

表 3, 从中可以得出, 榉白背粉天牛的核型组式: $5L + 4M + X_{Y_p}$, 大型染色体 5 对, 中型染色体 4 对, 性染色体为中型染色体, 按染色体长度排列位于最后一位。

2.4 中华八星粉天牛核型

2.4.1 染色体数目: 实验观察结果表明, 中华八星粉天牛染色体数目在 18 ~ 22 之间, 多数为 $2n = 20$, 极少数存在 18, 22 条染色体(图 1: D)。

2.4.2 核型分析: 中华八星粉天牛核型分析数据见表 4, 从中可以得出, 中华八星粉天牛的核型组式: $5L + 4M + X_{Y_p}$, 大型染色体 5 对, 中型染色体 4 对, 性染色体为中型染色体, 按染色体长度排列位于最后一位。

表 2 云斑白条天牛核型指数

Table 2 The karyotype index of *Batocera lineolata*

染色体编号 Chromosome no.	实际长度(μm) Physical length	相对长度(μm) Relative length	臂比 Arm ratio	着丝粒指数(%) Centromeric index	大小类型 Type
1	6.24 \pm 1.33	15.92	1.12 \pm 0.10	47.12	L
2	5.68 \pm 0.68	14.48	1.04 \pm 0.07	48.94	L
3	5.01 \pm 0.24	12.78	1.02 \pm 0.12	49.50	L
4	4.92 \pm 0.65	12.55	1.05 \pm 0.19	48.78	L
5	3.66 \pm 0.32	9.34	1.95 \pm 0.01	33.88	M
6	3.32 \pm 0.43	8.47	1.74 \pm 0.07	36.45	M
7	3.06 \pm 0.52	7.81	1.19 \pm 0.32	45.75	M
8	2.89 \pm 0.41	7.37	1.14 \pm 0.14	48.44	M
9	2.53 \pm 0.22	6.46	6.67 \pm 0.21	13.04	M
10	1.88 \pm 0.98	4.80	5.71 \pm 0.09	14.90	S

表 3 榉白背粉天牛核型指数

Table 3 The karyotype index of *Olenecamptus cretaceus marginatus*

染色体编号 Chromosome no.	实际长度(μm) Physical length	相对长度(μm) Relative length	臂比 Arm ratio	着丝粒指数(%) Centromeric index	大小类型 Type
1	4.77 \pm 0.31	13.66	1.02 \pm 0.31	49.50	L
2	4.42 \pm 0.03	12.66	1.08 \pm 0.03	48.08	L
3	4.03 \pm 0.06	11.54	1.11 \pm 0.06	47.39	L
4	4.01 \pm 0.23	11.49	1.21 \pm 0.05	45.25	L
5	3.86 \pm 0.11	11.06	1.72 \pm 0.04	36.76	L
6	3.43 \pm 0.20	9.82	1.88 \pm 0.01	34.72	M
7	3.12 \pm 0.03	8.94	1.44 \pm 0.06	40.98	M
8	2.98 \pm 0.01	8.54	1.42 \pm 0.13	41.32	M
9	2.36 \pm 0.34	6.67	1.13 \pm 0.10	46.95	M
10	1.93 \pm 0.04	5.52	1.50 \pm 0.06	40.00	M

表 4 中华八星粉天牛核型指数
Table 4 The karyotype index of *Olenecamptus octopustulatus chinensis*

编号 No.	实际长度(μm) Physical length	相对长度(μm) Relative length	臂比 Arm ratio	着丝粒指数(%) Centromeric index	大小类型 Type
1	4.81 \pm 0.52	14.21	1.24 \pm 0.08	44.69	L
2	4.70 \pm 0.03	13.89	1.47 \pm 0.12	40.54	L
3	3.76 \pm 0.12	11.11	1.19 \pm 0.05	45.67	L
4	3.73 \pm 0.15	11.02	1.3 \pm 0.09	43.54	L
5	3.62 \pm 0.18	10.74	1.64 \pm 0.17	39.39	L
6	3.06 \pm 0.02	9.07	1.79 \pm 0.10	35.84	M
7	3.04 \pm 0.12	8.97	1.84 \pm 0.06	35.23	M
8	2.87 \pm 0.01	8.48	1.41 \pm 0.06	41.46	M
9	2.44 \pm 0.14	7.2	1.31 \pm 0.05	43.24	M
10	1.98 \pm 0.05	5.84	1.18 \pm 0.15	46.01	M

