

中国剑角蝗科部分属种雌性下生殖板的形态及演化 (直翅目: 蝗总科)

许升全, 郑哲民

(陕西师范大学动物研究所, 西安 710062)

摘要: 从 20 世纪 60 年代至今的一些研究已基本肯定了蝗虫雌性下生殖板的分类价值。本文选择了中国剑角蝗科 6 属 10 种蝗虫对其雌性下生殖板进行了形态学和演化分析。结果表明雌性下生殖板的形态在研究的 6 属内都是稳定的, 属间差异明显。这 6 个属的系统发育关系为: (卡蝗属((佛蝗属, 夏蝗属), (菊蝗属(蟋蟀蝗属, 剑角蝗属))))), 这一结果和形态分类是一致的, 支持长腹蝗亚科从剑角蝗科分开。文中还分析了剑角蝗科雌性下生殖板各性状的演化方向。

关键词: 剑角蝗科; 雌性下生殖板; 形态; 演化

中图分类号: Q965 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296 (2002) 05-0700-04

Morphology of female subgenital plates and evolution of some Chinese genera of Acrididae (Orthoptera: Acridoidea)

XU Sheng-Quan, ZHENG Zhe-Min (Institute of Zoology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The morphology of female subgenital plate in grasshoppers is closely related to both copulation and oviposition. It is widely accepted that subgenital plate morphology is also informative in grasshopper taxonomy. In this paper, ten species belonging to six genera of Acrididae from China were selected, and their female subgenital plates examined after dissection from the body. The data were then used in a cladistic analysis. The results show that the characters of female subgenital plate are homologous and vary among different genera. The phylogeny of these six genera is (*Carsula* ((*Phlaeoba*, *Gonista*), (*Phlaeobida* (*Gelastorhinus*, *Acrida*))))), which is congruous with the cladistic results based on other morphological data, and in agreement with the viewpoint that the Leptacrinae be separated from Acrididae. The results also show the evolutionary directions of all 15 characters of female subgenital plates among the six genera.

Key words: Acrididae; female subgenital plate; morphology; evolution

蝗虫的雌性下生殖板 (female subgenital plate) 是雌性腹部第 8 节腹板。其背面结构与蝗虫的交配和产卵相适应而形态多样 (Randell, 1963)。对雌性下生殖板的背面形态结构和分类价值的研究是从 20 世纪 60 年代开始的 (Descamps and Wintrebere, 1966; Blackith and Blackith, 1966; Kevan, 1976; Shafee and Meiodas, 1989), 这些研究主要集中在短角蝗科 (Eumastacidae) 和锥头蝗科 (Pyrgomorphidae), 其他科的蝗虫研究较少。讨论的问题主要是雌性下生殖板是否具有分类意义。这个问题已基本得到了肯定。国内许升全和郑哲民 (1999a, 1999b) 曾对中国蝗总科 103 种昆虫的雌性下生殖板的分类意义及蝗总科科间基于雌性下生殖板的系

统发育关系进行了研究。但目前国内外尚没有雌性下生殖板的形态演化方面的研究工作。对剑角蝗科 (Acrididae) 雌性下生殖板的形态还没有专门的报道。故本文对中国剑角蝗科 6 属 10 种蝗虫的雌性下生殖板进行了形态学研究, 并用支序系统学的方法分析所研究属的系统发育关系及雌性下生殖板的演化方向。

1 材料和方法

1.1 形态学研究

本文所使用的材料为福尔马林浸泡标本, 用解剖刀取下雌性下生殖板后放入 10% 氢氧化钾溶液中常温处理 24 h, 然后置于水中在解剖镜下去除肌

肉和杂质。在 70% 酒精中保存。在双目体视显微镜下观察并绘图。

1.2 演化分析

根据作者以前对蝗总科 8 科基于雌性下生殖板形态的系统发育关系研究（许升全和郑哲民, 1999a）和对中国蝗总科系统发育关系的研究（待发表），确定了斑腿蝗科（Catantopidae）的素木蝗属（*Shirakiacris* Dirsh）为第一外群，稻蝗属（*Oxya* Serv.）为第二外群。选择了雌性下生殖板的 15 个性状，用支序系统学软件 Hennig 86（1.5 版）进行分析。首先用 cc - .；命令置所有的多态性状为非