2.5 4 种天牛核型特征比较分析

本文研究的 4 种天牛隶属于沟胫天牛亚科的 3 个属。其中榉白背粉天牛和中华八星粉天牛同属于粉天牛属, 桑天牛属于粒肩天牛属, 云斑白条天牛属于白条天牛属。由图 2(A) 可以看出云斑白条天牛的第 1, 2, 3 和 4 号染色体的实际长度明显大于其他 3 种天牛, 且差异极显著($P < 0.01$); 粒肩天牛第 5~10 号染色体的实际长度明显小于其他 3 种天牛, 且差异极显著($P < 0.05$)。由图 2(B) 分析, 4 种天牛第 6 和 8 号染色体差异极显著。通过图 2(C) 臂比值的分析比较, 云斑白条天牛的第 9 和 10 号染色体的臂比值明显大于其他 3 种天牛, 且差异极显著($P < 0.01$); 而图 2(D) 得出云斑白条天牛的第 9 和 10 号染色体的着丝粒指数也同其他 3 种天牛存在极显著的差异性($P < 0.01$)。榉白背粉天牛和中华八星天牛无论实际长度、相对长度、臂比数、着丝粒指数都非常相近, 差异性不明显。

3 讨论

昆虫染色体制备方法很重要, 不同种类应该有较适合的研究方法。多数学者染色体制备用神经节、胚胎等组织匀浆后离心处理(刘平等, 2010a), 而本实验从野外采集的样品直接处理分散, 在制作染色体装片前, 不进行离心处理(离心可能引起严重的细胞破裂), 精巢(卵巢)比中肠更容易进行细胞匀浆, 所以在前处理时一般选择精巢(卵巢); 而采集虫样为成虫时, 雌虫大多进入繁殖期, 体内卵数量众多, 此时应选择中肠为目的组织。实验中发

现有少数细胞染色体多于或少于二倍体 $2n = 20$, 可能是在制片过程中少数染色体丢失或染色体分散不好造成的。除此之外, 还发现一些多倍体和非整倍体, 这可能是由于秋水仙素用量太多或处理时间过长, 导致染色体的过分凝缩或着丝点裂解, 从而引起染色体形态不正常, 甚至被破坏或溶解。低渗液的用量、处理时间均与细胞的数量有关。低渗过度会导致细胞破裂过早, 染色体分散过度; 低渗不足则染色体聚集在一起, 分散不开。本实验对桑天牛的研究结果与刘平等(2010a) 所得结果的测量数据有一定差异, 可能是由于地域特点及使用的前处理方法不同造成的。本文所选用的实验方法是在多数专家核型研究的基础上, 针对天牛生活史太长, 饲养成本高、周期长等特点, 直接利用活标本为材料进行了修改和完善。

鞘翅目染色体的研究源于 Smith(1953), 在鞘翅目昆虫中, 染色体数目 $2n = 20$, 被称为典型数目。Teppner(1968) 报道, 天牛科染色体数目多保持着鞘翅目昆虫的典型数目, 但也存在一定的变化。Vidal(1984) 研究的 3 种天牛, 染色体数目分别是 $2n = 20, 26$ 和 32 , 这 3 种天牛属于不同的亚科, 染色体数目差异较大, 核型公式分别为 $9 + Xy_p, 12 + Xy_p, 15 + Xy_p$, 性别决定机制都是 Xy_p 。刘平等(2010b) 研究的沟胫天牛亚科两种天牛染色体数目都是 $2n = 20$, 松墨天牛核型公式是 $5L + 4M + Xy_p$, 光肩星天牛核型组式 $6L + 3M + Xy_p$, 性别决定机制 Xy_p ; 本文讨论的沟胫天牛 3 属 4 种天牛染色体数目 $2n = 20$, 染色体数目均与报道的鞘翅目数目一致, 但不同天牛染色体组成、着丝粒位置和染色体