加状态，然后用 xs w；连续加权，mh；ie*；建树直至 ci 和 ri 值稳定不变。用 xs hcml；命令输出所有性状的 Ci, Ri 值和步长，以分析演化方向。

2 结果与分析

2.1 形态学研究

通过比较这 6 属 10 种蝗虫的雌性下生殖板的形态，我们可以发现就所选择的性状来看基本在属内是稳定的，属间有差异的性状如表 1 中所选择的性状。各属的形态如图 1。

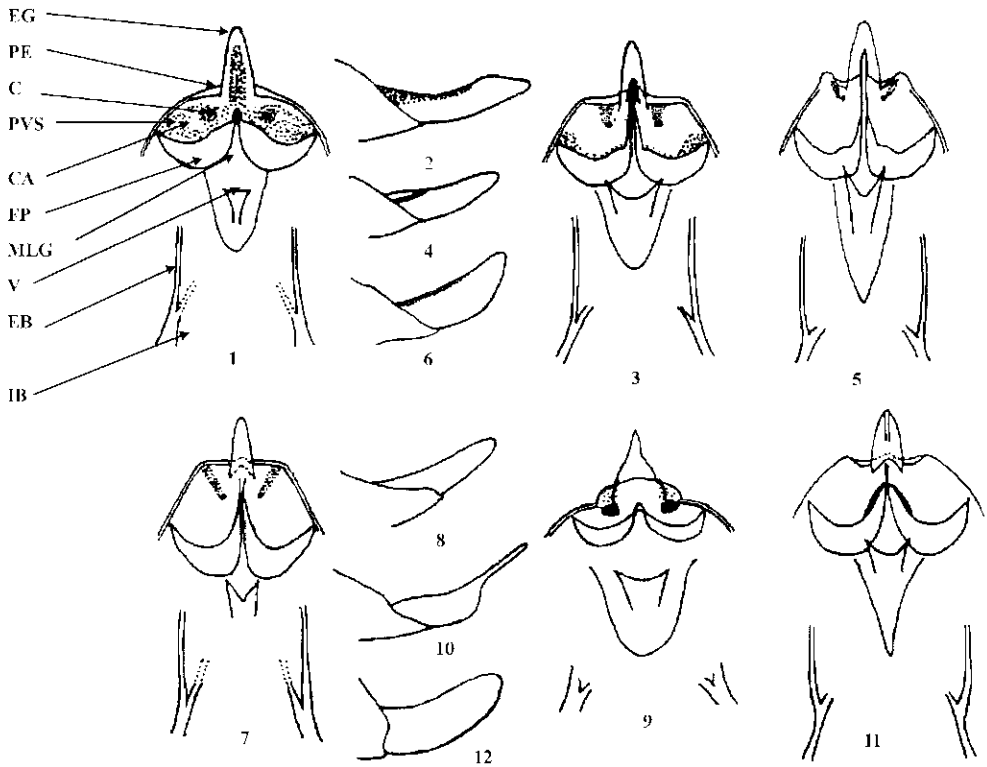


图 1 剑角蝗科 6 属蝗虫的雌性下生殖板形态

Fig. 1 Female subgenital plates of six genera of Acrididae

1, 2. 佛蝗属 *Phlaeoba* Stål; 3, 4. 菊蝗属 *Phlaeobida* I. Bol.; 5, 6. 螻蛄蝗属 *Gelastorhinus* Br.-W.; 7, 8. 夏蝗属 *Gonista* I. Bol.; 9, 10. 卡蝗属 *Carsula* Stål; 11, 12. 剑角蝗属 *Acrida* L.

1, 3, 5, 7, 9, 11. 雌性下生殖板背面观 (dorsal view of female subgenital plates);

2, 4, 6, 8, 10, 12. 导卵器侧面观 (lateral view of egg-guide)

IB: 前突基内支 the internal branch of AC; EB: 前突基外支 the external branch of AC; FP: 生殖腔底侧囊 floor pouch of female genital chamber; V: 雌性生殖孔 vulvae or opening of vagina; PVS: 阴道后骨片 post vaginal sclerite of female subgenital chamber; CA: 接触区 contact area; C: 小柱 columella; PE: 后缘 posterior edge of female subgenital plate; MLG: 中央纵沟 median longitudinal groove of ovittract; EG: 导卵器 egg-guide

2.2 系统发育分析数据

通过分析 6 属蝗虫雌性下生殖板的形态并参考两个外群素木蝗属和稻蝗属的研究结果，选择了雌性下生殖板的 15 个性状作为支序系统学分析的依据。各性状（缩写同图 1）的状态及编码如下（0，

1, 2, 3 为性状状态而不代表演化方向):

1. EG 正面观形状: 锥形, 0; 基部宽端部尖细, 1
2. EG 侧面观上缘: 弧形, 0; 弯曲, 1; 较直, 2

3. EG 侧面观下缘: 弧形, 0; 较直, 1; 弯曲, 2
4. EG 侧面观顶端: 尖, 0; 较钝, 1; 圆钝, 2
5. PE 形状: 在 EG 两侧凹陷, 0; 盾形, 1; 弧形, 2; 中部突出, 3
6. PE 有无膜质区: 有, 0; 无, 1
7. C 有无: 有, 0; 无, 1
8. C 在 PVS 的位置: 中部, 0; 近后缘, 1
9. V 的位置: V 位于 FP 之上, 0; V 位于 FP 之前, 1; V 离 FP 前缘较远, 2
10. FP 形状: 宽, 0; 狭长, 1
11. FP 前缘内角形状: 弧形, 0; 钝角, 1
12. EB 的发达程度: 发达, 0; 不发达, 1
13. CA 大小: 中等大小, 0; 大, 1; 小, 2; 无, 3
14. MLG 的形状: 细纵沟, 0; 宽三角形, 1
15. MLG 后端相对 EG 的位置: 超过 EG 基部, 0; 不到达 EG 基部, 1; 到达 EG 中部, 2

根据以上的性状状态划分和图 1 雌性下生殖板形态研究整理得到研究所用数据矩阵如表 1。

表 1 中国剑角蝗科 (Acrididae) 部分属种雌性下生殖板演化研究用数据矩阵

Table 1 Distribution of character states for cladistic analysis of six genera of Acrididae from China

分类单元 Taxa	性状状态 Character states
素木蝗属 <i>Shirakiacris</i>	00000 00000 00000
稻蝗属 <i>Oxya</i>	12201 00001 01011
佛蝗属 <i>Phlaeoba</i>	01112 10020 00111
菊蝗属 <i>Phlaeobida</i>	02011 10100 00200
蟋蝗属 <i>Gelastorhinus</i>	02010 10100 10302
夏蝗属 <i>Gonista</i>	02111 10010 10200
卡蝗属 <i>Carsula</i>	11203 00121 01210
剑角蝗属 <i>Acrida</i>	00020 11-00 00311

2.3 系统发育分析结果

对表 1 的数据进行支序分析后得到所研究 6 属的系统发育支序图。

从图 2 中可以看出卡蝗属和第二外群稻蝗属成一个分枝处于第一外群素木蝗属和剑角蝗科其它 5 属之间, 这和作者研究中国蝗总科 8 科系统发育关系时发现的稻蝗属、伪稻蝗属、卵翅蝗属和卡蝗属共同构成的分枝处于斑腿蝗科和剑角蝗科之间这一结论是一致的。也就是说无论是从科的性状还是从属的性状来做支序分析, 卡蝗属都和剑角蝗科关系较远而与斑腿蝗科的稻蝗属关系较近。结合郑哲民

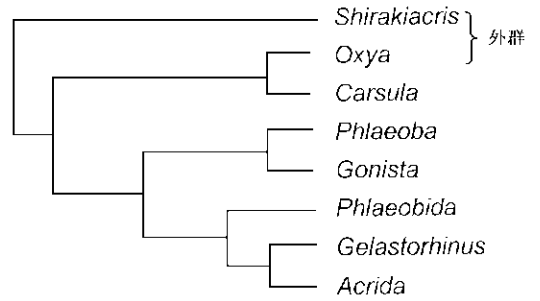


图 2 剑角蝗科 6 属基于雌性下生殖板的系统发育支序图

Fig. 2 Cladogram of six genera of Acrididae based on the female subgenital plate

和乔格侠 (1998) 对中国蝗总科科间系统发育关系的分析时发现长腹蝗亚科和斑腿蝗科更近的结论 (卡蝗属属于长腹蝗亚科), 看来长腹蝗亚科确实应从剑角蝗科分开了。在支序图中属于佛蝗亚科的佛蝗属、菊蝗属和属于剑角蝗亚科的夏蝗属、蟋蝗属、剑角蝗属交错分布在两个分枝上, 这表明从雌性下生殖板来看这两个亚科的关系密切。事实上从形态分类的观点来看这两个亚科的主要区别是头部的长度和后足股节的发达程度, 关系确实密切。这也说明了基于雌性下生殖板的系统发育关系和形态分类是一致的。