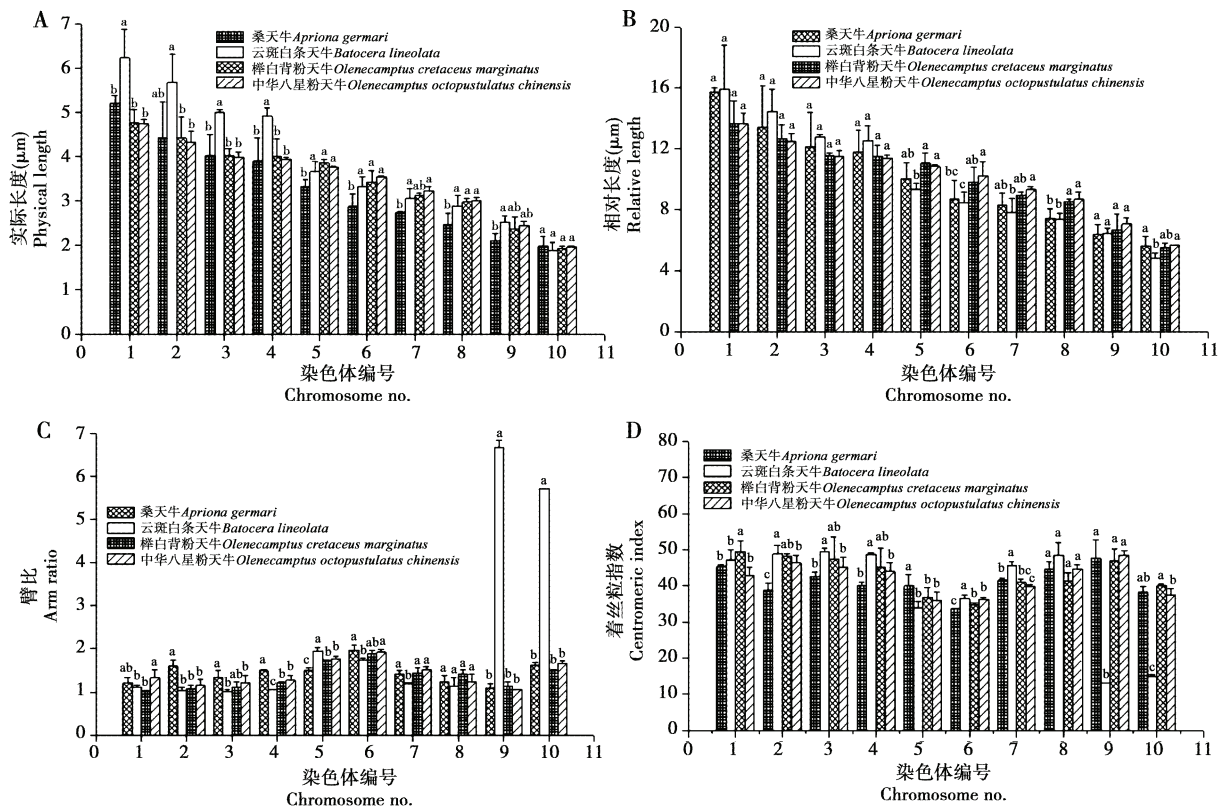


图 2 4 种天牛核型指数比较

Fig. 2 Comparison of karyotype index among four long-horned beetles

A: 实际长度 Physical length; B: 相对长度 Relative length; C: 臂比 Arm ratio; D: 着丝粒指数 Centromeric index. 柱上不同字母表示 4 种天牛的核型指数在 0.05 水平上差异显著 (LSD 法)。Different small letters above bars indicate significant difference in the karyotype index among four long-horned beetles at the 0.05 level (LSD test).

形态却存在一定差异。其中桑天牛的染色体公式虽然与粉天牛属相同,但长度和着丝粒位置明显不同。云斑白条天牛(白条天牛属)分别与粉天牛属的 2 种天牛和桑天牛核型公式、核型指数有明显的差异。粉天牛属的榉白背粉天牛和中华八星粉天牛的核型指数非常相近,显示了在染色体水平上属的恒定性。Lanier 等(1970)对天牛的性染色体进行观察,发现在天牛的性染色体中存在多态现象。本文研究的 4 种天牛的性染色体 X、Y 形成“降落伞状二价体”,性别决定机制为 Xy_p ,说明沟胫天牛亚科天牛在核型组成方面有保守性的特点。

利用染色体的研究结果,进行天牛的核型特征分类和系统发育分析,建立沟胫天牛亚科的系统发育树,以探讨天牛细胞的发生进化关系;与其他分类方法的结果相互对比,为探讨分子分类方法的择优利用提供理论基础。同时,通过对天牛核型的特征分析,还可了解种与种、种与亚种之间的遗传信息和变异程度;也可从染色体水平甚至基因水平上,依据遗传信息,对天牛适应与进化的程度进行