2.4 演化分析

为了研究雌性下生殖板在剑角蝗科的演化, 对各个性状的演化方向进行了分析。性状 1: 0→1; 性状 2: 2→(1, 0); 性状 3: 0→(1, 2); 性状 4: 0→1→2; 性状 5: 1→(0, 2, 3); 性状 6: 0→1; 性状 7: 0→1; 性状 8: 0→1; 性状 9: 0→(1, 2); 性状 10: 0→1; 性状 11: 0→1; 性状 12: 0→1; 性状 13: 0→2→(1, 3); 性状 14: 0→1; 性状 15: 0→(1, 2)。

从这一结果可以看出 EG 在剑角蝗科的演化遵循由正面观锥形, 侧面观上缘直、下缘弧形、顶端尖, 向正面观基部宽, 侧面观上缘弯曲或弧形、下缘直或弯曲、顶端由钝到极圆钝的方向进行。盾形是 PE 后缘的原始状态, 而弧形、EG 两侧凹陷和中央突出为三个不同的演化方向。而 PE 的膜质区从有向无进化。C 的演化由有向小到无, 位置也由 PVS 的中部向后发展。V 的位置有 FP 的上方向前演化。FP 由宽向狭长演化, 同时前缘内角由弧形向钝角演化。EB 由发达向退化发展。CA 的演化方向比较复杂, 中等大小的状态比较原始, 然后演化为小形, 再由小向大和无两个方向演化。MLG 的

形状由细纵沟向宽三角形演化，而后端的位置也由 EG 的基部向 EG 之前和 EG 中部演化。

3 结论

通过以上的研究我们发现本文所研究的 6 个属的系统发育关系为 (卡蝗属 ((佛蝗属, 戛蝗属), (菊蝗属 (螻蛄蝗属, 剑角蝗属))))), 这一结果支持长腹蝗亚科从剑角蝗科分出来。从性状演化的结果来看各个性状的演化方向是稳定的, 没有逆转。

参 考 文 献 (References)

- Blackith R E, Blackith R M, 1966. The anatomy and physiology of the morabine grasshoppers. II. External anatomy and comparisons with Pyrgomorphiidae. *Austr. J. Zool.*, 14: 1 035-1 071.
- Descamps S M, Wintrebert D, 1966. Pyrgomorphidae et Acrididae de Madagascar. Observations biologiques et diagnoses (Orthoptera: Acrididae). *Eos. Madrid.*, 40: 41-263.
- Kevan D K M, 1976. The concealed copulatory structures of the Pyrgomorphidae (Orthoptera: Acridoidea). *Eos. Madrid.*, 50 (Suppl.): 68-84.
- Randell R L, 1963. On the presence of concealed genitalia structures in female *Caelifera* (Insecta: Orthoptera). *Trans. Amer. Ent. Soc.*, 88: 247-260.
- Shafee S A, Meinodas K, 1989. Taxonomic significance of female subgenital plate in some Indian grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Insect Science*, 2 (2): 84-87.
- Xu S Q, Zheng Z M, 1999a. The study on the phylogenetic relationship of Acridoidea (Orthoptera) based on the female subgenital plate. *Entomotaxonomia*, 21 (2): 79-83. [许升全, 郑哲民, 1999. 蝗总科昆虫雌性下生殖板的系统发育关系研究 (直翅目). 昆虫分类学报, 19 (2): 79-83]
- Xu S Q, Zheng Z M, 1999b. Systematic value and comparative studies on female subgenital plates of some Chinese grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea). I. Morphological study. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural science Science Edition)*, 27 (2): 67-74. [许升全, 郑哲民, 1999. 蝗总科雌性下生殖板的比较研究及分类价值 (I: 形态学研究). 陕西师范大学学报 (自然科学版), 27 (2): 67-74]
- Zheng Z M, Qiao G X, 1998. Cladistic analysis of the phylogenetic relationship among the families of Acridoidea (Orthoptera: Acridomorpha). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 23 (2): 276-280. [郑哲民, 乔格侠, 1998. 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). 动物分类学报, 23 (2): 276-280]