研究分析,以探讨天牛与寄主的系统进化关系,也为控制天牛危害提供基础资料。本文对沟胫天牛亚科 4 种天牛的核型进行了分析比较,但相对于国内 3 100 多种天牛,代表性远远不够,还需要对更多的代表性天牛种类染色体图谱和相关数据加以补充,为以细胞分类学为基础的系统分类提供资料。另外随着分子生物学的发展,现代分类对于保守基因在系统分类上的应用更加注重,本实验室也开展了相关实验,如克隆天牛的线粒体 COI, CO II, 12S rRNA 和 16S rRNA,测序后进行系统发育分析。与核型的分析结果相互印证,建立沟胫天牛亚科的系统发育树,为染色体分类学研究和检疫物种鉴定提供依据。

参考文献 (References)

Chen SX, Xie YZ, Deng GF, 1959. Economic Insect Fauna of China, Fasc. 1. Coleoptera: Cerambycidae. Science Press, Beijing. 1 - 10. [陈世骧, 谢蕴贞, 邓国藩, 1959. 中国经济昆虫志, 第 1 册. 鞘翅目, 天牛科. 北京: 科学出版社. 1 - 10]

- Hua LZ, Nara H, Saemulson GA, Langafelter SW, 2009. Iconography of Chinese Longicorn Beetles (1406 Species) in Color. Sun Yat-Sen University Press, Guangzhou. 205 - 250. [华立中, 奈良一, 塞缪尔森, 格森菲尔特, 2009. 中国天牛(1406种)彩色图鉴. 广州: 中山大学出版社. 205 - 250]
- Jiang SN, 1989. Larvae of Longicorn Beetles in China. Chongqing Press, Chongqing. 1 - 8. [蒋书楠, 1989. 中国天牛幼虫. 重庆: 重庆出版社. 1 - 8]
- Lanier GN, Raske AG, 1970. Multiple sex chromosomes and configuration polymorphism in the *Monochamus scutellatus-oregonensis* complex (Coleoptera: Cerambycidae). *Can. J. Genet. Cytol.*, 12: 947 - 951.
- Li GZ, 1985. Chromosome and Its Research Methods. Science Press, Beijing. 100 - 150 [李国珍, 1985. 染色体及其研究方法. 北京: 科学出版社. 100 - 150]
- Liu P, Ji BZ, Liu SW, Zhang K, Yu XK, Lin X, 2010a. The chromosome karyotype and selection of preparation materials in *Apriona germari* (Hope). *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 34(6): 5 - 8. [刘平, 嵇保中, 刘曙雯, 张凯, 于秀坤, 林晓, 2010a. 桑天牛染色体核型及制备材料的选择. 南京林业大学学报(自然科学版), 34(6): 5 - 8]
- Liu P, Ji BZ, Zhang K, Liu SW, Yu XK, Lin X, 2010b. Karyotypes of *Monochamus ateratus* and *Anoplophora glabripennis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(2): 299 - 307. [刘平, 嵇保中, 张凯, 刘曙雯, 于秀坤, 林晓, 2010b. 松墨天牛和光肩星天牛染色体核型. 昆虫知识, 47(2): 299 - 307]
- Rozek M, Lachowska D, Petitpierre E, Holecova M, 2004. C-bands on chromosomes of 32 beetle species (Coleoptera: Elateridae, Cantharidae, Oedemeridae, Cerambycidae, Anthicidae, Chrysomelidae, Attelabidae and Curculionidae). *Hereditas*, 140(3): 161 - 170
- Smith SG, 1953. Chromosome numbers of Coleoptera. *Heredity*, 7: 31 - 48.
- Teppner H, 1968. Chromosome numbers of some Central European Cerambycidae. II. *Chromosoma (Berl.)*, 25: 141 - 151.
- Vidal OR, 1984. Chromosome numbers of Coleoptera from Argentina. *Genetica*, 65: 235 - 239.
- Zhu CQ, Zhu DM, Yin XM, 1999. Insect Fauna of Henan, Cerambycidae (1). Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. 322 - 374. [祝长清, 朱东明, 尹新明, 1999. 河南昆虫志, 鞘翅目(1). 郑州: 河南科学技术出版社. 322 - 374]

(责任编辑: 赵利辉)